

Serapan Nitrogen pada Kedelai Varietas Mutiara 3 Akibat Pemberian Rhizobium dan Mikroba Pelarut Fosfat

Nitrogen Uptake by Mutiara 3 Soybean Variety as a Result of Application of Rhizobium and Phosphate Solubilizer Microbes

Taufiq Bachtiar^{1*}, Iswandi Anas¹, Atang Sutandi¹, Ishak²

¹ Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan - Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Dramaga Babakan, Bogor 16680, Indonesia

² Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi - Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440, Indonesia

* e-mail : taufiqarkanbara@gmail.com

ABSTRAK

Varietas Mutiara 3 merupakan salah satu varietas unggul kedelai yang dihasilkan melalui teknik mutasi radiasi. Pengembangan varietas kedelai unggul nasional harus didukung oleh teknologi pemupukan seperti pemanfaatan teknologi pupuk hayati. Penggunaan pupuk hayati rhizobium perlu memperhitungkan aspek kesesuaian antara bakteri Rhizobium yang diaplikasikan dengan varietas tanaman kedelai. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kombinasi rhizobium dan mikroba pelarut fosfat terhadap tanaman kedelai varietas Mutiara 3. Seleksi isolat rhizobium dilakukan dengan melihat pola dan kecepatan tumbuh dalam media manitol ekstrak khamir, dan menguji secara *in vivo* pada tanaman kedelai. Pengujian mikroba pelarut fosfat dilakukan dengan mengukur kelarutan P pada media cair *Pikovskaya* dengan metode fosfat biru molibdate. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari empat jenis isolat, bakteri Rhizobium isolat R1 sesuai untuk kedelai varietas Mutiara 3, dan secara signifikan meningkatkan bobot kering tanaman sebesar 19.75% dan serapan N sebesar 25.88% dari kontrol. Mikroba pelarut fosfat FPF4 mampu meningkatkan kelarutan P paling tinggi dalam media cair *Pikovskaya* sebesar 51.13 kali dari kontrol. Kombinasi Rhizobium dan mikroba pelarut fosfat mampu mengurangi kebutuhan pupuk kimia sebesar 50%. Selain itu kombinasi rhizobium isolat R1 dan mikroba pelarut fosfat isolat FPF4 mampu meningkatkan bobot kering tanaman kedelai sebesar 41.67% dan serapan N sebesar 196.47% dari kontrol.

Kata kunci: Mikroba, fosfat, rhizobium, pupuk hayati, kedelai, Mutiara 3

ABSTRACT

The Mutiara 3 is a black soybean variety developed through radiation mutation techniques. Development of superior soybean varieties in Indonesia must be supported by development of fertilization technology, such as the use of biofertilizer. This study proposes the use of rhizobium and phosphate solubilizing microbes as biofertilizer, in which the suitability of soybean variety in the biofertilizer system would be explored. This research was conducted to determine the effect of rhizobium and phosphate solubilizing microbes on Mutiara 3 soybean variety. Rhizobium isolates selection was performed by measuring the microbes growth in the Yeast Extract Mannitol medium. Rhizobium was then tested on soybean plants. Phosphate solubilizing microbes was selected by measuring P solubility on *Pikovskaya* liquid medium using phosphate molybdate blue method. The results showed that rhizobium isolate R1 was suitable for Mutiara 3 variety soybean, and significantly increased the dry weight of the plant by 19.75% and N uptake by 25.88% from the control. Rhizobium isolate R1 and phosphate solubilizing microbe isolate FPF4 can reduce chemical fertilizers by 50%. In addition, the combination of rhizobium isolate R1 and phosphate solubilizing microbe isolate FPF4 was able to increase the dry weight of soybean plant by 41.67% and N uptake by 196.47% from the control.

Keywords: Microbes, phosphate, rhizobium, biofertilizer, soybean, Mutiara 3

PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat terhadap kedelai terus meningkat setiap tahunnya tanpa bisa diimbangi dengan produksi dalam negeri. Menurut Sudaryantodkk. [1] kebijaksanaan strategis untuk meningkatkan daya saing kedelai nasional adalah pemilihan wilayah pengembangan yang sesuai, peningkatan produktivitas melalui penciptaan varietas dengan adaptasi dan potensi hasil yang lebih tinggi serta perbaikan manajemen usahatani, kebijaksanaan tarif impor yang memadai untuk mendorong adopsi teknologi dan peningkatan produksi. Saat ini BATAN merupakan salah satu institusi dalam negeri yang memiliki tugas dan fungsi dalam mengembangkan varietas-varietas unggul nasional melalui teknik mutasi radiasi. Sudah lebih dari 16 varietas unggul kedelai yang dihasilkan. Varietas-varietas kedelai unggul yang dirakit merupakan varietas-varietas dengan spesifikasi tertentu misalnya memiliki produktivitas yang tinggi, tahan hama, maupun genjah. Salah satu varietas kedelai unggul nasional yang telah dihasilkan adalah kedelai hitam varietas Mutiara 3. Kedelai ini memiliki karakteristik umur panen 84 hari dengan potensi hasil 3,2 t/ha. Kelebihan dari kedelai varietas Mutiara 3 adalah polong tidak mudah pecah, agak tahan karat daun, dan agak tahan hama penghisap polong ulat grayak [2]. Pengembangan varietas kedelai ini perlu didukung oleh teknologi manajemen air, pemupukan, dan pola tanam yang baik sehingga mampu meningkatkan hasil produksi tanaman.

Kedelai merupakan salah satu tanaman yang mampu bersimbiosis dengan bakteri tanah *Rhizobium* yang dapat mengikat nitrogen bebas dari udara. Penggunaan bakteri *rhizobium* pada tanaman kedelai mampu mengurangi kebutuhan nitrogen dalam bentuk pupuk urea dan mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai [3]. Akar tanaman kedelai dapat mengeluarkan eksudat akar spesifik yang dapat digunakan untuk pertumbuhan bakteri *Rhizobium* yang menginfeksi akar dan membentuk nodul. Simbiosis yang terjadi antara *rhizobium* dan tanaman kedelai dalam mengikat nitrogen merupakan proses yang kompleks, yang melibatkan banyak pertukaran sinyal yang terkoordinasi antara tanaman inang dan *rhizobium* [4]. *Rhizobium* dengan kemampuan mengikat Nitrogen bebas yang tinggi belum tentu sesuai untuk suatu jenis varietas kedelai. Oleh karena itu,

penggunaan *rhizobium* perlu memperhitungkan aspek kesesuaian antara bakteri *rhizobium* yang diaplikasikan dengan varietas tanaman kedelai. Selain perlu kesesuaian, keberhasilan inokulasi *rhizobium* pada tanaman kedelai juga ditentukan oleh jumlah sel *rhizobium* yang ditambahkan. Semakin banyak sel *rhizobium* yang ditambahkan ke dalam tanah maka diharapkan semakin besar kesempatan sel *rhizobium* menginfeksi akar tanaman kedelai.

Unsur hara P juga sangat penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai. Namun unsur hara P pada tanah-tanah tropis umumnya memiliki tingkat ketersediaan yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan P dapat terikat dengan unsur hara lain dalam tanah seperti Al, Fe, Mg, dan Ca sehingga menjadi dalam bentuk tidak tersedia. Kelarutan unsur fosfat dalam tanah dapat meningkat karena aktivitas biologis misalnya dengan adanya mikroba pelarut fosfat. Hal ini karena mikroba pelarut fosfat dapat membantu dalam meningkatkan ketersediaan P dalam tanah [5]. Mikroba pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah melalui mekanisme pelepasan asam-asam organik hasil metabolisme sel. Selain itu, mikroba pelarut fosfat juga mampu mensekresikan hormon pertumbuhan tanaman yang memacu pertumbuhan akar sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan hara P [6]. Penggunaan pupuk hayati *rhizobium* dan mikroba pelarut fosfat secara bersama-sama diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Mutiara 3. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh isolat *rhizobium* dan mikroba pelarut fosfat pada pertumbuhan tanaman kedelai khususnya varietas Mutiara 3.

BAHAN DAN METODE

Persiapan isolat *rhizobium*

Rhizobium yang diuji merupakan koleksi dari Laboratorium Bioteknologi Tanah dan Lingkungan IPB dan laboratorium Pemupukan dan Nutrisi Tanaman PAIR BATAN. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi R1= Isolat R35, R2= Isolat R78; R3= Isolat R110; R4= Isolat 136. Isolat bakteri *rhizobium* hasil peremajaan berumur 24 jam diinokulasikan 3 ose ke dalam 30 mL medium YEM dan diinkubasi mL pada suhu ruang dengan agitasi 100 rpm selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai absorbansi ($\lambda_{660\text{nm}}$) dengan spektrofotometer UV-

VIS Cary Series Agilent Technology. Sebanyak 10% v/v diinokulasikan ke dalam 100 ml larutan YEM untuk pembuatan kurva tumbuh. Pencuplikan dilakukan pada jam ke-0, 0,5, 1, 2, 4, 6, 24, 48, 72, 96, 120 untuk mengukur absorbansinya. Isolat-isolat rhizobium kemudian diamati kecepatan tumbuhnya.

Seleksi rhizobium secara *in vivo*

Isolat-isolat rhizobium yang sudah diketahui pola pertumbuhannya diuji secara *in vivo* pada tanaman kedelai varietas Mutiara 3 dalam pot. Media tanah yang digunakan merupakan tanah Latosol Pasar Jumat dengan jumlah 1 kg BKM/pot. Perlakuan yang diberikan meliputi: kontrol = tanpa N dengan tanah yang disterilkan (autoklaf); kontrol = tanpa N dengan tanah tanpa disterilkan; R1= Isolat R35, R2= Isolat R78; R3= Isolat 110; R4= Isolat 136, 50% N; 75% N; dan 100% N. Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali ulangan digunakan dalam percobaan ini. Pupuk N yang digunakan adalah pupuk urea (46,72 % N) sebanyak 10 ppm (untuk dosis 100% N) per pot yang disesuaikan dengan perlakuan. Untuk pupuk P diberikan 50 ppm SP-36 (33,59% P₂O₅) dan 37,5 ppm KCl (55,06% K₂O).

Rhizobium diberikan pada tanaman kedelai varietas Mutiara 3 pada saat tanam sebanyak 5 ml dengan kerapatan sel masing-masing strain berjumlah 10⁹ spk/mL. Penyiraman tanaman dilakukan setiap hari sesuai kapasitas lapang (34,93%) sehingga total berat pot dan tanah setelah disiram menjadi 1.35 kg/pot. Parameter yang diamati dalam percobaan ini adalah tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai/pot), jumlah bintil (buah/pot), berat kering tanaman (g/pot), serapan N tanaman (mg N/ pot).

Analisis serapan N tanaman kedelai

Kedelai yang sudah dipanen (35 HST) dikeringkan lalu bagian tajuk tanaman dihaluskan hingga menjadi serbuk. Sampel ditimbang sebanyak 0,5 g lalu ditambahkan dengan *selenium mixture* sebanyak 0,5 g dan H₂SO₄ sebanyak 5 ml. Kemudian didestruksi selama 30 menit dan didinginkan semalam. Setelah destruksi sampel ditambah 50 mL aquadest, sampel dipindahkan ke labu destilasi dengan ditambahkan NaOH 40% 10 mL untuk didestilasi selama 15 menit. NH₃ yang dibebaskan ditampung dalam erlenmeyer berisi HCl 0,1 N 10 ml yang telah diberi pewarna Conway (merah). Destilat kemudian dititrisi

dengan NaOH 0,1 N hingga muncul warna jernih. Hasil kadar nitrogen (%) ditetapkan dengan metode *Kjedhal* [7] untuk masing-masing perlakuan pada brangkas dan biji. Perhitungan serapan nitrogen merupakan hasil berat kering sampel dengan kadar Nitrogen yang dinyatakan dalam satuan (gN/pot).

Pengujian mikroba pelarut fosfat

Mikroba pelarut fosfat (MPF) yang digunakan percobaan ini terdiri dari 3 isolat dengan kode BPF9 (koleksi PAIR BATAN), BPF51 (IPB), dan FPF4 (IPB). Percobaan ini menggunakan fosfat alam sebagai salah satu penyusun bahan pembawa. Fosfat alam yang diuji berjumlah 4 jenis yaitu fosfat alam Maroko (MA), Mesir (ME), Jordania (JO), dan Blora (BL). Fosfat alam dengan kelarutan tertinggi dalam air akan digunakan sebagai sumber fosfat sukar larut untuk pengujian efektivitas mikroba pelarut fosfat dan juga bagian dari bahan pembawa.

Sebanyak 5 g masing-masing contoh fosfat alam < 2 mm ditimbang, ditambah air akuades sebanyak 50 mL, kemudian dikocok selama 2 jam. Sampel kemudian disaring dengan menggunakan kertas Whatman no.40 sampai didapatkan ekstrak jernih. Kemudian ekstrak jernih dipipet sebanyak 10 ml ke dalam tabung reaksi. Sampel ekstrak jernih dan deret standar P masing-masing ditambah pereaksi pewarna fosfat biru sebanyak 2 ml, kemudian dikocok dan dibiarkan selama 30 menit. Sampel kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 889 nm [7]. Pada penelitian ini kemampuan mikroba dalam melarutkan fosfat dilakukan pada media cair *Pikovskaya* dengan sumber P sukar larut berupa fosfat alam asal Blora dengan dosis 5 g/L media. Sebanyak 1 ml suspensi mikroba dengan kerapatan masing-masing 10⁹ spk/mL untuk isolat bakteri pelarut fosfat BPF 9 dan BPF 51, sedangkan untuk mikroba pelarut fosfat FPF4 10⁹ spora/ml. Masing-masing jenis isolat diinokulasikan pada 25 ml media cair *Pikovskaya* di dalam botol kaca.

Media cair *Pikovskaya* yang telah diinokulasi oleh bakteri pelarut fosfat diinkubasi pada suhu ruang di atas *shaker* Edmund Buhler dengan kecepatan 100 rpm, sedangkan untuk mikroba pelarut fosfat inkubasi tidak disertai pengocokan. Setelah 7 hari setelah inokulasi pada media *Pikovskaya* cair, masing-masing sampel disaring dengan kertas Whatmann no 40.

Kandungan P dalam filtrat diukur menggunakan metode pewarnaan biru molibdat.

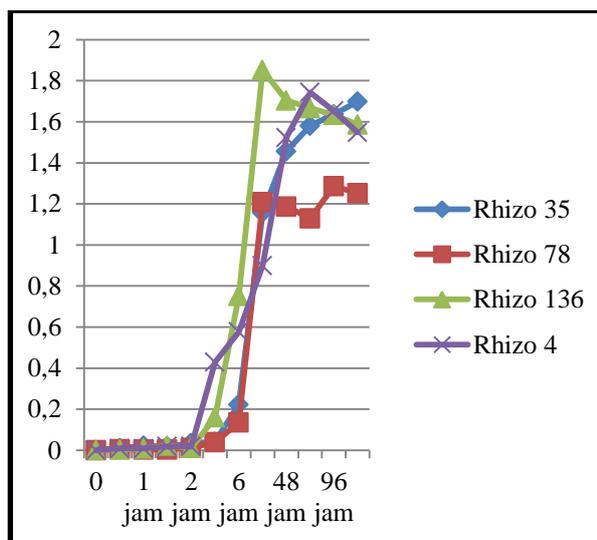
Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode sidik ragam dan apabila berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. *Software* yang digunakan untuk uji statistik adalah SAS 9.1.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

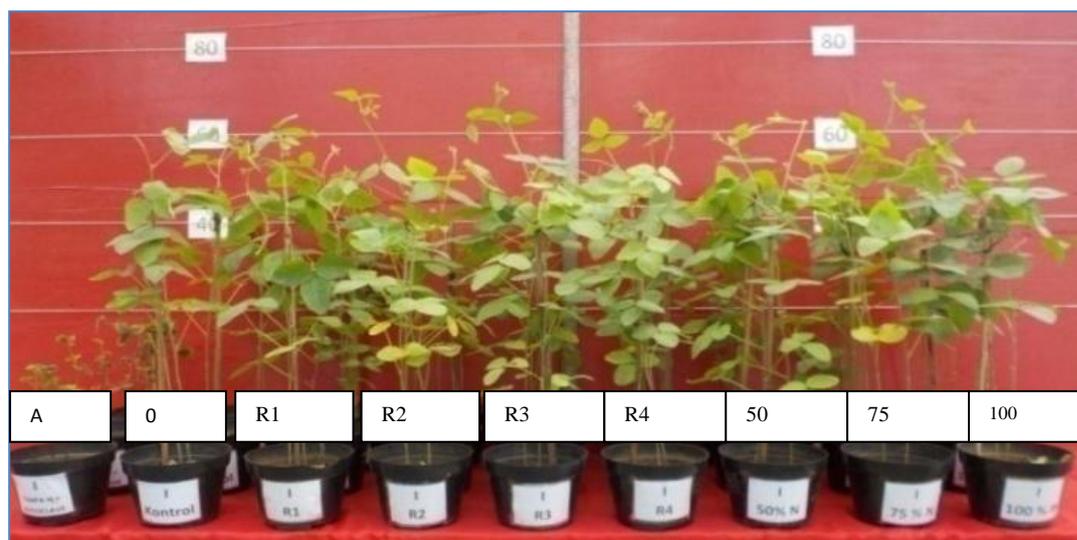
Pengujian isolat rhizobium

Pola pertumbuhan bakteri dapat dilihat dengan menggunakan kurva tumbuh (Gambar 1). Kemampuan tumbuh dari masing-masing rhizobium yang ditumbuhkan dalam media YEM yang diuji berbeda. Pada umumnya seluruh rhizobium memasuki fase adaptasi hingga waktu 2 jam setelah inokulasi. Pada fase ini isolat rhizobium masih beradaptasi dengan lingkungan dan belum mampu melakukan pembiakan. Memasuki 4 jam setelah inokulasi bakteri rhizobium mulai memasuki fase pertumbuhan/logaritmik. Untuk perlakuan R1(isolat 35) puncak pertumbuhan didapatkan pada waktu yang lebih lama bila dibandingkan dengan perlakuan R4(isolat 4), R2 (isolat 78), R3 (isolat 136). Perlakuan R2 mencapai puncak pertumbuhan yang cepat, sama halnya dengan perlakuan R3, namun baik perlakuan R2 maupun perlakuan R3 fase kematiannya lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kemampuan pertumbuhan perlakuan R1 yang masih berlanjut menunjukkan bahwa perlakuan ini mempunyai kemampuan tumbuh yang baik bila dibandingkan rhizobium yang lainnya. Isolat-isolat yang sudah diketahui kurva pertumbuhannya ini kemudian diuji lanjut dalam bentuk kultur cair pada tanaman kedelai.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan isolat-isolat rhizobium

Hasil pengujian statistik data yang disajikan menunjukkan bahwa pemberian perlakuan rhizobium dan pupuk N memberikan pengaruh yang nyata dalam meningkatkan tinggi tanaman, jumlah bintil akar, dan bobot kering tanaman bila dibandingkan dengan kontrol tanah yang steril (Tabel 1). Namun apabila dibandingkan dengan kontrol tanpa sterilisasi (indigenus) pemberian perlakuan rhizobium tidak memberikan pengaruh yang nyata pada tinggi tanaman dan jumlah daun. Hal ini diduga karena adanya mikroba-mikroba rhizobium indigenus dalam tanah. Munculnya pengaruh rhizobium indigenus terlihat dari adanya bintil yang terbentuk pada perlakuan kontrol (indigenus). Pada perlakuan 100% N diketahui tidak ditemukan bintil akar tanaman kedelai, sehingga adanya serapan N yang terdeteksi (Tabel 1) berasal dari pupuk urea yang diberikan dan juga berasal dari tanah. Pemberian N dalam jumlah yang relatif tinggi pada tanah ternyata mampu menghambat pembentukan bintil tanaman kedelai.



Gambar 2. Pengaruh inokulasi rhizobium terhadap tanaman kedelai umur 30 HST

Keterangan :

A= steril (autoklaf),
0= kontrol,
R1= rhizobium 1,
R2= rhizobium 2,
R3= rhizobium 3,
R4= rhizobium 4,
50=50% urea,
75=75% urea,
100=100% urea.

Tabel 1. Pengaruh rhizobium terhadap tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai/pot), jumlah bintil akar (buah/pot), bobot kering tanaman (g/pot), dan serapan N (mg/pot) tanaman kedelai

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai/pot)	Jumlah bintil akar (buah/pot)	Berat kering (g/pot)	Serapan N (mg N/pot)
Kontrol (steril)	25,6 b	18,5 a	0,00 b	0,62 c	21,52 f
Kontrol (indigenus)	50,17 a	18,83 a	18,00 a	2,52 b	53,09 de
R1 (rhizobium R35)	49,85 a	21,00 a	15,50 ab	3,14 ab	66,83 bc
R2 (rhizobium R78)	46,46 a	19,17 a	19,33 a	2,56 b	46,16 e
R3 (rhizobium R110)	45,81 a	19,17 a	18,83 a	2,82 ab	68,47 b
R4 (rhizobium R136)	46,83 a	19,67 a	5,33 ab	2,61 b	53,93 cde
50% Urea	50,55 a	20,20 a	13,33ab	3,29 a	68,29 b
75% Urea	55,81 a	20,80 a	8,17 ab	2,88 ab	60,69 bcd
100% Urea	49,82 a	21,40 a	0,00 b	3,35 a	94,91 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Pemberian pupuk N dosis 100% rekomendasi memberikan pengaruh nyata terhadap serapan N tanaman dengan peningkatan serapan N tertinggi sebanyak 4,5 kali bila dibandingkan dengan kontrol steril dan hampir 2 kali dari kontrol indigenus. Pertumbuhan kedelai pada tanah yang disterilisasi dengan autoklaf menjadi terganggu dan kerdil, selain itu terdapat kerusakan pada daun tanaman kedelai (Gambar 2).

Dari empat jenis isolat yang digunakan dalam penelitian ini, perlakuan R1 memberikan peningkatan secara nyata terhadap berat kering tanaman sebesar 19,75% bila dibandingkan dengan kontrol (indigenus) dan 80,25% bila dibandingkan dengan kontrol steril. Perlakuan R1 juga memberikan peningkatan serapan N yang nyata bila dibandingkan kontrol indigenus dan kontrol steril dengan masing-masing peningkatan

sebesar 25,88% dan 210,55%. Perlakuan R3 memiliki serapan N yang paling tinggi diantara isolat rhizobium lainnya sehingga mampu meningkatkan serapan N sebanyak 28,97% dari kontrol indigenus dan 218,17% dari kontrol steril. Meskipun perlakuan R3 memiliki kemampuan penyerapan N yang lebih tinggi dari perlakuan R1, namun pertumbuhan isolat R3 mencapai fase waktu kematian yang lebih cepat daripada perlakuan R1. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan rhizobium R1 sebagai inokulan memiliki potensi untuk bertahan lebih lama dalam penyimpanan dalam bahan pembawa maupun di dalam tanah. Kemampuan R1 dalam meningkatkan berat kering tanaman dan serapan N menjadikan rhizobium isolat R1 merupakan pupuk hayati yang sesuai untuk kedelai varietas Mutiara 3.

Pengujian mikroba pelarut fosfat

Efektivitas mikroba pelarut fosfat salah satunya dapat dilihat melalui kemampuannya melarutkan fosfat sukar larut. Fosfat alam merupakan salah satu bentuk fosfat yang sukar larut. Pemilihan sumber fosfat alam dilakukan untuk melihat tingkat kelarutan berbagai jenis fosfat alam dalam media pengekstrak air. Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa fosfat alam Blora (BL) memiliki tingkat kelarutan dalam air paling tinggi dibandingkan dengan fosfat alam Maroko, Mesir, dan Jordania. Kelarutan sumber P dalam air yaitu: fosfat alam Blora > fosfat alam Jordan > fosfat alam Mesir > fosfat alam Maroko. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa fosfat alam Blora dapat dijadikan sebagai sumber fosfat untuk bahan tambahan pupuk hayati karena memiliki tingkat kelarutan yang lebih tinggi dalam air bila dibandingkan dengan 3 jenis fosfat alam lainnya.

Tabel 2. Tingkat kelarutan fosfat alam fosfat alam Maroko, Mesir, dan Jordania, Blora.

Jenis Fosfat Alam	ppm P ₂ O ₅
Maroko	0,54 b
Mesir	0,58 b
Jordania	0,61 b
Blora	1,45 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Tabel 3. Kemampuan pelarutan fosfat alam asal Blora oleh mikroba pelarut fosfat

Perlakuan	P terlarut (ppm)
Kontrol	5,59 d
BPF 9	187,79 b
BPF 51	20,95 c
FPF 4	285,85 a

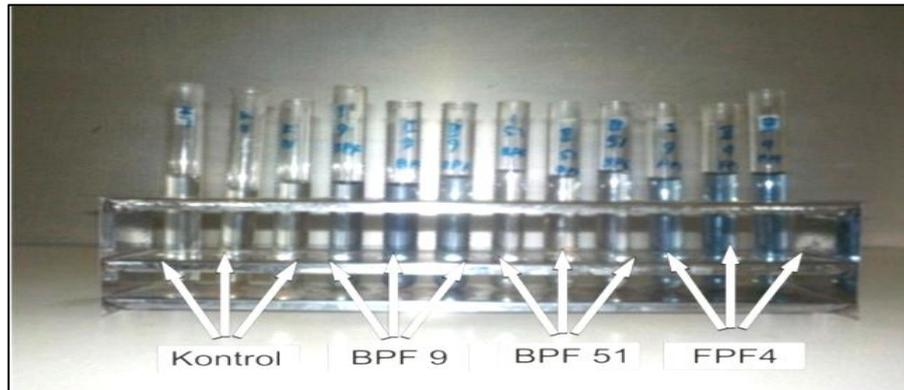
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Pengujian kemampuan mikroba pelarut fosfat dilakukan untuk mendapatkan 1 isolat terbaik dari 3 isolat mikroba pelarut fosfat yang terpilih. Isolat-isolat yang digunakan merupakan koleksi dari laboratorium pemupukan dan Nutrisi Tanaman (BPF9) dan Laboratorium Bioteknologi Tanah IPB (BPF 51 dan FPF4). Mikroba pelarut fosfat ditumbuhkan pada media *pikovskaya* cair dengan sumber fosfat alam Blora, kemudian diukur masing-masing kemampuannya dalam

melarutkan P. Kelarutan fosfat dalam media cair terlihat dari terbentuknya fosfomolibdat berwarna biru (Gambar 3) yang dapat diukur intensitasnya dengan spektrofotometer. Hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa mikroba pelarut fosfat FPF4 memberikan nilai pelarutan fosfat paling tinggi bila dibandingkan dengan isolat BPF 9 dan BPF 51. Isolat FPF 4 merupakan isolat yang paling tinggi dalam melarutkan fosfat alamyaitu sebanyak 51,13 kali dari kontrol. Isolat BPF 9

mampu melarut fosfat sebanyak 33,59 kali dari kontrol, sedangkan isolat BPF 51 hanya mampu melarutkan fosfat sebanyak 3,75 kali dari kontrol. Mekanisme pelarutan fosfat oleh mikroba pelarut fosfat pada umumnya melalui sekresi asam-asam organik hasil metabolisme mikroba pelarut fosfat. Asam-asam yang dihasilkan mampu memecahkan ikatan P dengan unsur-unsur lain seperti Al, Fe, Ca, dan Mg sehingga unsur P dapat terlepas dan

larut. Menurut Wei *et al.*[8] bahwa mekanisme pelarutan P dari sukar larut menjadi mudah larut oleh mikroba diinduksi oleh komunitas mikroba dan produksi asam-asam organik. Asam-asam organik yang dihasilkan oleh tiap mikroba akan berbeda baik dari jumlah, jenis, maupun konsentrasinya, sehingga mekanisme pelepasan fosfat oleh asam organik sangat kompleks.

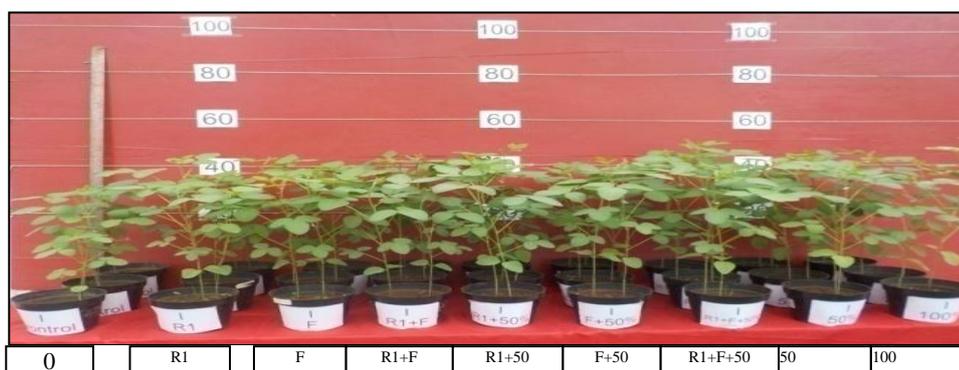


Gambar 3. Pelarutan fosfat alam oleh 3 jenis mikroba pelarut fosfat

Uji rhizobium isolat R35 dan mikroba pelarut fosfat isolat FPF 4 pada tanaman kedelai

Hasil uji kompatibilitas antara isolat rhizobium R1 dengan isolat FPF 4 menunjukkan hasil yang positif bila dibandingkan dengan isolat mikroba pelarut fosfat lainnya [9]. Sehingga isolat rhizobium dan MPF isolat FPF 4 dapat dikombinasikan dan diaplikasikan sebagai pupuk hayati pada tanaman kedelai Mutiara 3. Hasil sidik ragam yang disajikan pada Tabel 15 menunjukkan bahwa perlakuan rhizobium1+FPF4+50%NPK

(R1+F+50%) memberikan pengaruh paling tinggi dalam meningkatkan tinggi tanaman sebesar 44,26% bila dibandingkan dengan kontrol. Selain tinggi tanaman, perlakuan R1+F+50% juga memberikan peningkatan tertinggi terhadap serapan N tanaman kedelai dengan nilai peningkatan sebesar 196,45% bila dibandingkan dengan kontrol. Meskipun perlakuan R1+50 memberikan nilai tertinggi terhadap berat kering tanaman sebanyak 99,61%, namun nilainya tidak berbeda nyata dengan perlakuan R1+F+50%.



Gambar 4. Pengaruh isolat rhizobium dan FPF4 terhadap pertumbuhan kedelai 30HST.

Keterangan:

- 0= kontrol,
- R1=rhizobium,
- F=FPf4,
- 50=50% NPK,
- 100=100% NPK

Tabel 4. Pengaruh isolat rhizobium R1 dan pelarut fosfat FPF4 terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering tanaman, serapan N

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai/pot)	Berat kering (g/pot)	Serapan N (mg N/pot)
Kontrol	43,67 c	23,67 a	2,59 d	37,75 c
rhizobium R1	51,67 bc	27,33 a	4,23 bc	95,53 ab
FPF4	56,00 ab	28,33 a	3,45 c	90,91 ab
rhizobiumR1+ FPF4	55,67 ab	28,00 a	4,56 ab	75,83 b
rhizobium R1+ 50% NPK	60,00 ab	28,00 a	5,17 a	96,70 ab
FPF4 + 50 % NPK	54,33 ab	27,00 a	4,06 bc	94,45 ab
rhizobium R1+ FPF4 + 50% NPK	63,00 a	30,00 a	4,44 ab	111,92 a
50% NPK	55,00 ab	28,00 a	4,01 bc	80,14 ab
100% NPK	60,67 ab	31,33 a	4,74 ab	108,07 ab

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Pengaruh positif kombinasi antara rhizobium dengan mikroba pelarut fosfat terhadap tanaman telah banyak dilaporkan peneliti. Abdalla dkk[10] melaporkan bahwa konsorsium *R. leguminosarum* RCR 1044/A. *niger* dan *B. japonicum* USDA 3447/A *niger* secara signifikan dapat meningkatkan hasil, kandungan nitrogen (N), dan fosfor (P) pada kacang faba dan kedelai. Peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai pada penelitian ini disebabkan oleh peranan dari peranan mikroba pelarut fosfat FPF4 dan isolat rhizobium R35. Kedua jenis mikroba mampu beradaptasi dengan lingkungan tumbuh disekitar perakaran sehingga efektif dalam menjalankan fungsinya. Efektivitas rhizobium isolat R35 sebelumnya telah menunjukkan kemampuannya dalam meningkatkan serapan N tanaman kedelai (Tabel 1). Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa N₂ yang difiksasi secara hayati (enzimatis) akan membantu peningkatan proses fotosintesis. Biomassa tanaman kedelai varietas Mutiara 3 sangat dipengaruhi proses fotosintesis. Fotosintat akan dimanfaatkan tanaman dalam meningkatkan biomasa dan pertumbuhan akar sehingga penyerapan unsur hara dalam tanah lebih baik yang kemudian dapat meningkatkan berat kering tanaman kedelai.

Mikroba pelarut fosfat FPF4 dapat melarutkan fosfat dalam bentuk sukar larut menjadi mudah larut (lihat Tabel 3) sehingga dapat meningkatkan penyerapan P yang berpengaruh terhadap tinggi tanaman serta bobot tanaman kedelai. Menurut Rodriguez dan Fraga [11] mekanisme utama untuk solubilisasi mineral

fosfat adalah produksi asam organik dan fosfatase yang memainkan peran utama dalam mineralisasi fosfor organik dalam tanah sehingga fosfat dapat diserap tanaman sehingga berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Produksi asam-asam organik dari mikroba pelarut fosfat secara terus menerus mampu melarutkan fosfat di daerah perakaran tanaman yang pada akhirnya mampu melarutkan fosfat. Hasil dari pengujian *in vivo* ini menunjukkan bahwa kultur campuran dari rhizobium R35 dengan mikroba pelarut fosfat FPF4 dapat meningkatkan serapan N tertinggi, pertumbuhan tanaman kedelai, dan dapat menurunkan penggunaan pupuk NPK sebanyak 50%. Pengujian ini menunjukkan bahwa kultur rhizobium R35 dan FPF4 dapat dijadikan inokulan campuran untuk diformulasikan dengan bahan pembawa dalam pembuatan pupuk hayati multistrain.

KESIMPULAN

Rhizobium isolat R1 merupakan isolat yang sesuai untuk kedelai varietas Mutiara 3 karena dapat meningkatkan serapan N dan berat kering tanaman kedelai. Isolat FPF 4 merupakan isolat yang paling tinggi dalam melarutkan fosfat alam asal Blera yaitu sebanyak 51,13 kali dari kontrol. Pemberian mikroba campuran antara rhizobium isolat R1 dan mikroba pelarut fosfat isolat FPF4 disertai dengan penambahan pupuk NPK sebanyak 50% mampu memberikan pengaruh tertinggi terhadap serapan N tanaman kedelai varietas Mutiara 3. Hasil ini menunjukkan bahwa rhizobium dan mikroba pelarut fosfat FPF4 sesuai

untuk kedelai varietas Mutiara 3 karena dapat meningkatkan serapan N tanaman dan juga menurunkan penggunaan pupuk NPK sebanyak 50%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kemeristekdikti yang telah membiayai penelitian ini melalui program Beasiswa Kemenristek dikti Tahun Anggaran 2014. Terima kasih kepada Bapak Sudono Slamet yang turut membantu dalam analisis di Laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sudaryanto', I.W. Rusastra, dan Saptana, "Perspektif Pengembangan Ekonomi Kedelai Di Indonesia". *FAE.*, vol. 6 no. 1, pp. 1 – 20, 2001.
- [2] BATAN, " BATAN Luncurkan 2 Varietas Baru Kedelai Hitam", <http://www.batan.go.id/index.php/id/kedeputan/sains-aplikasi-teknologi-nuklir/aplikasi-isotop-dan-radiasi/1156-batan-luncurkan-2-varietas-baru-kedelai-hitam>, diakses 14 agustus 2018.
- [3] A. Harsono, Prihastuti, dan Subandi, "Efektivitas Multi-isolat Rhizobium dalam Pengembangan Kedelai di Lahan Kering Masam", *Iptek Tanaman Pangan.*, vol. 6 no. 1, pp. 57-75, 2011.
- [4] M. Janczarek, K. Rachwał, A. Marzec, J. Grza Dziel, M. Palusinska-Szys, "Signal Molecules and Cell-surface Components Involved in Early Stages of the Legume–Rhizobium Interactions", *Applied Soil Ecology* vol 85 pp. 94-113, 2015.
- [5] N. Firdausi, W. Muslihatin, dan T. Nurhidayati, "Pengaruh Kombinasi Media Pembawa Pupuk Hayati Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap pH dan Unsur Hara Fosfor dalam Tanah", *Jurnal sains dan seni its*, Vol. 5, no.2, pp 2337-3520, 2016.
- [6] N. Oteino, R. D. Lally, S. Kiwanuka, A. Lloyd, D. Ryan, K. J. Germaine and D. N. Dowling, "Plant Growth Promotion Induced by Phosphate Solubilizing Endophytic Pseudomonas Isolates", *Frontiers in Microbiology*. vol. 6 pp. 1-9, 2015.
- [7] Eviati dan Sulaeman. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah: Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor. 2009.
- [8] Y. Wei, Y. Zhao, M. Shi, Z. Cao, Q. Lua, T. Yang, Y. Fana, Z. Wei, "Effect Of Organic Acids Production and Bacterial Community on The Possible Mechanism of Phosphorus Solubilization During Composting With Enriched Phosphate-Solubilizing Bacteria Inoculation Pseudomonas Isolates", *Bioresource Technology* 247, pp. 190-19, 2018.
- [9] T. Bachtiar, I. Anas, A. Sutandi, dan Ishak Ishak. Perbaikan Kualitas Bahan Pembawa Rhizobium dan Fungi Pelarut Fosfat Melalui Sterilisasi Sinar Gamma Co-60 dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max* L.). *Unpublish*, 2018.
- [10] M.H. Abd-Alla, S.A. Omar, S.A. Omar. "Survival Of Rhizobia/Bradyrhizobia And A Rockphosphate- Solubilizing Fungus *Aspergillus Niger* on Various Carriers From Some Agroindustrial Wastes and Their Effects On Nodulation and Growth Of Faba Bean and Soybean", *Journal of Plant Nutrition*, vol 24 (2), pp. 261-272, 2014.
- [11] H. Rodríguez and R. Fraga, "Phosphate Solubilizing Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion". *Biotechnology Advances* 17, pp. 319-339, 1999.

