

Pengaruh Pupuk Hayati dan Briket Amelioran terhadap Bakteri Penambat N, N-Total, Serapan N, dan Bobot Kering Padi pada Tanah Salin

Mieke Rochimi Setiawati^{1*}, Pirda Nurhopiah², Betty Natalie Fitriatin³, Pujawati Suryatmana⁴

^{1,2,4}Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran,

²Program Studi Agroteknologi, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

*Email: m.setiawati@unpad.ac.id

Abstrak

Cekaman salinitas merupakan faktor penghambat dalam pertumbuhan tanaman padi pada tanah salin. Pupuk hayati yang mengandung bakteri *Klebsiella pneumoniae* dan *Pseudomonas stutzeri* dapat mengurangi dampak cekaman salinitas pada tanaman padi. Selain itu, pemberian briket amelioran juga mampu meningkatkan kualitas tanah salin sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk hayati dan briket amelioran dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N, N-total tanah, serapan N, dan bobot kering padi pada tanah salin. Percobaan ini dilakukan di Rumah Kaca Kebun Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran dari bulan Oktober 2022 sampai Juni 2023. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 12 kombinasi perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang diaplikasikan adalah pemberian pupuk hayati, briket amelioran, dan kombinasinya pada tanah non salin, tanah dengan salinitas 4 dan 8 dS.m⁻¹. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dan briket amelioran dapat meningkatkan populasi bakteri penambat N, N-total tanah, serapan N, dan bobot kering tanaman padi pada tanah salin. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah salin 4 dS.m⁻¹ lebih baik dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N, N-total tanah, serapan N, dan bobot kering tanaman padi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk hayati maupun briket amelioran pada tingkat salinitas yang sama. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah salin 8 dS.m⁻¹ lebih baik dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N dan N-total tanah dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk hayati maupun briket amelioran pada tingkat salinitas yang sama.

Kata kunci: Fiksasi Nitrogen, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas stutzeri*, Salinitas

Abstract

Salinity stress is an inhibiting factor in the growth of rice plants on saline soils. Biofertilizer containing bacteria *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas stutzeri* can reduce the impact of salinity stress on rice plants. In addition, the provision of ameliorant briquettes can also improve the quality of saline soils, so that plants can grow optimally. This research aimed to determine the effect of combination treatments of biofertilizer and ameliorant briquettes in increasing the population of N-fixing bacteria, soil N-total, N uptake, and dry weight of rice in saline soils. The experiment was conducted at Ciparanje Experimental Greenhouse, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran from October 2022 to June 2023. A Randomized Block Design was used with 12 combination treatments and replicated 3 times. The treatments applied were the application of biofertilizer, ameliorant briquettes, and their combination on non-saline soils, saline soils of 4 and 8 dS.m⁻¹. The results showed that the application of biofertilizer and ameliorant briquettes can increase the population of N-fixing bacteria, soil N-total, N uptake, and dry weight of rice plants in saline soils. Biofertilizer treatment combined with ameliorant briquettes in saline soil 4 dS.m⁻¹ is better in increasing the population of N-fixing bacteria, N-total soil, N uptake, and dry weight of rice plants compared with treatment without biofertilizer or ameliorant briquettes at the same salinity level. Biofertilizer treatment combined with ameliorant briquettes in saline soil 8 dS.m⁻¹ is better in increasing the population of N-fixing bacteria and N-total soil compared with treatment without biofertilizer or ameliorant briquettes at the same salinity level.

Key words: Nitrogen Fixation, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas stutzeri*, Salinity

PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman pangan penghasil beras yang sampai saat ini masih menjadi komoditas pangan terpenting di Indonesia, karena sebagian besar masyarakat Indonesia mengonsumsi beras sebagai makanan pokok. Beras memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi sehingga sangat dibutuhkan oleh manusia sebagai sumber energi. Kebutuhan beras sebagai makanan pokok terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, sedangkan produksi beras untuk konsumsi mengalami penurunan.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi beras untuk konsumsi pangan pada tahun 2021 yaitu 31,30 juta ton dan mengalami penurunan sebanyak 140,73 ribu ton dari tahun sebelumnya yaitu sebesar 31,50 juta ton. Selain itu, luas panen padi pada tahun 2021 juga mengalami penurunan menjadi sekitar 10,41 juta hektar, sementara tahun 2020 mencapai 10,66 juta hektar (Badan Pusat Statistik, 2021). Hal ini terjadi karena lahan pertanian dialih fungsikan menjadi industri, perumahan, dan infrastruktur. Adanya konversi lahan pertanian, termasuk lahan sawah dapat menyebabkan produksi padi menurun. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi padi yaitu melalui ekstensifikasi lahan sawah dengan memanfaatkan lahan sub optimal yang diantaranya bersifat salin.

Tanah dikatakan salin apabila memiliki nilai daya hantar listrik (DHL) 4 dS m^{-1} atau lebih (Negacz *et al.*, 2022). Lahan dengan masalah salinitas umumnya terdapat di daerah pesisir pantai, karena garam-garam yang berasal dari laut akan mudah masuk ke dalam tanah melalui pasang surut maupun intrusi air laut (Cahyadi dkk., 2017). Indonesia termasuk negara maritim yang memiliki daerah salin cukup luas. Hal ini didukung oleh pernyataan Masganti dkk. (2022) yang menyatakan bahwa karena dampak perubahan iklim yang ekstrem selama dua dekade terakhir, diperkirakan luas lahan salin di Indonesia yaitu sekitar 600.000 hektar.

Pemanfaatan lahan salin untuk budidaya tanaman banyak mengalami kendala. Tanah salin mengandung garam mudah larut seperti NaCl, Na_2Ca_3 , dan Na_2SO_4 yang tinggi sehingga dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan produktivitas tanaman (Karolinoerita dan Yusuf, 2020). NaCl merupakan jenis garam yang dominan dalam tanah salin dan dapat menyebabkan kemampuan aerasi serta permeabilitas tanah menjadi rendah karena kandungan NaCl yang tinggi pada tanah salin dapat merusak struktur tanah (Kusrachdiyanti dkk., 2020). Selain itu, tanaman yang tumbuh pada tanah salin akan mengalami stress akibat tekanan osmotik yang tinggi, keracunan, dan ketidakseimbangan

unsur hara (Shrivastava dan Kumar, 2015). Meningkatnya tekanan osmotik menyebabkan terhambatnya penyerapan air dan unsur hara yang diperlukan tanaman, termasuk unsur nitrogen. Menurut Gondek *et al.* (2020), unsur hara N sulit tersedia pada tanah dengan konsentrasi garam yang tinggi.

Unsur nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro yang ketersediannya sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi, karena tanaman memerlukan unsur N selama fase pertumbuhannya. Pada fase vegetatif yaitu pada awal pertumbuhan sampai pertengahan pembentukan anakan dan tahap awal pembentukan malai merupakan fase yang paling banyak membutuhkan unsur N (Dobermann dan Fairhurst, 2000). Dengan demikian, defisiensi unsur hara dan kerusakan tanah akibat cekaman salinitas pada tanah salin perlu diupayakan penanggulangannya, salah satunya yaitu melalui pemupukan.

Sebagian besar petani menggunakan pupuk anorganik untuk pemupukan karena dinilai efisien dan efektif dalam meningkatkan produksi pertanian. Akan tetapi, apabila pupuk anorganik diberikan secara terus-menerus maka dapat menurunkan kualitas tanah. Selain permasalahan tersebut, pemupukan dengan pupuk N pada budidaya padi efisiensinya rendah karena unsur N mudah mengalami pencucian dan penguapan, sehingga tanaman hanya akan menyerap sekitar 30–50% dari pupuk N yang diberikan (Setiawati dkk., 2008). Oleh karena itu, sangat diperlukan penambahan pupuk hayati untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen dan mengurangi dampak dari cekaman salinitas pada tanah salin.

Pupuk hayati merupakan pupuk dengan kandungan mikroba fungsional yang memiliki kemampuan untuk memfasilitasi dan meningkatkan pasokan hara sehingga dapat tersedia bagi tanaman (Mahanty *et al.*, 2016). Mikroba yang terdapat dalam pupuk hayati dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui fiksasi nitrogen dari udara dan menghasilkan zat pemacu pertumbuhan tanaman (Mazid dan Khan, 2015). Pupuk hayati yang diaplikasikan pada tanah salin harus mengandung mikroba yang toleran terhadap salinitas atau disebut mikroba halotoleran. Penggunaan pupuk hayati konsorsium halotoleran dapat meningkatkan tinggi tanaman, serapan N, total populasi bakteri, kandungan IAA, dan nisbah pupus akar (Setiawati *et al.*, 2022). Menurut Wang *et al.* (2016), *plant growth promoting rizobacteria* (PGPR) merupakan kelompok bakteri yang dapat bertahan pada berbagai cekaman abiotik, salah satunya yaitu cekaman salinitas.

Kelompok bakteri PGPR dapat meningkatkan toleransi cekaman salinitas pada tanaman melalui produksi fitohormon, peningkatan panjang akar, dan yang paling penting

yaitu peningkatan kandungan unsur hara bagi tanaman sehingga dapat meningkatkan kesehatan tanaman yang ditanam di tanah salin (Abbas *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil penelitian Sen dan Chdanrasekhar (2014), aplikasi pupuk hayati PGPR pada padi yang ditanam di tanah salin dapat meningkatkan parameter pertumbuhan seperti tinggi tanaman, panjang akar, dan bobot kering tanaman. Selain PGPR, bakteri endofitik juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hayati untuk diaplikasikan di tanah salin. Bakteri endofitik dapat mengurangi stres pada tanaman akibat cekaman salinitas, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan memproduksi fitohormon sehingga dampak dari cekaman salinitas pada tanaman akan berkurang (Khan *et al.*, 2020).

Pemberian amelioran dalam bentuk briket juga dapat meningkatkan kualitas tanah salin agar tanaman tumbuh secara optimal. Beberapa bahan amelioran yang umumnya ditambahkan ke dalam tanah diantaranya kompos, biochar, guano, dolomit, dan gypsum. Berbagai amelioran tersebut dapat membantu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang rusak akibat cekaman salinitas pada tanah salin sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Amelioran organik dapat memperbaiki sifat tanah pada tanah salin serta mampu menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Kusmiyati, 2014). Selain itu, bahan organik pada amelioran dapat menjadi sumber energi bagi bakteri dalam proses dekomposisi dan penguraian bahan organik sehingga dapat meningkatkan kualitas tanah. Berdasarkan hasil penelitian Kusumarini *et al.* (2021), pemberian amelioran dapat meningkatkan N-total tanah, serapan hara oleh tanaman, dan biomassa tanaman padi yang ditanam di tanah salin.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penelitian mengenai aplikasi pupuk hayati dan briket amelioran untuk mengetahui pengaruhnya dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N, N-total tanah, serapan N, dan bobot kering padi pada tanah salin.

METODE

Penelitian yang dilakukan merupakan Penelitian kuantitatif. Percobaan dilakukan di Rumah Kaca dan Laboratorium. Rumah kaca berlokasi di Kebun Percobaan Ciparanje, Jatinangor milik Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Analisis populasi bakteri penambat N dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah, analisis kandungan N-total tanah dan pH tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Percobaan dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai Juni 2023.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan berupa tanah dengan kadar salinitas yang berbeda dikombinasikan dengan pupuk hayati (10 L ha^{-1}) dan briket amelioran (16 ton ha^{-1}). Terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak tiga ulangan, sehingga terdapat 36 unit percobaan. Adapun rincian kombinasi perlakuan yang digunakan adalah sebagai berikut.

A = Tanpa pupuk hayati + tanah non salin (kontrol)

B = Pupuk hayati + tanah non salin

C = Briket amelioran + tanah non salin

D = Pupuk hayati + briket amelioran + tanah non salin

E = Tanpa pupuk hayati + salinitas 4 dS m^{-1}

F = Pupuk hayati + salinitas 4 dS m^{-1}

G = Briket amelioran + salinitas 4 dS m^{-1}

H = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 4 dS m^{-1}

I = Tanpa pupuk hayati + salinitas 8 dS m^{-1}

J = Pupuk hayati + salinitas 8 dS m^{-1}

K = Briket amelioran + salinitas 8 dS m^{-1}

L = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 8 dS m^{-1}

Data penelitian hasil pengamatan diuji normalitas untuk mengetahui penyebaran data normal atau tidak. Jika data tidak menyebar normal maka dilakukan transformasi data. Selanjutnya data yang menyebar normal dilakukan analisis ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respons yang diukur pada taraf nyata 5%. Perlakuan yang berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan nilai-rata-rata respons antar perlakuan (Gomez dan Gomez, 2007). Data dianalisis dengan *Software* SPSS 24.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Bakteri Penambat N

Berdasarkan hasil uji statistik dengan analisis sidik ragam pada, pemberian pupuk hayati dan briket amelioran berpengaruh nyata dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N. Hasil uji lanjut pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah non salin menghasilkan populasi bakteri tertinggi yaitu $20,90 \times 10^5 \text{ CFU g}^{-1}$ jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Tabel 1. Pengaruh Pupuk Hayati dan Briket Amelioran terhadap Populasi Bakteri Penambat N

Perlakuan	Populasi Bakteri Penambat N ($\times 10^5$ CFU g^{-1})	Peningkatan (%)
A = Tanpa pupuk hayati + tanah non salin	10,8 cd	-
B = Pupuk hayati + tanah non salin	18,7 g	73,14
C = Briket Amelioran + tanah non salin	12,4 de	14,81
D = Pupuk hayati + briket amelioran + tanah non salin	20,9 h	93,51
E = Tanpa pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	9,6 bc	-
F = Pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	13,9 ef	44,79
G = Briket amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	11,5 d	19,79
H = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	15,0 f	56,25
I = Tanpa pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	6,8 a	-
J = Pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	10,9 cd	60,29
K = Briket amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	8,7 ab	27,94
L = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	11,7 cd	72,05

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Pada tingkat salinitas 4 dS m⁻¹, perlakuan kombinasi pupuk hayati dan briket amelioran tidak berbeda nyata dengan perlakuan pupuk hayati yang diberikan secara tunggal. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah salin 4 dS m⁻¹ dapat meningkatkan populasi bakteri penambat N sebesar 56,25%, sedangkan perlakuan pupuk hayati saja meningkatkan populasi bakteri penambat N sebesar 44,79% jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa aplikasi pupuk hayati maupun briket amelioran pada tanah dengan salinitas yang sama. Perlakuan pupuk hayati yang diaplikasikan secara tunggal dan kombinasinya dengan briket amelioran pada tanah salin 4 dS m⁻¹ menghasilkan populasi bakteri yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, dengan masing-masing peningkatan sebesar 28,70% dan 38,88%. Artinya pemberian perlakuan ini dapat menekan dampak cekaman salinitas sehingga meningkatkan populasi bakteri penambat N meskipun pada tanah dengan salinitas 4 dS m⁻¹. Hal tersebut diduga karena konsorsium bakteri pada pupuk hayati yang diaplikasikan merupakan bakteri yang diisolasi dari tanah salin sehingga memiliki kemampuan untuk tumbuh dan bertahan pada kondisi salin.

Sejalan dengan penelitian Khumairah *et al.* (2022), hasil studinya menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas stutzeri* dan *Klebsiella pneumoniae* merupakan bakteri

penambat N yang toleran terhadap garam sehingga dapat tumbuh pada kondisi tercekam salin. Hasil studinya juga menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas stutzeri* dan *Klebsiella pneumoniae* dapat menghasilkan enzim nitrogenase, hormon IAA, enzim ACC Deaminase dan antioksidan sehingga dikategorikan dapat membantu pertumbuhan tanaman dan mengurangi cekaman salinitas.

Penambahan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran dapat lebih meningkatkan populasi bakteri penambat N dibandingkan dengan pemberian pupuk hayati saja. Hal ini diduga karena bahan-bahan amelioran yang ditambahkan dapat menjadi sumber energi bagi bakteri, sehingga pertumbuhannya menjadi lebih optimal. Kompos, biochar, dan guano dalam amelioran merupakan bahan organik yang mengandung karbon dan nitrogen yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh bakteri (Al-Azmiya dkk., 2021). Selain itu, sumber N dari NPK yang terdapat dalam briket amelioran juga diduga menunjang sumber energi bagi pertumbuhan bakteri.

Berdasarkan Tabel 1, pada tanah dengan salinitas 8 dS m⁻¹ perlakuan kombinasi pupuk hayati dengan briket amelioran tidak berbeda nyata dengan perlakuan pupuk hayati yang diberikan secara tunggal. Perlakuan kombinasi dapat meningkatkan populasi bakteri penambat N sebesar 72,05%, sedangkan aplikasi pupuk hayati saja meningkatkan populasi bakteri penambat N sebesar 60,29% jika dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk hayati maupun briket amelioran pada salinitas yang sama. Perlakuan kombinasi dan pupuk hayati saja pada tanah salin 8 dS m⁻¹ juga tidak berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini diduga karena bakteri dalam pupuk hayati yang diaplikasikan masih dapat tumbuh dan bertahan pada tingkat salinitas 8 dS m⁻¹ serta adanya pemberian briket amelioran yang dapat menunjang pertumbuhan bakteri.

Bakteri halotoleran memiliki dinding sel dengan komposisi spesifik yang tahan terhadap tingginya konsentrasi garam sehingga bakteri ini dapat membatasi jumlah garam yang masuk ke dalam sel melalui dinding sel (Khumairah *et al.*, 2022). Menurut Noori *et al.* (2019), bakteri yang toleran pada kondisi salin mampu menyeimbangkan tekanan osmotik sehingga membantu bakteri dalam mengatur konsentrasi ionik intraseluler dengan memompa keluar ion Na⁺ berlebih.

Perlakuan tanpa pupuk hayati pada tanah dengan kadar salin 8 dS m⁻¹ menghasilkan populasi bakteri terendah ($6,83 \times 10^5$ CFU g⁻¹) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Srinivasan *et al.* (2012) menyatakan bahwa konsentrasi NaCl yang tinggi pada tanah salin dapat meningkatkan tekanan osmotik yang menyebabkan air berdifusi keluar dari sel

bakteri sehingga dapat menurunkan aktivitas sel bakteri. Menurut Paul dan Lade (2014), pada kondisi salin ion kalium yang diserap oleh tanaman akan berkurang dan menyebabkan penurunan kemampuan bakteri untuk menggunakan ion kalium tersebut sebagai osmoregulasi, sehingga terjadi cekaman osmotik yang pada akhirnya membatasi pertumbuhan bakteri. Tekanan osmotik yang tinggi dan toksisitas ion yang terjadi pada tanah salin menyebabkan terhambatnya aktivitas mikroba (Rietz dan Haynes, 2003).

N-Total Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dan briket amelioran berpengaruh nyata dalam meningkatkan N-total tanah. Berdasarkan hasil uji lanjut pada Tabel 2, perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah non salin menghasilkan N-total tanah tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan pupuk hayati, briket amelioran, dan kombinasinya pada tanah salin 4 dS m⁻¹ menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata, tetapi kedua terakhir perlakuan tersebut menghasilkan N-total tanah yang lebih baik dengan masing-masing peningkatan sebesar 23,81% dan 30,95% jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk hayati pada salinitas yang sama.

Tabel 2. Pengaruh Pupuk Hayati dan Briket Amelioran terhadap N-Total Tanah

Perlakuan	N-Total Tanah (%)	Peningkatan (%)
A = Tanpa pupuk hayati + tanah non salin	0,46 bcd	-
B = Pupuk hayati + tanah non salin	0,53 de	15,21
C = Briket Amelioran + tanah non salin	0,58 e	26,08
D = Pupuk hayati + briket amelioran + tanah non salin	0,67 f	45,65
E = Tanpa pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,42 ab	-
F = Pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,50 bcd	19,04
G = Briket amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,52 cde	23,81
H = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,55 de	30,95
I = Tanpa pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,37 a	-
J = Pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,44 abc	18,91
K = Briket amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,46 bcd	24,32
L = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,49 bcd	32,43

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Peningkatan N-total tanah pada tanah salin 4 dS m⁻¹ diduga karena konsorsium bakteri dalam pupuk hayati yang diaplikasikan merupakan bakteri penambat N yang dapat beradaptasi pada kondisi salin sehingga aktivitas bakteri tersebut terlihat dapat meningkatkan N-total tanah. Rashid *et al.* (2016) menyatakan bahwa pemberian pupuk hayati dengan mikroba penambat nitrogen toleran garam dapat meningkatkan kandungan N dalam tanah serta meningkatkan kesuburan tanah dalam kondisi salin. Hal tersebut dapat dikaitkan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa dengan populasi bakteri penambat N yang lebih tinggi terjadi peningkatan pada N-total tanah. Nitrogen dapat tersedia di dalam tanah disebabkan aktivitas nitrogenase dari bakteri penambat N yang dapat mengubah N₂ dari udara menjadi NH₃⁻ sehingga N-total tanah meningkat (Setiawati dkk, 2021).

Berdasarkan Tabel 2, perlakuan pupuk hayati, briket amelioran, dan kombinasinya pada tanah salin 8 dS m⁻¹ menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata, tetapi kedua terakhir perlakuan tersebut menghasilkan N-total tanah yang lebih baik dengan masing-masing peningkatan sebesar 24,32% dan 32,43% jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk hayati pada salinitas yang sama. Perlakuan pupuk hayati, briket amelioran, dan kombinasinya juga menghasilkan N-total yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini berarti bahwa pemberian perlakuan tersebut masih dapat berpengaruh terhadap N-total meskipun pada cekaman salinitas.

Meningkatnya N-total tanah pada penelitian ini juga diduga karena bakteri penambat N yang terdapat dalam pupuk hayati yang diaplikasikan mampu meningkatkan kemampuan dalam memfiksasi nitrogen akibat rendahnya kandungan N-total tanah sebelum diberi perlakuan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Indriani dkk. (2017) yang menyatakan bahwa pada tanah dengan kondisi N yang rendah, bakteri penambat nitrogen dapat menambat N secara optimal sehingga mampu meningkatkan N-total tanah.

Pemberian briket amelioran ikut serta mendukung peningkatan N-total tanah karena bahan organik seperti kompos, biochar, dan guano dapat menjadi sumber nutrisi bagi bakteri yang kemudian akan meningkatkan aktivitas bakteri tersebut. Hasil penelitian Seneviratne *et al.* (2017) menunjukkan bahwa penambahan biochar dapat meningkatkan kandungan N dalam tanah. Selain bahan organik, bahan anorganik seperti NPK yang terdapat dalam briket amelioran juga diduga menyumbang kandungan nitrogen total tanah.

Serapan N Tanaman

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dan briket amelioran berpengaruh nyata dalam meningkatkan serapan N tanaman. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah non salin menghasilkan serapan N tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan kombinasi pupuk hayati dengan briket amelioran pada tanah salin 4 dS m⁻¹ menunjukkan serapan N tanaman yang lebih tinggi dengan peningkatan hingga 117,84% dibandingkan perlakuan tanpa pupuk hayati pada tingkat salinitas yang sama (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh Pupuk Hayati dan Briket Amelioran terhadap Serapan N Tanaman

Perlakuan	Serapan N Tanaman (mg.tanaman ⁻¹)	Peningkatan (%)
A = Tanpa pupuk hayati + tanah non salin	0,858 d	-
B = Pupuk hayati + tanah non salin	1,124 e	31,00
C = Briket Amelioran + tanah non salin	1,146 e	33,56
D = Pupuk hayati + briket amelioran + tanah non salin	1,545 f	80,06
E = Tanpa pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,409 bc	-
F = Pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,562 c	37,40
G = Briket amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,584 c	42,78
H = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,891 d	117,84
I = Tanpa pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,177 a	-
J = Pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,203 ab	14,68
K = Briket Amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,280 ab	58,19
L = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,291 ab	64,40

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Perlakuan pupuk hayati dan briket yang diberikan secara tunggal pada salinitas 4 dS m⁻¹ tidak berbeda nyata dengan tanpa pupuk hayati maupun briket amelioran pada salinitas yang sama, meskipun kedua perlakuan tersebut menunjukkan peningkatan sebesar 37,40% dan 42,78%. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah dengan salinitas 4 dS m⁻¹ tidak berbeda nyata dengan kontrol. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian pemberian perlakuan tersebut dapat menekan dampak dari cekaman salinitas terhadap serapan N tanaman.

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro yang berfungsi sebagai pembentuk protein, penyusun utama protoplasma, kloroplas, dan enzim. Nitrogen juga berperan dalam proses fotosintesis, metabolisme dan respirasi tanaman (Saputra, 2016).

Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) dan ammonium (NH_4^+). Bakteri penambat N halotoleran dalam pupuk hayati yang diaplikasikan mampu memfiksasi N_2 dari udara, kemudian dengan bantuan enzim nitrogenase, N_2 diubah menjadi NO_3^- sehingga dapat meningkatkan serapan N tanaman (Miliute *et al.*, 2015). Menurut Hassan dan Bano (2018), pupuk hayati dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro maupun mikro, kandungan klorofil, protein, fitohormon, dan aktivitas antioksidan pada tanaman di bawah cekaman salinitas.

Hasil penelitian Al-Enazy *et al.* (2018) menunjukkan bahwa peningkatan penyerapan N oleh tanaman yang diinokulasi PGPR dapat dikaitkan dengan ketersediaan N tanah yang lebih tinggi karena fiksasi N sehingga dapat mendorong pertumbuhan tanaman akibat meningkatnya penyerapan nutrisi dari tanah. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan serapan N tanaman seiring dengan meningkatnya N-total tanah. Ketika N-total di dalam tanah tinggi, maka memberikan peluang bagi tanaman untuk menyerap N lebih banyak sehingga serapan N tanaman juga cenderung tinggi. Penambahan pupuk hayati yang mengandung bakteri penambat nitrogen dapat meningkatkan serapan N tanaman, karena bakteri penambat N memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen di atmosfer dan mengubah N tanah yang tidak tersedia menjadi bentuk tersedia untuk diserap oleh tanaman (Shilev, 2020).

Briket amelioran juga memberikan dampak positif terhadap serapan N tanaman sehingga perlakuan kombinasi pupuk hayati dengan briket amelioran ini dapat meningkatkan serapan N tanaman. Penambahan amelioran dengan bahan organik maupun anorganik dapat memperbaiki sifat fisik atau kimia tanah salin sehingga mendukung penyerapan nutrisi oleh tanaman (Aini *et al.*, 2021). Sejalan dengan hasil penelitian Stamford *et al.* (2003), kombinasi inokulan PGPR dengan amelioran seperti gypsum dapat mengefektifkan serapan N tanaman pada tanah salin. Menurut Buttar *et al.* (2017), bahan organik dalam briket amelioran juga dapat menurunkan efek negatif dari tanah salin melalui penyerapan Na berlebih oleh koloid bahan organik. Selain itu, gypsum yang merupakan bahan anorganik dalam briket amelioran yang diaplikasikan dapat bermanfaat dalam menurunkan cekaman salinitas karena memiliki kandungan Ca^+ dan SO_4^- yang mampu melarutkan Na^+ berlebih sehingga air dan unsur hara dapat mudah diserap oleh tanaman (Pradewa dkk., 2012).

Berdasarkan Tabel 3, perlakuan pupuk hayati, briket amelioran, dan kombinasinya pada tanah salin 8 dS m^{-1} tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pupuk hayati pada

salinitas yang sama, walaupun ketiga perlakuan tersebut menunjukkan peningkatan sebesar 14,68%, 58,19% dan 64,40% dibandingkan perlakuan tanpa pupuk hayati pada tanah dengan salinitas yang sama. Seiring dengan peningkatan kadar salinitas, nilai serapan N semakin menurun. Penurunan serapan N ini kemungkinan terjadi akibat antagonisme NO_3^- dan Cl^- pada tanah salin, karena pada lingkungan salin, Cl^- diketahui bersaing dengan NO_3^- selama penyerapan ke bagian tanaman sehingga dapat menurunkan serapan N pada tanaman (Abdelgadir *et al.*, 2005). Selain antagonisme ion, salinitas juga dapat mengganggu serapan N karena menurunnya penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman akibat cekaman osmotik. Zakery-Asl *et al.* (2014) melaporkan bahwa efek cekaman osmotik akibat garam yang berlebih dalam larutan tanah dapat menurunkan penyerapan air dan unsur hara termasuk unsur N, sehingga menyebabkan penurunan yang nyata pada serapan N oleh tanaman.

Bobot Kering Tanaman

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, pemberian pupuk hayati dan briket amelioran berpengaruh nyata dalam meningkatkan bobot kering tanaman. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah non salin maupun tanah salin 4 dan 8 dS m^{-1} menghasilkan bobot kering tertinggi pada tiap tingkat salinitasnya, meskipun terjadi penurunan nilai bobot kering seiring dengan peningkatan salinitas tanah (Tabel 4). Perlakuan kombinasi pupuk hayati dan briket amelioran pada tanah non salin menghasilkan bobot kering tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Perlakuan pupuk hayati, briket amelioran dan kombinasinya pada tanah salin 4 dS m^{-1} menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata (Tabel 4). Perlakuan kombinasi pupuk hayati dengan briket amelioran pada tanah salin 4 dS m^{-1} menghasilkan bobot kering yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk hayati atau briket amelioran pada tanah dengan salinitas yang sama dengan peningkatan sebesar 42,10%. Meskipun perlakuan pupuk hayati dan briket amelioran yang diaplikasikan secara tunggal pada salinitas 4 dS m^{-1} dapat memberikan peningkatan bobot kering tanaman sebesar 10,52% dan 18,42%, tetapi kedua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pupuk hayati pada tanah dengan salinitas yang sama. Perlakuan kombinasi pada tanah salin 4 dS m^{-1} juga tidak berbeda nyata dengan kontrol. Artinya, pemberian perlakuan tersebut dapat menekan dampak cekaman salinitas terhadap bobot kering tanaman.

Tabel 4. Pengaruh Pupuk Hayati dan Briket Amelioran terhadap Bobot Kering Tanaman

Perlakuan	Bobot Kering Tanaman (g)	Peningkatan (%)
A = Tanpa pupuk hayati + tanah non salin	0,62 de	-
B = Pupuk hayati + tanah non salin	0,72 ef	16,12
C = Briket Amelioran + tanah non salin	0,78 f	25,80
D = Pupuk hayati + briket amelioran + tanah non salin	0,97 g	56,45
E = Tanpa pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,38 ab	-
F = Pupuk hayati + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,42 abc	10,52
G = Briket amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,45 bc	18,42
H = Pupuk hayati + Briket Amelioran + salinitas 4 dS.m ⁻¹	0,54 cd	42,10
I = Tanpa pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,26 a	-
J = Pupuk hayati + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,27 a	3,84
K = Briket amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,31 ab	19,23
L = Pupuk hayati + briket amelioran + salinitas 8 dS.m ⁻¹	0,34 ab	30,76

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Peningkatan bobot kering pada perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah salin diduga karena PGPR dan bakteri endofitik dalam pupuk hayati yang diaplikasikan dapat menghasilkan berbagai fitohormon yang dapat memacu pertumbuhan tanaman meskipun pada kondisi salin. Yao *et al.* (2010) juga menyatakan bahwa bakteri PGPR dan penambat N dapat mengurangi cekaman salinitas dan berkontribusi terhadap ketersediaan unsur hara yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman.

Beberapa rizobakteri halotoleran, termasuk *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. dapat menghasilkan metabolit yang bermanfaat bagi tanaman seperti fitohormon dan antioksidan (Kapadia *et al.*, 2021). Fatma *et al.* (2014) menyatakan bahwa bakteri endofitik pada pupuk hayati yang diaplikasikan dapat meningkatkan laju fotosintesis pada tanaman yang terpapar cekaman salinitas sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman meskipun dalam kondisi salin. Selain itu, briket amelioran yang terdiri dari bahan organik maupun anorganik dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan memperbaiki kondisi tanah salin dan memberikan sumber nutrisi untuk tanaman.

Bobot kering tanaman sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman. Besarnya bobot kering tanaman padi yang dihasilkan akan tinggi apabila pertumbuhan tanamannya

baik, tetapi apabila pertumbuhannya terganggu maka bobot kering yang dihasilkan akan lebih kecil. Gardner *et al.* (2008) menyatakan bahwa bobot kering tanaman menggambarkan pertumbuhan dan penyerapan unsur hara oleh tanaman. Semakin besar nilai bobot kering maka pertumbuhan tanaman semakin baik dan penyerapan hara juga semakin banyak. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa ketika serapan N meningkat, terjadi peningkatan juga pada bobot kering tanaman.

Berdasarkan Tabel 4, perlakuan pupuk hayati, briket amelioran, dan kombinasinya pada tanah salin 8 dS m⁻¹ tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pupuk hayati pada salinitas yang sama. Akan tetapi, ketiga perlakuan tersebut menunjukkan peningkatan bobot kering tanaman masing-masing sebesar 3,84%, 19,23%, dan 30,76% jika dibandingkan dengan tanpa pupuk hayati pada salinitas 8 dS.m⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring meningkatnya salinitas maka terjadi penurunan bobot kering tanaman. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Pattanagul dan Thitisaksakul (2008), salinitas pada tanaman padi berdampak negatif terhadap bobot kering tanaman. Konsentrasi garam yang berlebih pada tanah salin dapat menyebabkan cekaman osmotik dan penutupan stomata sehingga menyebabkan penurunan terhadap bobot kering.

Cekaman osmotik akan mengurangi penyerapan air dan berujung pada lambatnya pertumbuhan tanaman. Selain itu, kandungan ion Na⁺ dan Cl⁻ yang tinggi pada tanah salin memberikan efek merugikan bagi tanaman. Ion Na⁺ akan mengganggu penyerapan ion K⁺ sehingga terjadi gangguan pada stomata dan menyebabkan kehilangan air, sedangkan ion Cl⁻ akan mengganggu produksi klorofil sehingga proses fotosintesis akan terganggu (Parihar *et al.*, 2015). Terganggunya proses fotosintesis ini menyebabkan suplai nutrisi bagi tanaman menjadi terhambat sehingga dapat menurunkan pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian pupuk hayati dan briket amelioran berpengaruh nyata dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N, N-total tanah, serapan N, dan bobot kering tanaman padi pada tanah salin. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran pada tanah salin 4 dS m⁻¹ lebih baik dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N, N-total tanah, serapan N, dan bobot kering tanaman padi dengan peningkatan sebesar 56,25%, 30,95%, 117,84% dan 42,10% dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk hayati maupun briket amelioran pada tingkat salinitas yang sama. Perlakuan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan briket amelioran

pada tanah salin 8 dS m⁻¹ lebih baik dalam meningkatkan populasi bakteri penambat N dan N-total tanah dengan peningkatan sebesar 72,05% dan 32,43% dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk hayati maupun briket amelioran pada tingkat salinitas yang sama.

Saran

Saran yang dapat diberikan setelah dilaksanakannya penelitian ini adalah perlu dilakukan pengujian pengaplikasian pupuk hayati dan briket amelioran pada tanaman padi yang ditanam di lahan salin. Disamping itu perlu pula dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai respon tanaman terhadap cekaman salinitas, seperti pengujian kandungan prolin pada tanaman yang tercekam salin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Padjadjaran yang mendanai penelitian ini melalui skema Academic Leadership Grant (ALG) Tahun Anggaran 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, R., Rasul, S., Aslam, K., Baber, M., Shahid, M., Mubeen, F., & Naqqash, T. (2019). Halotolerant PGPR: A hope for cultivation of saline soils. *Journal of King Saud University-Science*. 31(4), 1195-1201.
- Abdelgadir, E. M., Oka, M., dan Fujiyama, H. (2005). Characteristics of nitrate uptake by plants under salinity. *Journal of Plant Nutrition*. 28(1), 33-46.
- Aini, N., Dwi Yamika, W. S., Aini, L. Q., dan Kurniawan, A. P. (2021). Application of saline tolerant bacteria and soil ameliorants improved growth, yield and nutrient uptake of tomato in saline land. *Australian Journal of Crop Science*. 15(6), 827-834.
- Ajema, L. (2018). Effects of biochar application on beneficial soil organism. *Int. J. Res. Stud. Sci. Eng. Technol*. 5(5), 9-18.
- Al-Azmiya, N. U., Khumairah, F. H., Setiawati, M. R., dan Simarmata, T. (2021). Uji Viabilitas Isolat Bakteri Penambat Nitrogen Halotoleran pada Komposisi Bahan Pembawa yang Berbeda. *Jurnal Agroekoteknologi*. 13(1), 97-104.
- Al-Enazy, A. A., Al-Barakah, F., Al-Oud, S., & Usman, A. (2018). Effect of phosphogypsum application and bacteria co-inoculation on biochemical properties and nutrient availability to maize plants in a saline soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 64(10), 1394-1406.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2022). Produksi Padi Tahun 2021 Turun 0,43 persen (Angka Tetap). [online]. Tersedia di <https://www.bps.go.id/pressrelease/2022/03/01/1909/produksi-padi-tahun-2021-turun-0-43-persen--angka-tetap-.html>.

- Buttar, G. S., Thind, H. S., Sekhon, K. S., Kaur, A., Gill, R. S., Sidhu, B. S., & Aujla, M. S. (2017). Management of saline-sodic water in cotton-wheat cropping system. *J. Agr. Sci. Tech.* 19(1), 465-474.
- Byrt, C. S., Munns, R., Burton, R. A., Gilliam, M., & Wege, S. (2018). Root cell wall solutions for crop plants in saline soils. *Plant science.* 269(4), 47-55.
- Cahyadi, A., Adji, T. N., Marfai, M. A., Novidanaru, S., & Agniy, R. F. (2017). Analisis Dampak Intrusi Air Laut Terhadap Air tanah di Pulau Koral Pramuka, DKI Jakarta. *Geografi Indonesia.* 31(2), 61-66.
- Dobermann, A. & Fairhurst, T.H. (2000). Rice, Nutrient disorders dan nutrient management in rice. International Rice Research Institute dan Potash dan Phosphate Institute of Canada. 72–83p.
- Fatma, M., Asgher, M., Masood, A., & Khan, N. A. (2014). Excess sulfur supplementation improves photosynthesis and growth in mustard under salt stress through increased production of glutathione. *Environmental and Experimental Botany.* 8(107), 55-63.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, & R. L. Mitchell. (2008). *Fisiologi Tanaman Budidaya.* Jakarta: UI Press.
- Gomez, K.A. & A.A. Gomez. (2007). *Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian (Terjemahan).* Edisi Kedua. Jakarta: UI Press. 698p.
- Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., & Kleinheinz, G. (2020). Soluble salts in compost dan their effects on soil dan plants, A review. *Compost science and utilization.* 28(2), 59-75.
- Hassan, T. U., & Bano, A. (2015). Role of carrier-based biofertilizer in reclamation of saline soil and wheat growth. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 61(12), 1719-1731.
- Indriani, F. N., Hindersah, R., & Suryatmana, P. (2017). N-Total, Serapan N, dan Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Akibat Inokulasi Azotobacter dan Bahan Organik pada Tailing Tambang Emas Pulau Buru, Maluku. *Soilrens.* 15(2), 33-40.
- Kapadia, C., Sayyed, R. Z., El Enshasy, H. A., Vaidya, H., Sharma, D., Patel, N., & Zuan, A. T. K. (2021). Halotolerant microbial consortia for sustainable mitigation of salinity stress, growth promotion, and mineral uptake in tomato plants and soil nutrient enrichment. *Sustainability.* 13(15), 8369.
- Karolinoerita, V., & Yusuf, W. A. (2020). Salinisasi lahan dan permasalahannya di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan.* 14(2), 91-99.
- Khan, M. A., Asaf, S., Khan, A. L., Adhikari, A., Jan, R., Ali, S., & Lee, I. J. (2020). Plant growth promoting endophytic bacteria augment growth dan salinity tolerance in rice plants. *Plant Biology.* 22(5), 850-862.
- Khumairah, F. H., Setiawati, M. R., Fitriatin, B. N., Simarmata, T., Alfaraj, S., Ansari, M. J., & Najafi, S. (2022). Halotolerant Plant growth-promoting rhizobacteria isolated from saline soil improve nitrogen fixation and alleviate salt stress in rice plants. *Frontiers in Microbiology.* 13(905210), 1-14.

- Kusmiyati, F., Sumarsono, S., & Karno, K. (2014). Pengaruh perbaikan tanah salin terhadap karakter fisiologis *Calopogonium mucunoides*. Pastura, Jurnal Ilmu Tumbuhan Pakan Ternak. 4(1), 1–6.
- Kusrachdiyanti, N. M., Khumairah, F. H., Hindersah, R., & Simarmata, T. (2020). Penjarangan Dan Uji Hayati Isolat Rhizobakteri Penambat Nitrogen Pemacu Tumbuh Dari Ekosistem Tanah Salin. Jurnal Ilmiah Pertanian. 16(2), 116-125.
- Kusumarini, N., Nugroho, G. A., Adella, N. D., Indahsari, D. N., Syaadah, L. Z., Hasanah, U., & Kurniawan, S. (2021). Adaptation to climate change on rice cultivation in the marginal coastal land through optimizing soil ameliorant application. In IOP Conference Series, Earth dan Environmental Science. 8241(1), 1-9.
- Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A., & Tribedi, P. (2017). Biofertilizers, a potential approach for sustainable agriculture development. Environmental Science and Pollution Research. 21p.
- Mazid, M., & Khan, T. A. (2015). Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: an overview. International Journal of Agricultural and Food Research. 3(3), 10-23.
- Miliute, I., Buzaitė, O., Baniulis, D., & Stanys, V. (2015). Bacterial endophytes in agricultural crops and their role in stress tolerance: a review. Zemdirbyste-Agriculture. 102(4), 465-478.
- Mual, C. D., Wahyuni, W., & Widayati, O. (2024). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Padat Rumput Laut Coklat terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir) di Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat. *Jurnal Triton*, 15(1), 37-48.
- Nasrudin, N., Isnaeni, S., & Hamdah, H. (2021). Respon Pertumbuhan Vegetatif Padi (*Oryza sativa* L.) Tercekam Salinitas Menggunakan Dua Jenis Amelioran Organik dengan Umur Bibit Berbeda. Agroteknika. 4(2), 75-85.
- Negacz, K., Malek, Ž., de Vos, A., & Vellinga, P. (2022). Saline soils worldwide, Identifying the most promising areas for saline agriculture. Journal of arid environments. 203, 104775.
- Noori, F., Etesami, H., Zarini, H. N., Khoshkholgh-Sima, N. A., Salekdeh, G. H., & Alishahi, F. (2018). Mining alfalfa (*Medicago sativa* L.) nodules for salinity tolerant non-rhizobial bacteria to improve growth of alfalfa under salinity stress. Ecotoxicology and environmental safety. 162, 129-138.
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environmental science and pollution research. 22, 4056-4075.
- Pattanagul, W., & Thitisaksakul, M. (2008). Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. Indian Journal of Experimental Biology. 46, 736-742.
- Paul, D., & Lade, H. (2014). Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review. Agronomy for sustainable development. 34, 737-752.
- Pradewa, C. J., Sumarsono, S., & Kusmiyati, F. (2012). Karakteristik fisiologi rumput benggala (*Panicum maximum*) pada tanah salin yang diperbaiki. Animal Agriculture Journal. 1(2), 278-285.

- Rashid, M. I., Mujawar, L. H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I. M., & Oves, M. (2016). Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological research*. 10(183), 26-41.
- Rietz, D. N., & Haynes, R. J. (2003). Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*. 35(6), 845-854.
- Rustikawati, R., Simarmata, M., Turmudi, E., & Herison, C. (2014). Penentuan kadar garam kultur hara untuk seleksi toleransi salinitas pada padi lokal Bengkulu. *Akta Agrosia*. 17(2), 101-107.
- Saputra, I. (2016). Efek Dosis Pupuk Nitrogen dan Varietas terhadap Efisiensi Pemupukan, Serapan Hara N dan Pertumbuhan Padi Lokal Aceh Dataran. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*. 3(2), 61-71.
- Sen, S., & Chdanrasekhar, C. N. (2014). Effect of PGPR on growth promotion of rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress. *Asian J Plant Sci Res*. 4(5), 62-67.
- Seneviratne, M., Weerasundara, L., Ok, Y. S., Rinklebe, J., & Vithanage, M. (2017). Phytotoxicity attenuation in *Vigna radiata* under heavy metal stress at the presence of biochar and N fixing bacteria. *Journal of Environmental Management*. 10(186), 293-300.
- Setiawati, M. R., Arief, D. H., Suryatmana, P., & Hudaya, R. (2008). Aplikasi Bakteri Endofitik Penambat N₂ untuk Meningkatkan Populasi Bakteri Endofitik dan Hasil Tanaman Padi Sawah. *Agrikultura*. 19(3), 13-19.
- Setiawati, M. R., Al-Azmiya, N. U., Khumairah, F. H., & Simarmata, T. (2022). Halotolerant n-fixing bacteria isolates for increasing the biochemical activity, total bacteria population, N-uptake dan rice seedling growth. *KnE Life Sciences*. 21(1), 1-9.
- Shilev, S. (2020). Plant-growth-promoting bacteria mitigating soil salinity stress in plants. *Applied Sciences*. 10(7326), 1-20.
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity, A serious environmental issue dan plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*. 22(2), 123-131.
- Srinivasan, R., Yandigeri, M. S., Kashyap, S., & Alagawadi, A. R. (2012). Effect of salt on survival and P-solubilization potential of phosphate solubilizing microorganisms from salt affected soils. *Saudi journal of biological sciences*. 19(4), 427-434.
- Stamford, N. P., Freitas, A. D. S., Ferraz, D. S., Montenegro, A., & Santos, C. E. R. S. (2003). Nitrogen fixation and growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) and yam bean (*Pachyrhizus erosus*) in a sodic soil as affected by gypsum and sulphur inoculated with Thiobacillus and rhizobial inoculation. *Tropical Grasslands*. 37(1), 11-19.
- Wang, Q., Dodd, I. C., Belimov, A. A., & Jiang, F. (2016). Rhizosphere bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase increase growth and photosynthesis of pea plants under salt stress by limiting Na⁺ accumulation. *Functional Plant Biology*. 43(2), 161-172.
- Waskito, H., Purwanti, E. W., Sa'diyah, I., & Budianto, B. (2022). Pengaruh Interval Pemberian Konsorsium Bakteri Endofit dan Jenis Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis. *Jurnal Triton*, 13(1), 37-42.

- Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., & Li, C. (2010). Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. *European Journal of Soil Biology*. 46(1), 49-54.
- Zakery-Asl, M. A., Bolandnazar, S., & Oustan, S. (2014). Effect of salinity and nitrogen on growth, sodium, potassium accumulation, and osmotic adjustment of halophyte *Suaeda aegyptiaca* (Hasselq.) Zoh. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 60(6), 785-792.