

ISOLASI DAN UJI KEMAMPUAN BAKTERI PELARUT KALSIUM DARI TANAH SAWAH DENGAN SISTEM IRIGASI SUBAK

ISOLATION AND ABILITY TEST OF POTASSIUM SOLUBILIZING BACTERIA FROM PADDY SOIL WITH SUBAK IRRIGATION SYSTEM

Desak Ketut Tristiana Sukmadewi^{1*}, Ni Made Ayu Suardani Singapurwa² dan I Putu Candra²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia

²Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia

*Email:tristianasukmadewi@yahoo.com

* Corresponding Author, Diterima: 28 Nov. 2021, Direvisi: 14 Mei 2022, Disetujui: 8 Ags. 2022

ABSTRACT

Fulfilling optimal water requirements in paddy fields with the Subak irrigation system will affect the physical, chemical, and biological properties of the soil. One of the biological components of the soil that will be affected is the microbes population in the soil. Microbes in the soil have many important roles including potassium (K) solubilizing, thereby increasing the availability of K-soil. The purpose of this study was to isolate and test the ability of K solubilizing bacteria from paddy fields using Subak irrigation system. The isolated soil samples came from Subak Sembung and Subak Mambal. Samples were taken using a purposive sampling technique with composite results from each of 5 sampling points at a depth of 0-10 cm. Isolation of bacteria using the spread plate method and then performed Total Plate Count (TPC) for obtained number of total bacteria population. The isolated bacteria purified by the four-quadrant method were tested for their ability to K solubilizing in liquid Alexandrov media. The measurement of solubilizing K was carried out using atomic absorption spectroscopy. The population of K solubilizing bacteria showed higher yields at the sampling location in Subak Sembung (5.72×10^5 CFU/g) than Subak Mambal (4.23×10^5 CFU/g). Based on the results of the isolation and initial selection of K solubilizing bacteria, four isolates were found that we're able to K solubilizing higher and significantly different from the control based on the Duncan Multiple Range Test at a 5% significance level. The four isolates were AIP6, AIP10, AIJ1, and PKP4. The ability of each isolate to solubilizing K was AIP10 15.46 ppm, AIP6 12.40 ppm, PKP4 14.32 ppm, and AIJ1 12.58 ppm. The highest yield was shown by the AIP10 isolate from Subak Mambal which was able to K solubilizing 2 times more than control.

Keywords: Bacteria, biofertilizer, fertility, potassium, subak

ABSTRAK

Pemenuhan kebutuhan air yang optimal pada tanah sawah dengan sistem irigasi Subak akan mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Salah satu komponen biologi tanah yang akan dipengaruhi adalah populasi mikrob yang ada di dalam tanah. Mikrob dalam tanah yang memiliki banyak peranan penting diantaranya adalah melarutkan kalium (K), sehingga meningkatkan ketersediaan K-tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengisolasi dan menguji kemampuan bakteri pelarut K dari tanah sawah dengan sistem irigasi subak. Sampel tanah yang diisolasi berasal dari Subak Sembung dan Subak Mambal. Sampel diambil dengan teknik *purposive sampling* hasil komposit masing-masing dari 5 titik sampling pada kedalaman 0-10 cm. Isolasi bakteri menggunakan metode *spread plate* dan penghitungan jumlah mikrob dilakukan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Bakteri hasil isolasi yang telah dimurnikan dengan metode empat kuadran diuji kemampuannya dalam melarutkan K pada media Alexandrov cair. Pengukuran K terlarut dilakukan menggunakan *atomic absorption spectroscopy*. Populasi bakteri pelarut K menunjukkan hasil lebih tinggi pada lokasi sampling di Subak Sembung ($5,72 \times 10^5$ CFU/g) dibandingkan Subak Mambal ($4,23 \times 10^5$ CFU/g). Berdasarkan hasil isolasi dan seleksi awal bakteri pelarut K didapatkan empat isolat yang mampu melarutkan K lebih tinggi dan berbeda nyata dari kontrol berdasarkan uji *Duncan Multiple Range Test* pada taraf nyata 5%. Keempat isolat tersebut adalah AIP6, AIP10, AIJ1 dan PKP4. Kemampuan masing-masing isolat dalam melarutkan K adalah

AlP10 15,46 ppm, AlP6 12,40 ppm, PKP4 14,32 ppm, dan AlJ1 12,58 ppm. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh isolate AlP10 dari Subak Mambal yang mampu melarutkan kalium 2 kali lipat dibandingkan dengan kontrol.

Kata kunci: Bakteri pelarut kalium, *biofertilizer*, kesuburan tanah, subak.

1. PENDAHULUAN

Sistem irigasi Subak di Bali memiliki prinsip mengatur pembagian air secara proporsional, sehingga mampu memenuhi kebutuhan tanaman saat musim tanam. Keberadaan subak merupakan manifestasi dari filosofi Tri Hita Karana yang mengajarkan keselarasan manusia dan alamnya menjadi dasar bagi masyarakat Bali untuk menjaga lingkungannya (Geria *et al.*, 2019). Pemenuhan kebutuhan air yang optimal tentunya akan mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Salah satunya yang dipengaruhi adalah populasi mikrob yang ada di dalam tanah. Hal ini dikarenakan kadar air merupakan salah faktor penting bagi pertumbuhan mikrob.

Mikrob dalam tanah yang memiliki banyak peranan penting dikelompokkan ke dalam *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Kelompok mikrob ini dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan dapat berinteraksi dengan tanaman dengan cara mengkolonisasi akar tanaman (Hayat *et al.*, 2010). Penerapan PGPR dapat menguntungkan pertumbuhan tanaman. Efek langsung dari PGPR didasarkan pada kemampuannya untuk menyediakan dan penyerapan berbagai unsur hara di dalam tanah, serta mensintesis dan mengubah konsentrasi fitohormon. Efek tidak langsungnya adalah kemampuan PGPR untuk menekan aktivitas patogen dengan memproduksi berbagai senyawa atau metabolit, seperti antibiotik dan siderofor (Tuhuteru & Wibowo, 2017).

Penelitian terkait profil populasi mikrob pada tanah sawah dengan sistem irigasi masih sangat minim dilakukan. Pada Penelitian ini difokuskan pada kelompok PGPR bakteri pelarut kalium (K). Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2021 menunjukkan bahwa pupuk masuk ke dalam 10 besar komoditas yang diimpor. Hal ini mengindikasikan bahwa masih terjadinya kekurangan pemenuhan pupuk khususnya pupuk K dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri.

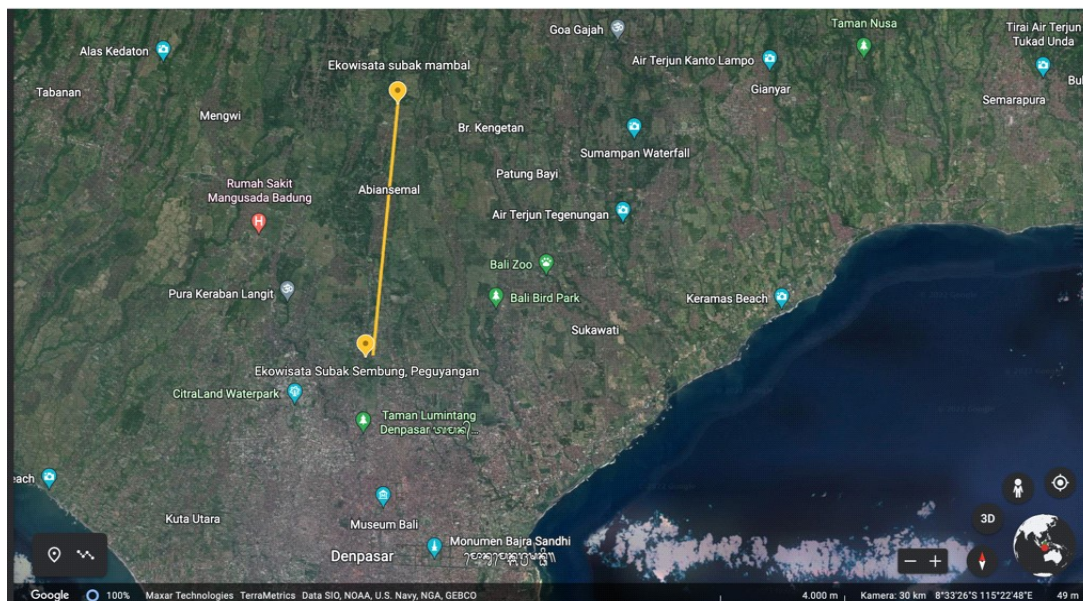
Indonesia memiliki deposit K yang tersebar di berbagai wilayah yang belum dimanfaatkan secara maksimal untuk memenuhi keperluan pupuk K. Beberapa mineral K yang tersebar di wilayah Indonesia adalah mika ($K_2Fe_2Al_2(SiO_4)_3$) dan K-

feldspar ($KAlSi_3O_8$) (Tisdale *et al.*, 1985). Akan tetapi sumber K tersebut merupakan sumber K yang sukar larut dalam air. Sumber K ini memerlukan proses pelapukan dengan waktu yang sangat lama untuk melepaskan unsur K dan menjadikannya tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu, pemanfaatan K-*feldspar* sebagai pupuk K membutuhkan metode tertentu yang dapat mempercepat proses pelepasan K menjadi tersedia. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan hara K di dalam tanah adalah dengan memanfaatkan mikrob pelarut K (Sattar *et al.*, 2019). Mikrob yang ada pada rizosfer berperan penting dalam siklus K di alam serta dalam proses pelarutan K (Diep & Hieu, 2013). Inokulasi mikrob pelarut K mampu meningkatkan kelarutan K yang sukar larut serta mampu meningkatkan hasil panen (Meena *et al.*, 2015). Terlepas dari kemampuannya dalam melarutkan K, mikrob pelarut K juga memiliki kemampuan dalam menghasilkan hormon pertumbuhan, siderophore dan memiliki kemampuan dalam melarutkan K. Tujuan dari penelitian ini adalah mengisolasi dan menguji kemampuan bakteri pelarut K dari tanah sawah dengan sistem irigasi subak.

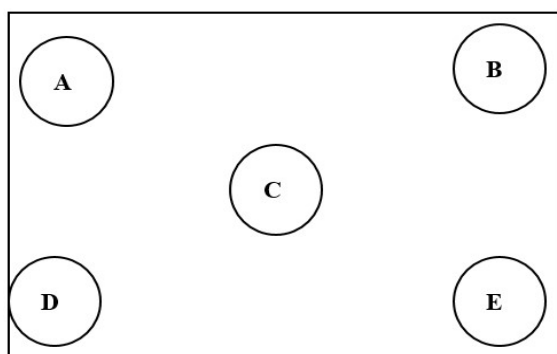
2. BAHAN DAN METODE

2.1 Sampling Tanah

Sampling tanah sawah dilakukan di Ekowisata Subak Sembung yang terletak di banjar Pekraman Pulugambang, Peguyangan, Denpasar Utara dan Ekowisata Subak Mambal yang terletak di Desa Mambal, Abiansemal, Badung. Koordinat Ekowisata Subak Mambal adalah 8°32'09"S 155°13'37"E. Koordinat Ekowisata Subak Sembung 8°49'30"S 115°30'22"E. Lokasi pengambilan sampel disajikan pada Gambar 1. Pengambilan sampel tanah dilakukan di daerah sekitar perakaran tanaman padi dan jagung pada fase pertumbuhan vegetative. Pengambilan sampel tanah menggunakan sekop tanah dengan cara menggali tanah sampai kedalaman 0 sampai 10 cm. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan sistem diagonal. Sampel tanah diambil dari lima titik sampling yang mewakili area pengambilan sampel seperti yang terlihat pada Gambar 2. Masing-



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 2. Ilustrasi Titik Pengambilan Sampel untuk Komposit

masing titik diambil 1 kg tanah. Sampel tanah yang telah diambil kemudian dicampur dan diaduk secara merata dalam satu tempat untuk dikomposisikan. Tanah diambil 100 g untuk isolasi mikrob dan 250 g untuk analisis kimia tanah. Sampel yang digunakan untuk analisis tanah dikeringanginkan dan diayak terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis. Analisis kimia tanah yang dilakukan adalah analisis pH tanah (pH H_2O dan KCl), K-dd (ekstraksi NH_4OAc 1 M pH 7.0) dan K potensial tanah (ekstraksi HCl 25 %).

2.2 Isolasi dan Penghitungan Populasi Bakteri Pelarut K

Isolasi bakteri pelarut K menggunakan media Alexandrov (Prajapati & Modi, 2012) dengan sumber K sukar larut, Feldspar Jawa Timur. Tahapan isolasi dimulai dengan memasukkan 10 g

tanah ke 90 ml larutan NaCl. Tanah yang sudah dimasukkan ke dalam larutan fisiologis kemudian dikocok menggunakan *shaker* selama 30 menit. Sampel tanah yang telah dikocok kemudian diencerkan menggunakan metode pengenceran (*dilution method*) dengan mensuspensikan 1 ml media dari larutan fisiologis (90 ml larutan fisiologis yang telah ditambahkan 10 g tanah) ke 9 ml larutan fisiologis sampai pengenceran 10^{-4} . Hasil pengenceran tersebut kemudian diinokulasikan ke dalam cawan yang petri sebanyak 1 ml. Media Alexandrov dituang dan disebar ke seluruh permukaan cawan Petri sampai tercampur merata dengan suspensi pengenceran. Media yang telah tercampur dengan suspensi pengenceran diinkubasi selama tiga hari. Perlakuan ini diulang sebanyak dua ulangan. Penghitungan jumlah koloni (*Total Plate Count*) atau populasi bakteri pelarut K dilakukan setelah inkubasi tiga hari. Koloni yang tumbuh dan membentuk zona bening pada media Alexandrov merupakan bakteri pelarut K (Prajapati *et al.*, 2013).

2.3 Uji Kemampuan Bakteri Pelarut K

Rancangan percobaan yang digunakan pada pengujian kemampuan bakteri pelarut K adalah rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Terdapat empat bakteri yang digunakan beserta kontrol (tanpa penambahan bakteri), sehingga total menjadi 15 satuan percobaan. Jumlah data yang diperoleh dianalisis menggunakan Anova atau uji

ragam dengan signifikansi 5%. Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* pada taraf 5%. Analisis data dilakukan dengan program SPSS 16. Pengujian kemampuan dalam melarutkan K dilakukan pada media Alexandrov cair dengan sumber K sukar larut feldspar. Sebanyak 25 ml media Alexandrov cair diinokulasi dengan suspensi bakteri diinkubasi selama 168 jam dalam kondisi dikocok menggunakan *shaker*. Sampel yang telah diinkubasi selama 168 jam kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 25 menit. Supernatan yang didapatkan kemudian diukur menggunakan *atomic absorption spectroscopy* untuk mengetahui kandungan K yang terlarut. Standar K_2O disiapkan sebelum melakukan pengukuran (Parmar & Sindhu, 2013).

2.4 Analisis Statistik

Data hasil pengukuran kemampuan bakteri pelarut K dianalisis menggunakan Anova atau uji ragam dengan signifikansi 5%. Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%. Data diolah menggunakan program SPSS 16.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Populasi Bakteri Pelarut K

Hasil pengukuran pH di kedua lokasi sampling menunjukkan kedua lokasi memiliki pH H_2O dengan kategori agak masam (Tabel 1). Populasi bakteri baik pelarut K (Tabel 1) menunjukkan hasil lebih tinggi pada lokasi sampling di Subak Sembung ($5,72 \times 10^5$ CFU g^{-1}) dibandingkan Subak Mambal ($4,23 \times 10^5$ CFU g^{-1}). Kedua lokasi memiliki jenis dan jumlah isolat yang sama yaitu sembilan. Berdasarkan hasil yang didapatkan menunjukkan

adanya hubungan semakin tinggi populasi mikroba pelarut K, semakin tinggi pula K-dd atau K yang dapat ditukarkan. Hasil ini terlihat pada lokasi Subak Sembung dengan nilai K-dd sebesar 131,07 cmol (+) kg^{-1} . Begitu pula yang terjadi sebaliknya pada Subak Mambal. Subak Mambal memiliki populasi mikroba pelarut K yang lebih rendah serta K-dd atau K yang dapat ditukarkan juga lebih rendah (110,91 cmol kg^{-1}). Berdasarkan hal tersebut dapat diduga bahwa bakteri memiliki peranan dalam meningkatkan ketersediaan hara K di dalam tanah. K-dd atau K yang dapat ditukarkan memiliki peranan penting dalam mempertahankan kadar K dalam larutan tanah (Leiwakabessy *et al.*, 2003). K yang dapat ditukarkan menjadi ukuran ketersediaan K dalam tanah. Aplikasi pemupukan K dapat diduga berdasarkan tingkat kadar K-dd tanah (Kirkman *et al.*, 1994). Kadar K-dd tanah yang semakin tinggi mengindikasikan semakin sedikit jumlah pupuk yang perlu ditambahkan dan begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan nilai status haranya (Eviati, 2002) kedua lokasi ini memiliki K-dd atau K yang dapat ditukarkan yang tergolong sangat tinggi. Hal ini diduga karena kedua tanaman di lokasi sampling sedang berada dalam fase vegetatif, sehingga diberikan pupuk yang cukup intensif. Pada fase ini kedua tanaman memerlukan unsur yang tinggi untuk kelangsungan pertumbuhannya.

Kandungan K_2O potensial pada kedua lokasi sampling berdasarkan status haranya juga menunjukkan nilai K_2O potensial yang tinggi. Subak Sembung memiliki K_2O sebesar 1,49 mg/100g dan Subak Mambal memiliki nilai K_2O sebesar 1,27 mg/100g. Nilai K_2O yang sangat tinggi ini menunjukkan potensi yang tinggi untuk diaplikasikannya pupuk hayati khususnya bakteri pelarut K pada kedua lokasi Subak ini. Hal ini dikarenakan kedua lokasi ini memiliki cadangan K potensial yang dapat dilarutkan oleh mikroba, sehingga nantinya

Tabel 1. Populasi Bakteri Pelarut K, K-dd dan K_2O Tanah Sawah dengan Sistem Irigasi Subak

Lokasi	Parameter					
	pH H_2O	pH KCl	Total Plate Count (TPC) pada media Alexandrov (CFU g^{-1})	Jumlah Jenis Isolat	K-dd (cmol (+) kg^{-1})	K_2O Potensial (mg/100g)
Subak Sembung (<i>Rhizosfer</i> jagung)	5,93	5,05	$5,72 \times 10^5$	9	131,07	1,9
Subak Mambal (<i>Rhizosfer</i> padi)	6,32	5,21	$4,23 \times 10^5$	9	110,91	1,27

Keterangan: CFU g^{-1} : Cell Forming Unit per gram, K-dd: Kalium yang dapat ditukarkan

penggunaan pupuk sintetis bisa dikurangi. Pemupukan akan menjadi lebih efisien, sehingga akan meningkatkan kesehatan tanah dan lingkungan pertanian (Bagyalakshmi *et al.*, 2017; Dong *et al.*, 2019).

Pelepasan K dari mineral dipengaruhi oleh pH, oksigen terlarut, strain mikrob yang digunakan kondisi aerobik dan sifat-sifat mineral tanah (Sheng *et al.*, 2008). Kondisi lingkungan dari tanah sawah dengan sistem irigasi subak yang memiliki sistem pembagian air secara proporsional diduga mendukung pertumbuhan bakteri pelarut K ini. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa beberapa spesies bakteri mampu meningkatkan kandungan K. Kandungan K dalam larutan yang diinokulasi dengan bakteri *Bacillus edaphicus* meningkat 84,8-127,9% dibandingkan kontrol (Sheng & He, 2006).

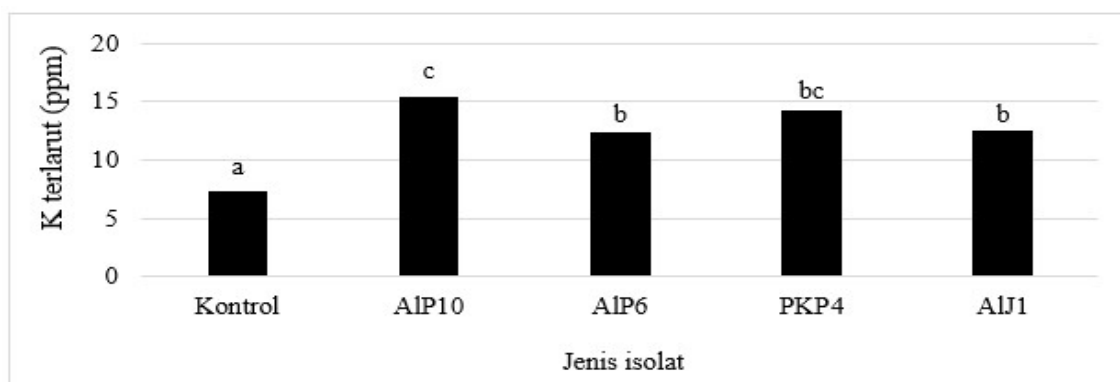
3.2 Kemampuan Bakteri Pelarut K dalam Melarutkan Sumber K Sukar Larut (Feldspar)

Gambar 3 menunjukkan Pengaruh isolat AIP10, AIP6, PKP4 (Isolat dari Subak Mambal) , AIJ1 (Isolat dari Subak Sembung) terhadap kadar kalium terlarut. Keempat isolate tersebut didapatkan berdasarkan hasil isolasi dan seleksi awal bakteri pelarut K Keempat isolat tersebut adalah AIP10, AIP6, PKP4 dan AIJ1. Isolat AIP10, AIP6, PKP4 merupakan isolat yang diisolasi dari Subak Mambal, sedangkan isolat AIJ1 merupakan isolat yang diisolasi dari Subak Sembung.

Hasil yang didapatkan menunjukkan keempat isolat tersebut mampu melarutkan K lebih tinggi

dan berbeda nyata dari kontrol berdasarkan uji *Duncan Multiple Range Test* pada taraf nyata 5%. Adapun kemampuan masing-masing isolat dalam melarutkan K adalah sebagai berikut AIP10 15,46 ppm, AIP6 12,40 ppm, PKP4 14,32 ppm, dan AIJ1 12,58 ppm. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh isolate AIP10 yang mampu melarutkan kalium 2 kali lipat dibandingkan dengan kontrol. Hasil terendah ditunjukkan oleh isolat AIP6. Isolat yang mampu melarutkan K tertinggi merupakan isolat yang didapatkan dari Subak Mambal. Hal ini diduga karena Subak Mambal memiliki K-dd dan jumlah populasi bakteri pelarut K yang lebih rendah, sehingga memicu mikrob untuk meningkatkan ketersediaan K. Kondisi lingkungan yang kekurangan K akan mendukung bakteri pelarut K yang ada untuk bekerja lebih maksimal dalam meningkatkan ketersediaannya, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Proses pelarutan *feldspar* oleh mikrob disebabkan oleh produksi asam organik seperti asam oksalat, asam sitrat, asam malat, asam asetat, asam laktat (Sheng & He, 2006). Berdasarkan penelitian Setiawati & Mutmainnah (2016) juga menunjukkan bahwa isolat yang digunakan dalam penelitian tersebut menghasilkan asam sitrat dan asam malat. Asam organik yang dihasilkan oleh bakteri merupakan salah satu mekanisme utama yang dapat meningkatkan secara langsung ketersediaan atau pelepasan K baik oleh proton atau ligan-mediated mechanism atau secara tidak langsung dilepaskannya K terjadi karena pembentukan kompleks dalam larutan. Basak dan Biswas (2010) melaporkan bahwa Mikrob pelarut



Keterangan: Grafik batang yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Gambar 3. Pengaruh Isolat AIP10, AIP6, PKP4 (Isolat dari Subak Mambal) , AIJ1 (Isolat dari Subak Sembung) terhadap Kadar Kalium Terlarut

K memiliki kemampuan melarutkan K yang tidak tersedia karena terikat oleh silikat (Si) menjadi bentuk yang tersedia dan dapat diserap tanaman.

Aktivitas mikrob pelarut K memainkan peran dalam pelepasan Si dan K dari *feldspar* (Styriakova *et al.*, 2003). Pelapukan mineral pembawa K tersebut dilakukan oleh mikrob dengan memproduksi asam-asam organik seperti asam oksalat, asam sitrat (Liu *et al.*, 2006), asam tartarat (Sheng & He, 2006), asam format dan asam malat (Shanware *et al.*, 2014). Asam-asam organik tersebut mempercepat proses pelapukan mineral pembawa K, menyebabkan K terlepas dan menjadi bentuk yang tersedia (Archana, 2007). K *feldspar* (KAlSi_3O_8) bereaksi dengan asam organik menyebabkan reaksi pertukaran ion antara ion H^+ dan ion K^+ sehingga melepas ion K^+ yang terikat dengan silikat. Reaksi antara K *feldspar* sebagai mineral primer dengan asam organik juga membentuk mineral sekunder (Fu *et al.*, 2009).

Berbagai macam bakteri rizosfer dilaporkan berperan sebagai pelarut K termasuk *Bacillus mucilaginosus*, *Bacillus edaphicus*, *Bacillus circulans* (Lin *et al.*, 2002), *Burkholderia*, *Acidithiobacillus ferrooxidans* (Sheng & He, 2006), *Arthrobacter* spp., *Enterobacter hormaechei* (Prajapati *et al.*, 2013), *Paenibacillus mucilaginosus* (Liu *et al.*, 2012), *P. frequentans*, *Cladosporium*, *Aminobacter*, *Sphingomonas*, *Burkholderia* dan *Paenibacillus glucanolyticus*. Strain mikrob ini memiliki kemampuan untuk melarutkan K dari *K-bearing mineral*, tetapi hanya sedikit bakteri, seperti *Bacillus edaphicus* dan *Bacillus mucilaginosus* yang memiliki kapasitas tinggi untuk memobilisasi dan melarutkan K dari mineral. Penelitian Khanghahi *et al.* (2017) menunjukkan bahwa bakteri pelarut kalium *Pantoea agglomerans*, *Rahnella aquatilis* dan *Pseudomonas orientalis* yang diisolasi dari tanah sawah di Provinsi Mazandaran di Iran utara dapat mengefisienkan penggunaan pupuk K. Bakteri pelarut K ini dapat digunakan sebagai pupuk hayati untuk meningkatkan ketersediaan kalium dalam tanah dan meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi. Penelitian Sun *et al.* (2020) juga menunjukkan bahwa pada percobaan kultur pot, biomassa tanaman lebih tinggi pada perlakuan yang mendapatkan penambahan bakteri pelarut K. Kandungan K tersedia lebih tinggi pada perlakuan dengan penambahan bakteri pelarut K dibandingkan dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bakteri pelarut kalium ini dapat meningkatkan ketersediaan dan penyerapan hara K.

4. KESIMPULAN

Populasi bakteri baik pelarut K lebih tinggi pada lokasi sampling di Subak Sembung $5,72 \times 10^5$ dibandingkan Subak Mambal ($4,23 \times 10^5$). Isolasi awal bakteri pelarut K didapatkan empat isolat yang mampu melarutkan K lebih tinggi dan berbeda nyata dari kontrol. Keempat isolat tersebut adalah AIP6, AIP10, AIJ1 dan PKP4. Kemampuan masing-masing isolat dalam melarutkan K adalah AIP10 15,46 ppm, AIP6 12,40 ppm, PKP4 14,32 ppm, dan AIJ1 12,58 ppm. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh isolat AIP10 yang mampu melarutkan kalium 2 kali lipat dibandingkan dengan kontrol.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Kesejahteraan Koperasi Provinsi Bali melalui *Warmadewa Research Centre* yang telah mendanai penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Archana, D. S. 2007. Studies on Potassium Solubilizing Bacteria. *Thesis*. University of Agricultural Sciences. Dharwad, India. Hal 10–16.
- Bagyalakshmi, B., P. Ponmurugan & A. Balamurugan. 2017. Potassium Solubilization, Plant Growth Promoting Substances by Potassium Solubilizing Bacteria (KSB) from Southern Indian Tea Plantation Soil. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 12: 116–124.
- Basak, B. B. & D. R. Biswas. 2010. Co-inoculation of Potassium Solubilizing and Nitrogen Fixing Bacteria on Solubilization of Waste Mica and Their Effect on Growth Promotion and Nutrient Acquisition by A Forage Crop. *Biol. Fertil. Soils.* 46 (6): 641–648.
- Diep, C. N. & T. N. Hieu. 2013. Phosphate and Potassium Solubilizing Bacteria from Weathered Materials of Denatured Rock Mountain, Ha Tien, Kien Giang province, Vietnam. *Am. J. Life Sci.* 1 (3): 88–92.
- Dong, X., L. Lv, W. Wang, Y. Liu, C. Yin, Q. Xu, H. Yan, J. Fu & X. Liu. 2019. Differences in Distribution of Potassium-solubilizing Bacteria In Forest and Plantation Soils in Myanmar. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 16 (5): 1–14.
- Eviati, S. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.

- Fu, Q., P. Lu, H. Konishi, R. Dilmore, H. Xu, W. E. Seyfried & C. Zhu. 2009. Coupled Alkali-Feldspar Dissolution and Secondary Mineral Precipitation in Batch Systems: New experiments at 200 °C and 300 Bars. *Chem. Geol.* 258 (3–4): 125–135.
- Geria, I. M., Sumardjo, S. H. Sutjahjo, Widiatmaka & R. Kurniawan. 2019. Subak sebagai Benteng Konservasi Peradaban Bali. *Jurnal Penelitian dan Perkembangan Arkeologi.* 37 (1): 39–54.
- Hayat, R., S. Ali, U. Amara, R. Khalid & I. Ahmed. 2010. Soil Beneficial Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion: A Review. *Ann. Microbiol.* 60 (4): 579–598.
- Khanghahi, M. Y., H. Pirdhasti, H. Rahimian, G. B. Nematzadeh & M. G. Sepanlou. 2017. Potassium Solubilising Bacteria (KSB) Isolated From Rice Paddy Soil: From Isolation, Identification to K Use Efficiency. *Symbiosis.* 76: 13–23.
- Kirkman, J. H., A. Basker, A. Surapaneni & A. N. Mac Gregor. 1994. Potassium in The Soils of New Zealand—A Review. *New Zealand J. Agric. Res.* 37 (2): 207–227.
- Leiwakabessy, F. M., U. M. Wahjudin, & Suwarno. 2003. Kesuburan Tanah. *Diktat Kuliah.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lin, Q. M., Z. H. Rao, Y. X. Sun, J. Yao, & L. J. Xing. 2002. Identification and Practical Application of Silicate-dissolving Bacteria. *Agric. Sci. China.* 1: 81–85.
- Liu, W., X. Xu, X. Wu, Q. Yang, Y. Luo & P. Christie. 2006. Decomposition of Silicate Minerals by *Bacillus mucilaginosus* in Liquid Culture. *Environ Geochem Health.* 28(1–2):133–140.
- Meena, V. S., B. R. Maurya & I. Bahadur. 2015. Potassium Solubilization by Bacterial Strain in Waste Mica. *Bangladesh J. Bot.* 43: 235–237.
- Parmar, P. & S. S. Sindhu. 2013. Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria: Influence of Nutritional and Environmental Conditions. *Int J Microbiol Res.* 3 (1): 25–31.
- Prajapati, K. B. & H. A. Modi. 2012. Isolation and Characterization of Potassium Solubilizing Bacteria From Ceramic Industry Soil. *CIBTech J Microbiol.* 1 (2-3): 8–14.
- Parmar P. & S. S. Sindhu. 2013. Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria: Influence of Nutritional and Environmental Conditions. *J of Microb Reserach.* 3 (1): 25–31.
- Prajapati K., M. C. Sharma & H. A. Modi. 2013. Growth Promoting Effect of Potassium Solubilizing Microorganisms on Okra (*Abelmoscus esculantus*). *Intern J Agric Sci Res.* 3 (1): 181–188.
- Sattar, A., M. Naveed, M. Ali, Z. A. Zahir, S. M. Nadeem, M. Yaseen, V. S. Meena, M. Farooq, R. Singh, M. Rahman & H. N. Meena. 2019. Perspectives of Potassium Solubilizing Microbes in Sustainable Food Production System: A Review. *Appl. Soil Ecol.* 133: 46–59.
- Setiawati, T. C. & L. Mutmainnah. 2016. Solubilization of Potassium Containing Mineral by Microorganisms From Sugarcane Rhizosphere. *Agric. Sci. Procedia.* 9: 108–117.
- Shanware, A. S., S. A. Kalkar & M. M. Trivedi. 2014. Potassium Solublisers: Occurrence, Mechanism and Their Role as Competent Biofertilizers. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 3 (9): 622–629.
- Sheng, X. F. & L. Y. He. 2006. Solubilization of Potassium-Bearing Minerals by a Wild-Type Strain of *Bacillus Edaphicus* and Its Mutants and Increased Potassium Uptake by Wheat. *Canadian Journal of Microbiology.* 52 (1): 66–72.
- Sheng, X. F., F. Zhao, L. Y. He, G. Qiu & L. Chen. 2008. Isolation and Characterization of Mineral-Solubilizing *Bacillus Globisporus* Q12 from the Surfaces of Weathered Feldspar. *Can. J. Microbiol.* 54 (12): 1064–1068.
- Styriakova, I., I. Styriak, I. Galko, D. Hradil & P. Bezdiccka. 2003. The Release of Iron Bearing Minerals and Dissolution of *Feldspar* by Heterotrophic Bacteria of *Bacillus species*. *Cer Silic.* 47: 20–26.
- Sun, F., Q. Ou, N. Wang, Z. X. Guo, Y. Ou & N. Li. 2020. Isolation and Identification of Potassium-Solubilizing Bacteria from *Mikania micrantha* Rhizospheric Soil and Their Effect pn *M. Micrantha* Plants. *GECCO.* 23: 1–9.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson, & J. D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company, New York. 754 p.
- Tuhuteru, S., E. Sulistyaningsih & A. Wibowo. 2017. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Yield of Shallot in Sandy Coastal Land. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science).* 1 (3): 105–110.