

Effects of Salinity and ACC Deaminase-Producing Bacterial Culture Concentrations on Lettuce Seed Germination

Tiya Yunda Marizki*, Aluh Nikmatullah, Irwan Muthahanas

Department of Agroecotechnology, Faculty of Agriculture, University of Mataram, Kota Mataram, Indonesia

Article History

Received : July 13th, 2026

Revised : September 23th, 2026

Accepted : October 05th, 2026

*Corresponding Author: **Tiya Yunda Marizki**, Department of Agroecotechnology, Faculty of Agriculture, University of Mataram, Kota Mataram, Indonesia;
Email:
aluhnikmatullahfpunram@gmail.com

Abstract: Salinity stress can inhibit lettuce seed germination by reducing water uptake and disrupting early seedling development, partly through stress-induced ethylene accumulation. ACC deaminase-producing bacteria may alleviate this effect by reducing ethylene levels, although their effectiveness depends on bacterial concentration and salinity intensity. This study evaluated the effects of salinity levels, bacterial culture concentrations, and their interaction on lettuce seed germination. The experiment used a factorial Completely Randomized Design with four salinity levels (0, 2, 4, and 8 dS/m), four bacterial culture concentrations (0, 5, 10, and 15%), and three replications. Lettuce seeds were soaked in bacterial cultures and germinated in sterile Petri dishes under the respective salinity treatments for seven days. Germination percentage, mean germination time, root length, hypocotyl length, fresh weight, and dry weight were measured and analyzed using analysis of variance followed by Duncan's Multiple Range Test at the 5% significance level. Salinity significantly affected all measured parameters, whereas bacterial concentration significantly affected root length and fresh weight. Significant interactions occurred for root length, hypocotyl length, and dry weight. The longest roots (2.78 cm) were obtained at 0 dS/m with 15% bacterial culture, while the longest hypocotyls (3.36 cm) occurred at 2 dS/m with 15% bacterial culture. Overall, 15% bacterial culture improved selected germination traits but only partially alleviated severe salinity stress.

Keywords: ACC deaminase; Stress ethylene; Lettuce; Salinity stress; Seed germination.

Pendahuluan

Selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan salah satu komoditas sayuran daun yang memiliki nilai ekonomi dan peluang pasar yang cukup tinggi. Selada banyak dikonsumsi dalam keadaan segar serta digunakan sebagai bahan pangan pada rumah tangga, restoran, hotel, dan industri pangan. Peningkatan kebutuhan terhadap sayuran segar mendorong perlunya pengembangan budidaya selada secara berkelanjutan di berbagai wilayah. Namun, pengembangan tanaman selada dapat menghadapi kendala berupa cekaman salinitas baik akibat baik akibat intrusi air laut, irigasi yang tidak efisien, maupun akumulasi garam

pada tanah. Kondisi tersebut menjadi penting untuk diperhatikan karena selada tergolong tanaman yang sensitif terhadap salinitas, terutama pada fase perkecambahan dan pertumbuhan awal (Breś *et al.*, 2022).

Cekaman salinitas terjadi ketika konsentrasi garam terlarut dalam media tumbuh meningkat hingga melampaui kemampuan toleransi tanaman. Akumulasi ion natrium (Na⁺) dan klorida (Cl⁻) dapat menurunkan potensial air media, sehingga proses penyerapan air oleh benih menjadi terhambat. Padahal, penyerapan air melalui proses imbibisi merupakan tahap awal yang diperlukan untuk mengaktifkan metabolisme, mobilisasi cadangan makanan, serta

pertumbuhan radikula. Tingginya konsentrasi garam juga dapat menimbulkan toksisitas ion, ketidakseimbangan unsur hara, kerusakan membran, dan gangguan aktivitas enzim. Kondisi tersebut dapat menurunkan persentase perkecambahan, memperlambat waktu berkecambah, serta menghambat pemanjangan akar dan hipokotil kecambah (El Sabagh *et al.*, 2021; Stavi *et al.*, 2021).

Tanaman yang mengalami cekaman salinitas dapat meningkatkan produksi etilen sebagai bagian dari respons terhadap cekaman. Etilen berperan sebagai molekul sinyal yang membantu mengatur pertumbuhan dan adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan, tetapi peningkatan etilen yang berlebihan akibat cekaman dapat menghambat pertumbuhan, terutama pemanjangan akar dan perkembangan tanaman (Naing *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2024). Biosintesis etilen melibatkan 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) sebagai prekursor langsung. ACC dibentuk dari S-adenosylmethionine (SAM) melalui aktivitas ACC synthase (ACS), kemudian dikonversi menjadi etilen oleh ACC oksidase (ACO), yang keduanya berperan penting dalam regulasi produksi etilen selama cekaman salinitas (Khan *et al.*, 2024).

Salah satu pendekatan biologis yang berpotensi mengurangi dampak tersebut adalah penggunaan bakteri pemacu pertumbuhan tanaman yang mampu menghasilkan enzim ACC deaminase. Enzim ini menguraikan ACC menjadi α -ketobutirat dan amonia, sehingga ketersediaan ACC untuk biosintesis etilen berkurang. Penurunan etilen akibat cekaman diharapkan dapat membantu mempertahankan proses perkecambahan dan pertumbuhan akar pada kondisi salin (Moon & Ali, 2022; Gamalero *et al.*, 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bakteri penghasil ACC deaminase dapat meningkatkan respons tanaman terhadap cekaman salinitas. Inokulasi bakteri tersebut dilaporkan mampu meningkatkan persentase dan kecepatan perkecambahan, vigor benih, panjang radikula, serta bobot kering kecambah dibandingkan perlakuan tanpa inokulasi (Safari *et al.*, 2018). Gupta dan Pandey (2019) juga melaporkan bahwa inokulasi bakteri penghasil ACC deaminase pada tanaman buncis yang mengalami cekaman salinitas

dapat meningkatkan panjang akar, panjang tajuk, bobot segar, dan bobot kering, serta menurunkan produksi etilen akibat cekaman. Meskipun demikian, respons tanaman terhadap aplikasi bakteri PGPR dapat dipengaruhi oleh jenis isolat, tanaman inang, tingkat salinitas, dan konsentrasi kultur bakteri yang digunakan. Konsentrasi yang terlalu rendah mungkin belum menghasilkan populasi bakteri yang cukup efektif, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi belum tentu memberikan respons yang sama pada setiap kondisi cekaman.

Isolat bakteri U2.11 yang berasal dari rizosfer tanaman bidara (*Ziziphus mauritiana*) dari lahan bergaram di Nusa Tenggara Barat telah diketahui memiliki kemampuan menghasilkan ACC deaminase secara *in vitro*. Namun, informasi mengenai pengaruh perbedaan konsentrasi kultur isolat tersebut terhadap perkecambahan benih selada pada berbagai tingkat cekaman salinitas masih terbatas. Penelitian sebelumnya lebih banyak menggunakan bakteri penghasil ACC deaminase pada tanaman selain selada dan belum menjelaskan respons setiap karakter perkecambahan terhadap kombinasi konsentrasi kultur bakteri dan tingkat salinitas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tingkat cekaman salinitas, konsentrasi kultur bakteri penghasil ACC deaminase, serta interaksi keduanya terhadap perkecambahan benih selada. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan isolat bakteri lokal U2.11 dari rizosfer tanaman bidara dan pengujian empat konsentrasi kultur bakteri pada empat tingkat cekaman salinitas. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai konsentrasi kultur bakteri yang berpotensi mendukung perkecambahan benih selada pada kondisi salin.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Januari hingga Maret 2026 di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Kegiatan penelitian meliputi aktivasi dan perbanyakan kultur bakteri, penyiapan suspensi bakteri, serta pengujian perkecambahan benih selada secara *in vitro*.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah benih selada hijau varietas Grand Rapids bersertifikat dengan daya kecambah lebih dari 80%, isolat bakteri U2.11 penghasil ACC deaminase yang berasal dari rizosfer tanaman bidara lahan bergaram NTB, media Nutrient Agar (NA), media Luria-Bertani Broth (LB), natrium klorida (NaCl), akuades steril, alkohol 70%, dan kertas saring steril. Peralatan utama yang digunakan meliputi cawan petri steril berdiameter 8 cm, autoklaf, laminar air flow cabinet, shaker incubator, spektrofotometer UV-Vis, EC meter, mikropipet, timbangan analitik, penggaris, dan oven.

Rancangan Percobaan

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial 4×4 dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah tingkat cekaman salinitas yang terdiri atas $S_0 = 0$ dS/m, $S_1 = 2$ dS/m, $S_2 = 4$ dS/m, dan $S_3 = 8$ dS/m. Faktor kedua adalah konsentrasi kultur bakteri yang terdiri atas $B_0 = 0\%$, $B_1 = 5\%$, $B_2 = 10\%$, dan $B_3 = 15\%$ dari kultur kepadatan sekitar 10^8 CFU/mL (v/v). Kombinasi kedua faktor menghasilkan 16 kombinasi perlakuan dan 48 unit percobaan. Setiap unit percobaan berupa satu cawan petri yang berisi 15 benih selada.

Persiapan Kultur Bakteri dan Larutan Perlakuan

Satu ose isolat murni bakteri U2.11 dari kultur stok digoreskan pada media NA dan diinkubasi pada suhu ruang sekitar 28°C hingga diperoleh koloni tunggal. Satu koloni tunggal kemudian diinokulasikan ke dalam media LB cair steril. Kultur bakteri diinkubasi menggunakan *shaker* pada kecepatan 50 rpm selama sekitar 15 jam, kemudian kecepatan dinaikkan menjadi 150 rpm selama satu jam. Kepadatan kultur dipantau menggunakan spektrofotometer hingga mencapai nilai OD_{600} sekitar 0,8. Kultur tersebut selanjutnya digunakan sebagai larutan stok bakteri 100%.

Larutan perlakuan bakteri dibuat berdasarkan konsentrasi volume per volume. Perlakuan B_0 dibuat menggunakan 100 mL akuades steril tanpa kultur bakteri. Perlakuan B_1 dibuat dari 5 mL kultur bakteri dan 95 mL akuades steril, B_2 dari 10 mL kultur bakteri dan 90 mL akuades steril, serta B_3 dari 15 mL kultur bakteri dan 85 mL akuades steril. Larutan

tersebut digunakan segera sebagai larutan perendaman benih. Larutan cekaman salinitas dibuat menggunakan NaCl, yaitu 0 g NaCl/L untuk S_0 atau kontrol, 1,25 g NaCl/L untuk S_1 atau 2 dS/m, 2,5 g NaCl/L untuk S_2 atau 4 dS/m, dan 5 g NaCl/L untuk S_3 atau 8 dS/m.

Pelaksanaan Uji Perkecambahan

Benih selada direndam selama 16 jam dalam larutan kultur bakteri sesuai dengan taraf perlakuan B_0 , B_1 , B_2 , dan B_3 . Setelah perendaman, benih disaring menggunakan saringan steril. Satu lembar kertas saring steril diletakkan pada dasar setiap cawan petri, kemudian dibasahi secara merata menggunakan 2 mL larutan NaCl sesuai dengan tingkat cekaman salinitas. Sebanyak 15 benih hasil perlakuan perendaman disusun secara zig-zag di atas kertas saring pada setiap cawan petri. Cawan petri kemudian ditutup dan diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu ruang sekitar 28°C selama tujuh hari.

Parameter Pengamatan

Pengamatan dilakukan selama tujuh hari terhadap daya kecambah, rata-rata waktu berkecambah atau *mean germination time* (MGT), panjang akar, panjang hipokotil, berat segar, dan berat kering kecambah. Benih dinyatakan berkecambah apabila radikula telah menembus kulit benih dengan panjang minimal 2 mm. Daya kecambah dihitung pada hari ketujuh, sedangkan MGT dihitung berdasarkan jumlah benih yang berkecambah setiap hari selama periode pengamatan.

Panjang akar dan panjang hipokotil diukur pada hari ketujuh. Berat segar ditentukan dengan menimbang kecambah pada akhir periode pengamatan. Kecambah selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu sekitar 70°C hingga mencapai berat konstan untuk menentukan berat kering.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics versi 27. Normalitas data diuji menggunakan uji Shapiro–Wilk, sedangkan homogenitas ragam diuji menggunakan uji Levene pada taraf nyata 5%. Daya kecambah ditransformasi menggunakan transformasi *arcsine*, sedangkan MGT dan panjang hipokotil ditransformasi menggunakan akar kuadrat

sebelum dianalisis. Nilai rata-rata dalam penyajian hasil tetap ditampilkan pada skala asli. Data yang telah memenuhi asumsi dianalisis menggunakan analisis ragam dua arah pada taraf nyata 5%. Parameter yang menunjukkan pengaruh nyata dilanjutkan dengan Duncan's Multiple Range Test pada taraf 5%

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Tingkat Cekaman Salinitas dan Konsentrasi Kultur Bakteri terhadap Perkecambahan Benih Selada

Hasil *analysis of variance* (ANOVA)

menunjukkan bahwa tingkat cekaman salinitas berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter perkecambahan benih selada. Konsentrasi kultur bakteri berpengaruh nyata terhadap panjang akar dan berat segar kecambah, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap daya kecambah, rata-rata waktu berkecambah, panjang hipokotil, dan berat kering. Terdapat interaksi antara tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri dalam memengaruhi panjang akar, panjang hipokotil, dan berat kering kecambah. Namun, tidak terdapat interaksi pada daya kecambah, rata-rata waktu berkecambah, dan berat segar kecambah (Tabel 1).

Tabel 1. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri terhadap perkecambahan benih selada

Parameter pengamatan	Tingkat salinitas	Konsentrasi bakteri	Interaksi
Daya kecambah (%)	S	NS	NS
Rata-rata waktu berkecambah (hari)	S	NS	NS
Panjang akar (cm)	S	S	S
Panjang hipokotil (cm)	S	NS	S
Berat segar (g)	S	S	NS
Berat kering (mg)	S	NS	S

Keterangan: S = berpengaruh nyata; NS = tidak berpengaruh nyata berdasarkan analisis ragam pada taraf 5%.

Interaksi Tingkat Cekaman Salinitas dan Konsentrasi Kultur Bakteri

Interaksi antara tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri menghasilkan respons yang berbeda terhadap panjang akar, panjang hipokotil, dan berat kering kecambah (Tabel 2). Pada kondisi tanpa cekaman salinitas, pemberian kultur bakteri meningkatkan panjang akar dibandingkan perlakuan tanpa bakteri.

Panjang akar tertinggi diperoleh pada kombinasi S0B3, tetapi tidak berbeda nyata dengan S0B2. Pada tingkat salinitas 2, 4, dan 8 dS/m, perbedaan konsentrasi kultur bakteri belum menghasilkan perbedaan panjang akar yang nyata. Semua kombinasi perlakuan pada salinitas 8 dS/m menghasilkan panjang akar yang lebih rendah dibandingkan sebagian besar kombinasi pada tingkat salinitas lainnya.

Tabel 2. Interaksi antara tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri terhadap panjang akar, panjang hipokotil, dan berat kering kecambah selada

Tingkat cekaman salinitas	B0 (0%)	B1 (5%)	B2 (10%)	B3 (15%)
Panjang akar (cm)				
S0 (0 dS/m)	1,37 b	2,33 c	2,41 cd	2,78 d
S1 (2 dS/m)	1,45 b	1,69 b	1,37 b	1,71 b
S2 (4 dS/m)	1,61 b	1,76 b	1,59 b	1,50 b
S3 (8 dS/m)	0,70 a	0,55 a	0,57 a	0,75 a
Panjang hipokotil (cm)				
S0 (0 dS/m)	1,80 c	2,64 de	2,97 de	3,08 de
S1 (2 dS/m)	2,87 de	2,52 d	2,75 de	3,36 e
S2 (4 dS/m)	3,06 de	2,82 de	3,14 de	2,81 de
S3 (8 dS/m)	1,66 c	1,05 ab	0,99 a	1,39 bc
Berat kering (mg)				
S0 (0 dS/m)	5,00 a	6,30 ab	6,30 ab	7,00 abc
S1 (2 dS/m)	6,30 ab	7,70 bcd	8,70 cdef	7,30 bcd
S2 (4 dS/m)	10,70 f	8,30 bcde	10,00 ef	9,30 def
S3 (8 dS/m)	10,70 f	9,30 def	8,30 bcde	9,30 def

Panjang hipokotil tertinggi diperoleh pada kombinasi S1B3, sedangkan nilai terendah diperoleh pada S3B2. Namun, nilai S1B3 tidak berbeda nyata dengan beberapa kombinasi perlakuan pada tingkat salinitas 0–4 dS/m. Salinitas 8 dS/m secara umum menghasilkan panjang hipokotil yang lebih rendah pada seluruh konsentrasi kultur bakteri.

Berat kering tertinggi diperoleh pada kombinasi S2B0 dan S3B0, tetapi tidak berbeda nyata dengan S2B2, S2B3, S3B1, dan S3B3. Pada salinitas 2 dS/m, pemberian kultur bakteri 10% menghasilkan berat kering yang lebih tinggi daripada perlakuan tanpa bakteri. Namun, perbedaan konsentrasi kultur bakteri pada kondisi tanpa salinitas belum menghasilkan perbedaan berat kering yang nyata.

Daya Kecambah dan Rata-Rata Waktu Berkecambah

Tingkat cekaman salinitas berpengaruh nyata terhadap daya kecambah dan rata-rata waktu berkecambah, sedangkan konsentrasi kultur bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap kedua parameter tersebut (Tabel 3). Salinitas 8 dS/m menghasilkan daya kecambah paling rendah dan rata-rata waktu berkecambah paling lama. Sementara itu, perlakuan tanpa salinitas menghasilkan daya kecambah tertinggi, tetapi tidak berbeda nyata dengan salinitas 4 dS/m. Perbedaan konsentrasi kultur bakteri dari 0 hingga 15% belum menghasilkan perubahan yang nyata pada daya kecambah maupun rata-rata waktu berkecambah.

Tabel 3. Pengaruh tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri terhadap daya kecambah dan rata-rata waktu berkecambah benih selada

Perlakuan	Daya kecambah (%)	Rata-rata waktu berkecambah (hari)
Tingkat cekaman salinitas		
S0: 0 dS/m	97,78 c	4,05 a
S1: 2 dS/m	93,33 b	4,05 a
S2: 4 dS/m	96,11 bc	4,04 a
S3: 8 dS/m	61,11 a	4,15 b
Konsentrasi kultur bakteri		
B0: 0%	93,33	4,05
B1: 5%	83,33	4,09
B2: 10%	83,89	4,06
B3: 15%	87,78	4,09

Berat Segar Kecambah

Tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri masing-masing berpengaruh nyata terhadap berat segar kecambah, tetapi tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut. Salinitas 2 dan 4 dS/m menghasilkan berat segar yang lebih tinggi daripada kondisi tanpa salinitas, sedangkan salinitas 8 dS/m menghasilkan berat segar paling rendah. Pada faktor konsentrasi kultur bakteri, konsentrasi 15% menghasilkan berat segar yang lebih tinggi daripada perlakuan tanpa bakteri dan konsentrasi 5%, tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 10% (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri terhadap berat segar kecambah selada

Perlakuan	Berat segar (g)
Tingkat cekaman salinitas	
S0: 0 dS/m	0,20 b
S1: 2 dS/m	0,23 c
S2: 4 dS/m	0,24 c
S3: 8 dS/m	0,10 a
Konsentrasi kultur bakteri	
B0: 0%	0,18 a
B1: 5%	0,19 a
B2: 10%	0,20 ab
B3: 15%	0,21 b

Pembahasan

Interaksi antara Tingkat Cekaman Salinitas dan Konsentrasi Kultur Bakteri terhadap Perkecambahan Benih Selada

Terdapat interaksi antara tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri dalam memengaruhi panjang akar, panjang hipokotil, dan berat kering kecambah selada (Tabel 2). Tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut dalam memengaruhi daya kecambah, rata-rata waktu berkecambah, dan berat segar kecambah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa respons panjang akar, panjang hipokotil, dan berat kering terhadap konsentrasi kultur bakteri bergantung pada tingkat cekaman salinitas yang diberikan.

Pemberian kultur bakteri pada kondisi tanpa cekaman salinitas mampu meningkatkan panjang akar dan panjang hipokotil dibandingkan perlakuan tanpa kultur bakteri. Kondisi tanpa salinitas memungkinkan proses imbibisi, aktivasi metabolisme awal, pembelahan sel, dan pemanjangan jaringan kecambah berlangsung dengan baik. Perlakuan bio-priming juga

menyebabkan benih mengalami kontak dengan kultur bakteri selama perendaman sehingga bakteri berpeluang memengaruhi proses fisiologis benih sejak fase awal perkecambahan (Fiodor *et al.*, 2023).

Respons panjang akar dan panjang hipokotil tersebut diduga berkaitan dengan kemampuan bakteri menghasilkan enzim ACC deaminase. Enzim ACC deaminase memecah ACC sebagai prekursor etilen menjadi α -ketobutirat dan amonia sehingga ketersediaan ACC untuk pembentukan etilen menjadi lebih rendah (Gamalero *et al.*, 2023). Etilen dalam kadar tertentu berperan dalam pematangan dormansi, perkecambahan, dan kemunculan radikula. Namun, etilen dalam jumlah berlebihan dapat menghambat pemanjangan jaringan kecambah. Etilen juga berinteraksi dengan asam absisat (ABA) dan giberelin (GA) dalam mengatur pelepasan dormansi dan proses perkecambahan benih. Interaksi tersebut melibatkan keseimbangan dan *crossstalk* antara sinyal etilen, ABA, dan GA yang menentukan transisi benih dari kondisi dorman menuju perkecambahan (Ali *et al.*, 2022; Arc *et al.*, 2024).

Pemberian kultur bakteri pada salinitas 2 dan 4 dS/m belum meningkatkan panjang akar secara nyata. Akar kecambah berhubungan langsung dengan media salin sehingga lebih cepat mengalami pengaruh tekanan osmotik dan perubahan keseimbangan ion. Peningkatan konsentrasi garam menurunkan potensial air di sekitar benih dan akar sehingga penyerapan air serta pemanjangan sel menjadi terhambat (Acosta-Motos *et al.*, 2017). Peningkatan etilen akibat cekaman juga dapat mengganggu keseimbangan auksin yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel akar (Li *et al.*, 2015). Kultur bakteri penghasil ACC deaminase diduga membantu mengendalikan pembentukan etilen berlebih melalui penguraian ACC sehingga pemanjangan akar masih dapat berlangsung meskipun peningkatannya belum nyata.

Panjang hipokotil pada salinitas 2 dan 4 dS/m masih relatif tinggi pada berbagai konsentrasi kultur bakteri. Pertumbuhan hipokotil pada fase awal perkecambahan masih didukung oleh mobilisasi cadangan makanan di dalam benih. Cadangan makanan menyediakan energi untuk pembelahan dan pemanjangan sel selama penyerapan air dan aktivitas metabolisme masih dapat berlangsung. Giberelin berperan penting dalam mendorong pelepasan dormansi, perkecambahan, dan pemanjangan jaringan, sedangkan etilen

berinteraksi dengan jalur pensinyalan giberelin dalam mengatur transisi benih dari fase dormansi menuju perkecambahan (Ali *et al.*, 2022; Arc *et al.*, 2024).

Salinitas 8 dS/m menurunkan panjang akar dan panjang hipokotil pada seluruh konsentrasi kultur bakteri. Tingkat salinitas tersebut menimbulkan tekanan osmotik dan gangguan ionik yang lebih kuat sehingga air semakin sulit diserap oleh benih. Hambatan penyerapan air selanjutnya mengganggu aktivasi metabolisme, pembelahan sel, dan pemanjangan jaringan kecambah. Akumulasi ion Na^+ dan Cl^- juga dapat mengganggu keseimbangan ionik dan aktivitas metabolisme kecambah (Acosta-Motos *et al.*, 2017; El Sabagh *et al.*, 2021).

Kultur bakteri pada salinitas 8 dS/m belum mampu mempertahankan panjang akar dan panjang hipokotil. Tekanan salinitas yang tinggi diduga menjadi faktor pembatas yang lebih dominan daripada pengaruh kultur bakteri. Salinitas juga dapat memengaruhi kemampuan bakteri untuk bertahan dan berinteraksi dengan benih atau jaringan kecambah. Efektivitas bakteri pemacu pertumbuhan dipengaruhi oleh kemampuan bakteri beradaptasi, bertahan hidup, dan berkolonisasi pada lingkungan tempat bakteri diaplikasikan (Compant *et al.*, 2010). Kultur bakteri dalam penelitian ini hanya diberikan melalui perendaman benih dan tidak diaplikasikan kembali pada media perkecambahan sehingga kolonisasi bakteri diduga masih terbatas.

Terdapat interaksi antara tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri dalam memengaruhi berat kering kecambah. Pemberian kultur bakteri pada kondisi tanpa cekaman cenderung meningkatkan berat kering, tetapi belum menghasilkan perbedaan nyata antarkonsentrasi. Kultur bakteri 10% menghasilkan berat kering yang lebih tinggi daripada perlakuan tanpa bakteri pada salinitas 2 dS/m. Berat kering pada salinitas 4 dan 8 dS/m juga relatif tinggi, tetapi pola tersebut tidak selalu diikuti oleh pemanjangan akar dan hipokotil yang lebih baik.

Berat kering yang lebih tinggi tidak dapat langsung diartikan sebagai peningkatan pertumbuhan kecambah. Cekaman salinitas dapat menghambat aktivitas metabolisme dan penggunaan cadangan makanan untuk pembentukan jaringan baru. Kondisi tersebut memungkinkan sebagian cadangan makanan masih tersisa di dalam benih dan ikut terukur setelah

proses pengeringan. Akumulasi ion Na^+ dan Cl^- di dalam jaringan juga mungkin memberikan kontribusi terhadap bahan kering yang terukur. Namun, kemungkinan tersebut belum dapat dipastikan karena kandungan cadangan makanan dan ion jaringan tidak dianalisis dalam penelitian ini.

Panjang hipokotil yang masih relatif tinggi hingga salinitas 4 dS/m dapat berkontribusi terhadap akumulasi biomassa kecambah yang tercermin pada berat kering. Hipokotil merupakan salah satu jaringan penyusun kecambah sehingga pertumbuhan jaringan tersebut dapat berkontribusi terhadap berat kering setelah proses pengeringan. Namun, pengaruh kultur bakteri terhadap berat kering belum menunjukkan pola yang konsisten pada setiap tingkat salinitas. Respons tanaman terhadap inokulasi bakteri pemicu pertumbuhan dapat dipengaruhi oleh interaksi antara bakteri dan tanaman inang serta kondisi lingkungan, termasuk tingkat cekaman dan kondisi media tumbuh (Naing *et al.*, 2021; Gamalero & Glick, 2023). Oleh karena itu, efektivitas inokulan tidak selalu meningkat secara linear dengan konsentrasi bakteri atau pada seluruh kondisi salinitas.

Pengaruh Tingkat Cekaman Salinitas dan Konsentrasi Kultur Bakteri terhadap Daya Kecambah, Rata-Rata Waktu Berkecambah, dan Berat Segar

Tingkat cekaman salinitas berpengaruh nyata terhadap daya kecambah dan rata-rata waktu berkecambah, sedangkan konsentrasi kultur bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap kedua parameter tersebut (Tabel 3). Tingkat cekaman salinitas dan konsentrasi kultur bakteri masing-masing berpengaruh nyata terhadap berat segar kecambah, tetapi tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut (Tabel 4).

Peningkatan cekaman salinitas menurunkan daya kecambah dan menyebabkan waktu berkecambah menjadi lebih lama. Penurunan daya kecambah dan keterlambatan perkecambahan terutama terjadi pada salinitas 8 dS/m. Konsentrasi garam yang tinggi menurunkan potensial osmotik lingkungan benih sehingga menghambat penyerapan air selama proses imbibisi. Air diperlukan untuk mengaktifkan kembali metabolisme benih, aktivitas enzim, mobilisasi cadangan makanan, dan pertumbuhan embrio. Oleh karena itu, keterbatasan penyerapan air pada kondisi salin dapat memperlambat aktivasi metabolisme

dan pemunculan radikula (Uçarlı, 2020; Arif *et al.*, 2020; Khalid *et al.*, 2021).

Salinitas juga dapat menimbulkan ketidakseimbangan ion dan meningkatkan pembentukan reactive oxygen species (ROS) pada jaringan benih. Akumulasi ROS yang berlebihan dapat mengganggu integritas membran, merusak protein dan komponen seluler, serta mengganggu aktivitas enzim yang diperlukan selama perkecambahan (Zhou *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2022). Kondisi tersebut dapat menghambat mobilisasi cadangan makanan dan perkembangan embrio, sehingga sebagian benih membutuhkan waktu lebih lama untuk menghasilkan radikula, sedangkan benih lainnya tidak mampu berkecambah selama periode pengamatan. Dengan demikian, peningkatan salinitas, terutama pada 8 dS/m, dapat menjelaskan penurunan daya kecambah dan peningkatan rata-rata waktu berkecambah yang diperoleh dalam penelitian ini.

Konsentrasi kultur bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap daya kecambah dan rata-rata waktu berkecambah. Pemberian kultur bakteri melalui perendaman benih belum mampu meningkatkan jumlah benih yang berkecambah maupun mempercepat kemunculan radikula. Keberhasilan bio-priming dapat dipengaruhi oleh kesesuaian bakteri dengan benih, konsentrasi inokulum, lama kontak, kondisi benih, serta kondisi lingkungan selama perkecambahan (Fiodor *et al.*, 2023). Kultur bakteri dalam penelitian ini diduga lebih berperan pada pertumbuhan jaringan setelah radikula muncul daripada dalam menentukan keberhasilan awal perkecambahan.

Berat segar kecambah meningkat pada salinitas 2 dan 4 dS/m, tetapi menurun pada salinitas 8 dS/m. Berat segar pada salinitas rendah dan sedang sejalan dengan panjang hipokotil yang masih relatif tinggi. Pemanjangan jaringan hipokotil dan kandungan air di dalam jaringan memberikan kontribusi terhadap berat segar kecambah. Salinitas tinggi sebaliknya menurunkan kemampuan kecambah dalam menyerap dan mempertahankan air akibat tekanan osmotik. Hambatan pada pemanjangan akar dan hipokotil juga menyebabkan berat segar menjadi lebih rendah. Stres garam pada selada berkaitan dengan gangguan pada zona penyerapan akar dan perubahan respons biokimia tanaman (Zuzunaga-Rosas *et al.*, 2024).

Konsentrasi kultur bakteri 15% menghasilkan berat segar yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa kultur bakteri dan

konsentrasi 5%, tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 10%. Berat segar kecambah berkaitan dengan penambahan jaringan muda dan kandungan air yang tersimpan selama pertumbuhan awal. Peningkatan berat segar diduga berkaitan dengan proses bio-priming yang memungkinkan benih berinteraksi lebih awal dengan bakteri selama perendaman. Interaksi tersebut dapat mendukung aktivitas fisiologis dan pembentukan jaringan kecambah setelah radikula muncul. Bio-priming dengan bakteri pemacu pertumbuhan dilaporkan dapat meningkatkan vigor benih dan mendukung pertumbuhan awal kecambah (Fiodor *et al.*, 2023).

Kesimpulan

Terdapat interaksi antara tingkat salinitas dan konsentrasi kultur bakteri penghasil ACC deaminase terhadap panjang akar, panjang hipokotil, dan berat kering benih selada. Kombinasi tanpa cekaman salinitas dengan kultur bakteri 15% menghasilkan panjang akar tertinggi sebesar 2,78 cm, sedangkan kombinasi salinitas 2 dS/m dengan kultur bakteri 15% menghasilkan panjang hipokotil tertinggi sebesar 3,36 cm. Salinitas 8 dS/m pada seluruh konsentrasi kultur bakteri menurunkan daya kecambah, panjang akar, panjang hipokotil, dan berat segar serta memperlambat waktu berkecambah. Kultur bakteri 15% menghasilkan panjang akar dan berat segar tertinggi, tetapi belum mampu mengatasi hambatan perkecambahan pada salinitas 8 dS/m.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Mataram atas hibah penelitian dana BLU Universitas Mataram tahun 2026 berjudul “Karakterisasi Fungsional dan Molekuler Kandidat Biostimulan Akar Bidara Lahan Kering dan Lahan Bergaram Nusa Tenggara Barat” yang memungkinkan penelitian ini terlaksana. Ucapan terima kasih juga disampaikan atas dukungan sarana penelitian, pengalaman akademik, dan pembelajaran selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

Referensi

Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente, A., Díaz-Vivancos, P., Sánchez-

- Blanco, M. J., & Hernández, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1): 18. DOI: 10.3390/agronomy7010018
- Ali, F., Qanmber, G., Li, F., & Wang, Z. (2022). Updated role of ABA in seed maturation, dormancy, and germination. *Journal of Advanced Research*, 35, 199–214. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.03.011>
- Arc, E., et al. (2024). Ethylene, a signaling compound involved in seed germination and dormancy. *Plants*, 13(19), 2674. <https://doi.org/10.3390/plants13192674>
- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., & Hayat, S. (2020). Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>
- Breś, W., Kleiber, T., Markiewicz, B., Mieloszyk, E., & Mieloch, M. (2022). The effect of NaCl stress on the response of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, 12(2): 244. DOI: 10.3390/agronomy12020244
- El Sabagh, A., Islam, M. S., Skalický, M., Raza, M. A., Singh, K., Hossain, M. A., Hossain, A., Mahboob, W., Iqbal, M. A., Ratnasekera, D., Singhal, R. K., Ahmed, S., Kumari, A., Wasaya, A., Sytar, O., Brestic, M., Çiğ, F., Erman, M., Rahman, M. H. U., Ullah, N., & Arshad, A. (2021). Salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the changing climate: Adaptation and management strategies. *Frontiers in Agronomy*, 3: 661932. DOI: 10.3389/fagro.2021.661932
- Fiodor, A., Ajijah, N., Dziewit, L., & Pranaw, K. (2023). Biopriming of seed with plant growth-promoting bacteria for improved germination and seedling growth. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1142966. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1142966
- Gamalero, E., & Glick, B. R. (2023). Ethylene, ACC, and the plant growth-promoting enzyme ACC deaminase. *Biology*, 12(8), 1043. <https://doi.org/10.3390/biology12081043>
- Gamalero, E., Lingua, G., & Glick, B. R. (2023). Ethylene, ACC, and the plant growth-

- promoting enzyme ACC deaminase. *Biology*, 12(8): 1043. DOI: 10.3390/biology12081043
- Gul, M., Wakeel, A., Steffens, D., & Lindberg, S. (2019). Potassium-induced decrease in cytosolic Na⁺ alleviates deleterious effects of salt stress on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Biology*, 21(5): 825-831. DOI: 10.1111/plb.12999
- Gupta, S., & Pandey, S. (2019). ACC deaminase producing bacteria with multifarious plant growth promoting traits alleviates salinity stress in French bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *Frontiers in Microbiology*, 10: 1506. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01506
- Khalid, M. F., Hussain, S., Anjum, M. A., Ejaz, S., Ahmad, S., Ali, M. A., Morillon, R., & Ahmad, I. (2021). Field crop responses and management strategies to mitigate soil salinity in modern agriculture: A review. *Agronomy*, 11(11), 2299. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112299>
- Khan, S., Alvi, A. F., Saify, S., & Plíhal, O. (2024). The ethylene biosynthetic enzymes, 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase (ACS) and ACC oxidase (ACO): The less explored players in abiotic stress tolerance. *Biomolecules*, 14(1), 90. <https://doi.org/10.3390/biom14010090>
- Li, J., Xu, H. H., Liu, W. C., Zhang, X. W., & Lu, Y. T. (2015). Ethylene inhibits root elongation during alkaline stress through AUXIN1 and associated changes in auxin accumulation. *Plant Physiology*, 168(4): 1777-1791. DOI: 10.1104/pp.15.00523
- Li, W., Niu, Y., Zheng, Y., & Wang, Z. (2022). Advances in the understanding of reactive oxygen species-dependent regulation on seed dormancy, germination, and deterioration in crops. *Frontiers in Plant Science*, 13, 862687. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.862687>
- Moon, Y. S., & Ali, S. (2022). Possible mechanisms for the equilibrium of ACC and role of ACC deaminase-producing bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(3): 877-887. DOI: 10.1007/s00253-022-11772-x
- Naing, A. H., Maung, T.-T., & Kim, C. K. (2021). The ACC deaminase-producing plant growth-promoting bacteria: Influences of bacterial strains and ACC deaminase activities in plant tolerance to abiotic stress. *Physiologia Plantarum*, 173(4), 1992–2012. <https://doi.org/10.1111/ppl.13545>
- Safari, D., Jamali, F., Nooryazdan, H. R., & Bayat, F. (2018). Evaluation of ACC deaminase producing *Pseudomonas fluorescens* strains for their effects on seed germination and early growth of wheat under salt stress. *Australian Journal of Crop Science*, 12(3): 413–421. DOI: 10.21475/ajcs.18.12.03.pne801
- Samarah, N. H., Al-Quraan, N. A., AlZyout, R. I. M., & Elrys, A. S. (2026). Salinity-induced inhibition of lettuce seed germination in association with altered catalase and endo-β-mannanase activities. *Horticulturae*, 12(3): 390. DOI: 10.3390/horticulturae12030390
- Stavi, I., Thevs, N., & Priori, S. (2021). Soil salinity and sodicity in drylands: A review of causes, effects, monitoring, and restoration measures. *Frontiers in Environmental Science*, 9: 712831. DOI: 10.3389/fenvs.2021.712831
- Uçarlı, C. (2020). Effects of salinity on seed germination and early seedling stage. In *New challenges in seed biology—Basic and translational research driving seed technology*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93647>
- Zuzunaga-Rosas, J., Calone, R., Mircea, D. M., Shakya, R., Ibáñez-Asensio, S., Boscaiu, M., Fita, A., Moreno-Ramón, H., & Vicente, O. (2024). Mitigation of salt stress in lettuce by a biostimulant that protects the root absorption zone and improves biochemical responses. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1341714. DOI: 10.3389/fpls.2024.1341714s