

Efektivitas Formulasi Mikroba Probiotik terhadap Mutu Fisiologis Benih dan Pertumbuhan Jagung Hibrida

The Effectiveness of Probiotic Microbe Formulation on Physiological Seed Quality and Plant Growth of Hybrid Maize

Eman Paturohman¹, M.Surahman², A. Setiawan², Giyanto³

¹Program Studi Ilmu dan Teknologi Benih, SPS IPB

Jl. Meranti Kampus Dramaga Bogor, Indonesia

E-mail: e.paturohman@gmail.com, Telp/HP: 081511375212

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Jl. Meranti Kampus Dramaga Bogor, Indonesia

Naskah diterima 16 Mei 2017, direvisi 24 November 2017, disetujui diterbitkan 25 November 2017

ABSTRACT

Improved soil quality and crop productivity due to the application of probiotic microbes has been reported for many commodities, including maize. Study was conducted to obtain the best microbial probiotic (MP) formulation that is able to maintain seed quality and support the seedling growth of hybrid maize. The research was conducted at the Seed Science and Technology Laboratory, Bogor Agricultural University and was continued at the experimental garden of Cikarawang, Dramaga, Bogor, from March to December 2016. Two formulations of MP, namely paste and liquid, combined with six probiotic microbes were tested for viability and seedling vigor, using CRD, in three replications. The treatment effect on plant growth was studied in the field using a split split plot design in three replications. The microbe treatments were compared with NP fertilizer namely: 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of regular dose. The six combinations of probiotic microbes used included: I₁ (P24-AzL7), I₂ (P24-AzL9), I₃ (B28-AcCKB4), I₄ (P24-AcCKB9), I₅ (P24-AcCKB20), and I₆ (P24-AcCKW5). Results showed that the probiotic microbial formulation affected seed viability, with the seed viability (DB) and maximum growth potential (PTM) of more than 92.7% and 94%, respectively. The paste probiotic microbial formulation was more effective on seed vigor than liquid formulation, where vigor index (IV) and speed of germination (K_{CT}) was more than 87.3% and 23.6%/etmal, respectively. Probiotic microbial formulation positively affected the development of root and vegetative growth of Bima-3 hybrid maize variety. The suitability of microbial probiotic formulation was influenced by microbe type and plant nutrient availability in the soil.

Keywords: Probiotic microbes, paste and liquid formulation, nitrogen fixing, phosphate solubilizing, maize hybrid.

ABSTRAK

Perbaikan kualitas tanah dan peningkatan hasil pertanian dengan memanfaatkan mikroba probiotik sudah banyak terbukti pada berbagai tanaman termasuk jagung. Penelitian dilaksanakan untuk

mendapatkan formulasi mikroba probiotik yang tepat sehingga mampu mempertahankan mutu benih dan menunjang pertumbuhan tanaman jagung hibrida (F1) varietas Bima-3. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih, Institut Pertanian Bogor dan dilanjutkan di kebun percobaan Cikarawang, Kec. Dramaga, Kab. Bogor pada Maret-Desember 2016. Dua bentuk formulasi, pasta dan cair dalam enam kombinasi mikroba probiotik diujikan terhadap viabilitas dan vigor benih menggunakan RAL dua faktor tiga ulangan. Percobaan dilanjutkan dengan pengujian lapangan, melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman, menggunakan rancangan Split Split Plot, tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari faktor perlakuan formulasi ditambah dengan penggunaan dosis pupuk NP 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari dosis rekomendasi. Enam kombinasi mikroba probiotik yang digunakan meliputi: I₁(P24-AzL7), I₂(P24-AzL9), I₃(B28-AcCKB4), I₄(P24-AcCKB9), I₅(P24-AcCKB20), dan I₆(P24-AcCKW5). Hasil penelitian menunjukkan formulasi mikroba probiotik efektif terhadap viabilitas benih dengan nilai DB dan PTM masing masing lebih dari 92,7% dan 94%. Formulasi mikroba probiotik bentuk pasta lebih efektif terhadap vigor benih dibanding formulasi bentuk cair dengan nilai IV dan K_{CT} masing-masing lebih dari 87,3% dan 23,6%/etmal. Formulasi mikroba probiotik berpengaruh positif terhadap perkembangan perakaran dan pertumbuhan vegetatif jagung hibrida Bima-3. Kesesuaian bentuk formulasi mikroba probiotik dipengaruhi oleh jenis mikroba dan ketersediaan unsur hara tanaman.

Kata kunci: Mikroba probiotik, formulasi pasta dan cair, penambat N, pelarut P, jagung hibrida

PENDAHULUAN

Pupuk hayati (*bio fertilizer*) merupakan produk biologi aktif yang mengandung mikroba bermanfaat yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan, dan kesehatan tanah (Kementan 2011). Peran pupuk hayati dalam mendukung pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) sangat jelas, karena secara alami dapat menyediakan nutrisi bagi tanaman melalui

proses fiksasi N dari atmosfer dan melarutkan fosfat atau sintesis senyawa lain yang dibutuhkan tanaman. Siklus penyuburan tanah akan berlangsung secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan pupuk organik merupakan komponen penting dalam pertanian LEISA (*low external input and sustainable agriculture*) (Suriadikarta 2012; Brahmaprakash and Sahu 2012). Nilai manfaat dari pupuk hayati ditentukan oleh jenis dan keberadaan mikroba probiotik di dalamnya.

Mikroba probiotik dalam pupuk hayati atau *plant growth promoting microorganism* (PGPM) mengandung satu atau lebih strain/species mikroorganisme menguntungkan (Malusa *et al.* 2012) yang dapat memacu pertumbuhan tanaman. Mikroba probiotik dalam pupuk hayati memiliki kelebihan di antaranya: (1) menyerap dan menambat nitrogen dari rhizosfer, (2) membantu menyerap nutrisi dari tanah, (3) memproduksi hormon pertumbuhan tanaman (*auxins* dan *cytokinins*), (4) meningkatkan efisiensi germinasi perkecambahan benih, (5) meningkatkan hasil tanaman hingga 25%, (6) menghasilkan antibiotik dan meningkatkan imunitas untuk melindungi akar dari mikroba patogen, serta (7) melarutkan senyawa fosfat dalam tanah melalui mekanisme reaksi pengasaman, pengelatan, dan pertukaran kation (Ivanova *et al.* 2005, Brahmaprakash and Sahu 2012, Mulyana dan Sudrajat 2012, Maheswari and Kaliyarasi 2015).

Nilai manfaat penggunaan pupuk hayati terhadap perbaikan kualitas tanah dan peningkatan hasil pertanian sudah banyak dilaporkan pada berbagai tanaman, termasuk padi (Kantachote *et al.* 2016, Wartono *et al.* 2015), jagung (Obidiebube *et al.* 2010, Soleimanzadeh dan Farshad 2013, Beyranvand *et al.* 2013, Hipi *et al.* 2013, Asih *et al.* 2016, Tao *et al.* 2017), kedelai (Noor 2003, Zarei *et al.* 2012), stroberi (Pesakovic *et al.* 2013), kapas (Egamberdiyeva *et al.* 2006), kelapa sawit (Hanapi *et al.* 2013). Pupuk hayati mampu menekan berbagai penyakit tanaman seperti fusarium pada pisang (Shen *et al.* 2015), hawar daun bakteri pada padi hingga 21,7% (Wartono *et al.* 2015), dan meningkatkan sifat antibakteri (Abdel-Aziez *et al.* 2014). Singh (2011) menambahkan, penggunaan pupuk hayati yang mengandung mikroba probiotik meningkatkan pendapatan petani dengan penekanan biaya produksi, perlindungan lingkungan, dan keamanan pangan.

Mikroba probiotik menjadi komponen utama pupuk hayati. Keberadaan mikroba tersebut bergantung pada bahan pembawa atau *carrier* yang digunakan. Bahan pembawa yang efektif adalah yang memiliki kriteria: (1) daya pegang air yang baik, (2) mudah diproses, (3) tidak *toxic* bagi mikroorganisme, (4) efektif dan mudah

disterilisasi, (5) murah dan mudah diperoleh, serta (6) aman bagi benih dan tanaman (Biomate India 2008). Berbagai bahan pembawa yang sering digunakan dalam pembuatan formulasi pada umumnya adalah tanah, gambut, bahan organik, molase dan bahan lainnya seperti kascing (Sekar dan Karmegam 2010), bentonite dan NaAlg (He Yanhui *et al.* 2015). Bahan pembawa tersebut dikemas dalam bentuk yang beragam. Bentuk formulasi/bahan pembawa mikroba probiotik (*biofertilizer*) yang berkembang pada umumnya dalam bentuk kering (granular, pellet, tepung, kapsul, briket), dan suspensi berbasah dasar minyak atau air, atau emulsi dari keduanya (Pindi and Satyanarayana 2012).

Penggunaan formulasi dipengaruhi oleh karakteristik mikroba yang terkandung di dalamnya. Formulasi dalam bentuk cair lebih banyak diaplikasikan karena relatif lebih mudah pembuatannya, dapat mempertahankan mikroba hingga dua tahun, minim kontaminasi, murah, mudah penanganan, dan pengawasan mutu, serta mudah diaplikasikan petani (Pindi dan Satyanarayana 2012). Meski demikian, formulasi cair memiliki kelemahan, diantaranya menurunkan kestabilan dan efisiensi pemupukan, seperti adanya kompetisi di antara mikroflora indogenous tanah, kondisi fisikokimia tanah, serta fluktuasi pH dan suhu yang merugikan (Brahmaprakash and Sahu 2012). Di sisi lain, formulasi bentuk padat bersifat voluminous, sehingga lebih sulit dalam aplikasi dan penyimpanan. Pengembangan bahan pembawa/formulasi dalam bentuk pasta/gel belum berkembang seperti halnya bentuk padat dan cair. Formulasi pasta memungkinkan sebagai alternatif selain kedua formulasi tersebut.

Asih (2016) menyeleksi enam strain mikroba penambat nitrogen dari rhizosfer jagung yang terdiri atas kelompok *Azotobacter* meliputi AzL7 dan AzL9, serta kelompok *Actinomyces* yang meliputi AcCKB4, AcCKB9, AcCKB20 dan AcCKW5. Strain-strain tersebut dikombinasikan dengan mikroba pelarut fosfat koleksi IPB dari kelompok *Pseudomonas*, yaitu P24 dan dari kelompok *Bacillus* yaitu B28. Hasil seleksi dan identifikasi tersebut telah diuji kompatibilitasnya dan terbukti berpengaruh nyata terhadap vigor benih jagung. Kombinasi dua strain mikroba bermanfaat tersebut tersedia dalam jumlah terbatas sehingga pemanfaatan lebih lanjut perlu upaya transformasi ke dalam bentuk formulasi/bahan pembawa yg tepat yang mendukung viabilitas dan efektivitas mikroba tetap tinggi hingga digunakan.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui efektivitas formulasi mikroba terhadap mutu fisiologis benih dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetatif jagung hibrida.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Desember 2016, pada dua percobaan, yaitu pengujian terhadap mutu benih di laboratorium dan pengujian terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman jagung hibrida Bima-3 di Kebun Percobaan Cikarawang, IPB. Delapan mikroba probiotik koleksi IPB meliputi *Azotobacter* (AzL7, AzL9), *Actinomyces* (AcCKB4, AcCKB9, AcCKB20, AcCKW5), *Bacillus* (B28), dan *Pseudomonas fluorescens* (P24) digunakan sebagai bahan aktif formulasi. Formulasi diuji dalam dua bentuk, yaitu pasta dan cair, dengan kombinasi mikroba probiotik yang kompatibel.

Pembuatan suspensi cair merunut metode Manikandan *et al.* (2010). Proses inkubasi berbeda disesuaikan dengan mikrobanya. Inkubasi 24 jam untuk *Pseudomonas sp.* dan *Bacillus sp.*, serta 48 jam untuk *Azotobacter sp.*, (Aryanto *et al.* 2015) sampai jumlah selnya mencapai minimal 10^7 sel/ml. Perbanyak mikroba *Actinomyces sp.* menggunakan media beras yang diinkubasi selama 14 hari (Amalia 2014).

Preparasi formulasi pasta dibuat dengan komposisi tepung talk, xanthan gum, molase, glycerol, dan suspensi bakteri (Baiquni 2014). Bahan-bahan padat dan cair dipisahkan, kemudian disterilisasi menggunakan otoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya dilakukan pencampuran dalam keadaan aseptik semua bahan dan suspensi mikroba hingga membentuk gel/pasta. Formulasi pasta yang telah mengandung mikroba dimasukkan ke dalam botol kaca dan ditutup dengan aluminium foil dan plastik pembungkus untuk disimpan.

Preparasi formulasi cair dibuat dengan komposisi glyserol, molase, bahan aktif mikroba probiotik dengan populasi minimal 10^7 sel/ml dan aquadest. Aquadest dan molase, dicampur dan diaduk dengan stirer sampai homogen, kemudian disterilisasi dengan otoklaf selama 15 menit. Langkah selanjutnya adalah penambahan glyserol yang telah disterilisasi dengan penyinaran UV selama 20 menit, kemudian diaduk kembali hingga homogen dan selanjutnya dilakukan inokulasi mikroba probiotik pada formulasi tersebut.

Aplikasi formulasi pada percobaan pertama dilakukan melalui perlakuan benih (*seed treatment*). Benih yang digunakan disterilisasi terlebih dahulu dengan perendaman pada larutan natrium hipoklorit 1% selama 1 menit, kemudian benih direndam menggunakan formulasi cair selama 12 jam dengan perbandingan antara benih dan formulasi 1:1,2 (b/v). Pada formulasi berbentuk pasta, setelah benih disterilisasi kemudian direndam dengan larutan formulasi selama 12 jam dengan perbandingan yang sama. Komposisi larutan formulasi yang digunakan

adalah 20 g formulasi per liter aquades. Selanjutnya benih ditanam pada media kertas dengan metode uji UKDdP (ISTA 2014).

Percobaan disusun menggunakan rancangan acak lengkap dua faktor, yaitu bentuk formulasi dan kombinasi mikroba. Faktor formulasi terdiri atas dua formulasi mikroba yaitu F1 = formulasi pasta dan F2 = formulasi cair. Faktor kedua yaitu bahan aktif yang terdiri atas enam kombinasi mikroba probiotik yang kompatibel yaitu: I_1 (P24-AzL7), I_2 (P24-AzL9), I_3 (B28-AcCKB4), I_4 (P24-AcCKB9), I_5 (P24-AcCKB20), dan I_6 (P24-AcCKW5). Pengulangan dilakukan tiga kali terhadap masing-masing 50 butir benih. Variabel yang diamati meliputi (1) daya berkecambah (DB); (2) potensi tumbuh maksimum (PTM); (3) bobot kering kecambah normal (BKKN); indeks vigor (IV); dan (4) kecepatan tumbuh (K_{ct}).

Percobaan kedua yaitu pengujian pengaruh formulasi pasta dan cair terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, dilaksanakan dengan rancangan split split plot, yang terdiri atas tiga faktor perlakuan, yaitu bentuk formulasi, dosis pupuk NP, dan kombinasi mikroba. Bentuk formulasi sebagai petak utama terdiri atas dua bentuk, yaitu F1 (pasta), dan F2 (cair). Dosis pupuk sebagai anak petak terdiri atas lima taraf dosis pupuk N dan P yaitu P0 (tanpa pupuk), P1 (25%), P2 (50%), P3 (75%), P4 (100%). Dosis rekomendasi yang digunakan adalah 300 kg urea dan kg. dan SP-36 200 kg/ha (Sirappa dan Razak 2010). Kombinasi mikroba sebagai anak petak terdiri atas enam taraf yaitu I_1 (P24-AzL7), I_2 (P24-AzL9), I_3 (B28-AcCKB4), I_4 (P24-AcCKB9), I_5 (P24-AcCKB20), dan I_6 (P24-AcCKW5).

Media tanam berupa tanah dimasukkan ke dalam polibag berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm. Selanjutnya benih ditanam sesuai perlakuan, dua benih per polibag. Penjarangan menjadi satu tanaman per polibag dilakukan pada saat tanaman berumur 1 minggu setelah tanam (MST). Pemupukan dilakukan pada umur 1 MST dengan dosis urea dan SP-36 sesuai perlakuan dan dikonversi sesuai kebutuhan tanaman per polibag. Pupuk KCl juga diaplikasikan pada 1 MST dengan dosis 100 kg/ha. Aplikasi formulasi sama dengan percobaan pertama, yaitu melalui perlakuan benih (*seed treatment*) dan ditambah aplikasi melalui penyiraman larutan formulasi dengan dosis 10 g untuk formulasi pasta dan 10 ml untuk formulasi cair per liter air. Penyiraman dilakukan dua kali, yaitu pada 3 MST dan 6 MST dengan 200 ml larutan per tanaman.

Tanaman dipelihara selama 2 bulan. Variabel yang diamati meliputi kondisi lingkungan kimia tanah, sistem perakaran, tinggi tanaman, jumlah daun, kandungan klorofil daun, dan bobot segar tajuk. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode ragam, apabila

berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan Kimia Tanah

Media tanah yang digunakan dalam penelitian ini bertekstur lempung berliat (USDA), pH rendah, kadar C-organik rendah, N-Total rendah, dan P tersedia sangat rendah (Tabel 1). Kandungan N-total dan P tersedia yang rendah dimaksudkan untuk mengetahui efektivitas kinerja mikroba penambat nitrogen dan pelarut fosfat yang diinokulasikan melalui formulasi yang digunakan, Media tanam memiliki pH yang sangat rendah (5,49), tetapi termasuk pada kisaran perkembangan mikroba tanah sesuai pendapat Malusa *et al.* (2012), bahwa mikroba umumnya berkembang pada kisaran pH 4,5-8,5. Menurut Waluyo (2012), pH optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroba adalah 7-7,5.

Hasil analisis media tanam setelah aplikasi formulasi mikroba probiotik pada akhir penelitian disajikan pada Tabel 2. Analisis setelah aplikasi hanya difokuskan pada jumlah N-total dan P-tersedia dari sampel perlakuan tanpa pemupukan. Status hara N dan P setelah aplikasi berbeda, bergantung pada jenis mikroba yang digunakan. Jumlah N-total media mengalami peningkatan dan perubahan status dari “rendah” menjadi “sedang” dicapai oleh aplikasi formulasi F5(0.24%), F11(0.207%), dan F12(0.206%). Kandungan P-tersedia pada seluruh aplikasi formulasi mengalami peningkatan, walaupun masih termasuk kriteria “sangat

rendah”. Peningkatan kandungan N-total dan P-tersedia menunjukkan eksistensi dan peran mikroba penambat nitrogen dan pelarut fosfat yang diinokulasikan melalui formulasi mikroba dalam bentuk pasta dan cair ke rhizosfer jagung dalam menambat dan melarutkan fosfat. Walaupun sebagian nitrogen dan fosfat dalam media tanam sudah dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan, namun kandungan kedua senyawa tersebut masih menunjukkan peningkatan.

Sistem Perakaran

Perkembangan perakaran jagung pada berbagai level formulasi dan jenis mikroba tanpa pemupukan NP diperlihatkan pada Gambar 1. Perkembangan perakaran jagung yang lebih baik ditunjukkan oleh inokulasi I₁, I₂ dan I₅ dibanding perlakuan lainnya pada formulasi pasta, sedangkan pada formulasi cair performa perakaran yang lebih baik ditunjukkan oleh perlakuan I₁, I₂, I₅ dan I₆.

Perbedaan perkembangan perakaran tersebut mengindikasikan adanya peran mikroba probiotik dalam mendukung perakaran jagung, karena mikroba yang terkandung dalam formulasi mikroba dikenal sebagai *plant growth promoting microbe* (PGPM) atau mikroba yang dapat menstimulasi pertumbuhan tanaman, sesuai dengan pendapat Brahmaprakash dan Sahu (2012) bahwa mikroba PGPM mampu meningkatkan ketersediaan hara atau memproduksi fitohormon pemacu tumbuh yang diperlukan tanaman. Selain itu, perbedaan perkembangan perakaran juga menunjukkan nilai manfaat pupuk hayati berbeda, bergantung pada jenis mikroba yang terkandung di dalamnya.

Tabel 1. Sifat kimia tanah sebelum aplikasi formulasi mikroba probiotik di Kebun Percobaan Cikarawang, Bogor MK 2016.

Sifat	Nilai	Kriteria*)
N-Total (%)	0,15	r
P ₂ O ₅ (ppm)	2,66	sr
pH (H ₂ O)	5,49	Masam
C-Org (%)	1,80	r
Ca	0,18	sr
Mg	0,54	r
K	0,07	sr
Na	0,28	r
Kejenuhan Al (%)	19,42	r
KB (%)	19,43	s
KTK (cmol(+)/kg)	6,95	sr
Pasir (%)	36,42	Lempung berliat
Debu (%)	25,91	-
Liat (%)	37,67	-

Keterangan: r: rendah; sr: sangat rendah; s: sedang
*) Sumber Balai Penelitian Tanah (2005)

Tabel 2. Sifat kimia tanah setelah aplikasi formulasi mikroba probiotik di Kebun Percobaan Cikarawang, Bogor MK 2016.

Formulasi	N-Total (%)	Kriteria*)	P ₂ O ₅ (ppm)	Kriteria*)
F0	0.002	sr	5,64	sr
F1	0.084	sr	4,93	sr
F2	0.014	sr	4,22	sr
F3	0.196	r	8,13	sr
F4	0.002	sr	5,25	sr
F5	0.241	s	5,69	sr
F6	0.002	sr	6,06	sr
F7	0.171	r	6,63	sr
F8	0.002	sr	7,71	sr
F9	0.002	sr	5,34	sr
F10	0.002	sr	5,73	sr
F11	0.207	s	4,87	sr
F12	0.206	s	5,82	sr

Keterangan: r: rendah; sr: sangat rendah; s: sedang
*) Sumber Balai Penelitian Tanah (2005)



Gambar 1. Performa perakaran jagung hibrida pada beberapa perlakuan formulasi mikroba. A = formulasi pasta, B = Formulasi cair, I₁ (P24-AzL7), I₂ (P24-AzL9), I₃ (B28-AcCKB4), I₄ (P24-AcCKB9), I₅ (P24-AcCKB20), I₆ (P24-AcCKw5).

Mutu Fisiologis Benih

Hasil penelitian menunjukkan bentuk formulasi pasta dan cair yang dibuat berpengaruh nyata terhadap variabel indeks vigor (IV) dan kecepatan tumbuh (K_{CT}), tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya berkecambah (DB), potensi tumbuh maksimum (PTM), dan bobot kering kecambah normal (BKKN). Mikroba probiotik memberikan pengaruh yang nyata terhadap semua variabel yang diamati. Hasil uji pengaruh formulasi mikroba probiotik disajikan pada Tabel 3.

Nilai DB, PTM, dan BKKN walaupun tidak terdapat pengaruh nyata dari perlakuan, tapi menunjukkan nilai yang tinggi. Nilai DB dan PTM mengindikasikan kemampuan benih untuk menjadi tanaman normal jika ditumbuhkan pada kondisi optimum. Nilai BKKN merupakan tolok ukur viabilitas potensial yang menggambarkan banyaknya cadangan makanan yang tersedia dalam benih. Benih dengan nilai BKKN tinggi menggambarkan pemanfaatan cadangan makanan dalam benih untuk perkecambahan efisien, sehingga bila dikondisikan pada lingkungan optimal maka kecambah mampu tumbuh dan berkembang dengan baik (Ilyas 2012). Berbeda dengan variabel lainnya, IV dan K_{CT} dipengaruhi oleh bentuk formulasi mikroba. Nilai IV pada larutan pasta 90,2%, sedangkan larutan formulasi cair 30,9%, begitu juga dengan K_{CT} pada formulasi pasta 26,9% sedangkan pada formulasi cair 20,5%. IV dan K_{CT} merupakan variabel vigor benih. Benih dengan indeks vigor dan kecepatan tumbuh yang tinggi mengindikasikan kemampuan yang baik jika ditumbuhkan pada kondisi suboptimum. Benih mampu berkecambah lebih serempak dan memiliki kemampuan

bertahan pada kondisi cekaman tertentu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ilyas (2012) bahwa benih bervigor tinggi ketika ditanam di lapang lebih cepat tumbuh, seragam dan mampu bersaing dengan gulma.

Kombinasi mikroba probiotik yang terkandung dalam formulasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap variabel DB dan PTM, kecuali kombinasi I₂(P24-AzL9). Kombinasi mikroba ini menunjukkan kecenderungan kecocokan dengan bentuk formulasi cair dibanding formulasi pasta, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai DB dan PTM yang lebih tinggi pada formulasi cair. Nilai DB dan PTM pada formulasi pasta masing-masing 90,0% dan 92,7% sedangkan pada formulasi cair kombinasi mikroba tersebut menunjukkan respon lebih tinggi, masing-masing 97,3% dan 100%. Tingkat efisiensi pemanfaatan cadangan makanan dalam benih yang ditunjukkan oleh variabel BKKN menunjukkan kombinasi mikroba I₁, I₃ dan I₅ pada formulasi pasta lebih reponsif dibanding kombinasi mikroba lainnya pada kedua bentuk formulasi. Berbeda dengan variabel viabilitas benih, yaitu DB, PTM dan BKKN, vigor benih yang ditunjukkan dengan variabel Indeks vigor dan K_{CT} menunjukkan pengaruh yang nyata. Seluruh kombinasi mikroba menunjukkan pengaruh lebih baik terhadap IV dan K_{CT} pada formulasi pasta, sedangkan pada formulasi berbentuk cair menunjukkan respon yang lebih rendah. Dari hasil uji tersebut terdapat perbedaan respon kombinasi dan bentuk formulasi mikroba terhadap mutu fisiologis benih. Kombinasi mikroba yang digunakan pada bentuk formulasi pasta lebih mendukung vigor benih, sedangkan pada formulasi cair lebih mendukung viabilitas benih. Viabilitas menunjukkan kemampuan benih untuk tumbuh

Tabel 3. Pengaruh formulasi dan kombinasi mikroba terhadap viabilitas dan vigor benih jagung hibrida Bima 3.

Formulasi	Kombinasi mikroba	Mutu fisiologis benih				
		Daya berkecambah (%)	Indeks vigor (%)	Potensi tumbuh maksimum (%)	Kecepatan tumbuh benih (%/etmal)	Bobot kering kecambah normal (g)
Pasta	I ₁	92,7 ab	95,3 ab	5,8 a	87,3 b	26,7 ab
	I ₂	90,0 b	92,7 b	4,7 ef	80,7 ab	23,6 c
	I ₃	99,3 a	99,3 ab	5,7 ab	97,3 a	28,5 a
	I ₄	93,3 ab	94,0 ab	5,2 cde	86,7 ab	25,9 b
	I ₅	98,7 a	98,7 ab	5,6 ab	94,7 a	28,5 a
	I ₆	96,0 ab	99,3 ab	5,5 bcd	94,7 a	28,0 ab
	Rata-rata	95,0 A	96,6 A	5,4 A	90,2 A	26,9 A
Cair	I ₁	94,7 ab	98,0 ab	4,5 f	20,7 d	18,5 f
	I ₂	97,3 a	100,0 a	4,8 ef	34,0 cd	20,7 de
	I ₃	94,7 ab	97,3 ab	5,1 de	28,7 cd	19,1 ef
	I ₄	96,7 ab	98,0 ab	5,0 de	31,3 cd	21,3 d
	I ₅	94,7 ab	96,7 ab	5,1 de	36,7 c	21,4 d
	I ₆	97,3 a	97,3 ab	5,0 de	34,0 cd	22,0 cd
	Rata-rata	95,9 A	97,9 A	4,9 A	30,9 B	20,5 B

Keterangan: I₁ (P24-AzL7), I₂ (P24-AzL9), I₃ (B28-AcCKB4), I₄ (P24-AcCKB9), I₅ (P24-AcCKB20), I₆ (P24-AcCKw5). Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

menjadi kecambah normal pada kondisi optimum, sedangkan vigor benih sebaliknya, yaitu pada kondisi suboptimum (Ilyas 2012).

Proses fisiologis pertama yang terjadi dalam perkecambahan benih adalah imbibisi atau masuknya air ke dalam jaringan benih. Air berperan dalam reaktivasi enzim, peningkatan respirasi melalui beberapa lintasan untuk menghasilkan ATP yang digunakan untuk sintesis organel sel, sintesis RNA dan protein hingga terjadi inisiasi embrio. Setelah terjadi inisiasi embrio, proses selanjutnya adalah perombakan cadangan makanan (karbohidrat, lemak, protein, dan phytin) yang digunakan untuk menghasilkan energi. Proses perombakan cadangan makanan tersebut terjadi melalui reaksi enzimatik dan hasilnya dimobilisasikan ke titik tumbuh yang diatur oleh fitohormon (Bewley *et al.* 2013, Hedia *et al.* 2011, Yu-qin and Song 2008). Dari proses tersebut jelas untuk perkecambahan benih yang paling pertama dibutuhkan adalah air, selanjutnya fitohormon. Fitohormon secara alamiah sudah terdapat dalam benih (*endogenous*) maupun dari mikroba yang mengkoloni spermosfer.

Hasil penelitian ini menunjukkan peran mikroba probiotik yang diaplikasikan ke dalam jaringan benih melalui *seed treatment* berperan dalam kolonisasi di sekitar permukaan benih (spermosfer) dan menghasilkan hormon pertumbuhan yang dibutuhkan

benih untuk perkecambahan, namun tidak berpengaruh terhadap viabilitas benih (DB, PTM, BKKN), sebaliknya berperan nyata terhadap vigor benih (IV, K_{CT}). Variabel DB, PTM, BKKN, IV, dan K_{CT} seluruh perlakuan menunjukkan nilai yang tinggi. Hal ini mengindikasikan viabilitas benih yang digunakan masih baik dan kedua formulasi mikroba probiotik yang dibuat tidak berefek negatif atau bersifat *nontoxic* terhadap benih jagung hibrida. Formulasi pasta lebih efektif mendukung vigor benih dibandingkan dengan formulasi cair.

Pertumbuhan Tanaman

Tinggi Tanaman

Pengaruh formulasi, dosis pupuk NP, dan jenis mikroba terhadap tinggi tanaman jagung hibrida disajikan pada Tabel 4.

Respons tinggi tanaman terhadap bentuk formulasi pasta dan cair tidak nyata. Tinggi tanaman dengan menggunakan formulasi pasta rata-rata 119,6 cm, sedangkan pada formulasi cair 126,4 cm. Hal ini mengindikasikan formulasi mikroba tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh kombinasi mikroba, tidak terdapat perbedaan tinggi tanaman yang disebabkan oleh penggunaan mikroba.

Tabel 4. Pengaruh formulasi pasta dan kombinasi mikroba terhadap tinggi tanaman jagung hibrida Bima 3.

Formulasi	Dosis pupuk	Tinggi tanaman (cm)						Rata-rata	
		I ₀	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅		I ₆
Pasta	0%	70,2 c	70,0 c	65,5 c	69,7 c	67,0 b	67,0 c	61,3 d	67,2 C
	25%	124,3 b	118,5 b	107,7 b	99,3 b	124,0 a	114,2 b	111,8 c	114,3 B
	50%	131,0 ab	129,5 ab	131,5 b	132,5 a	120,2 a	129,5 ab	121,2 bc	127,9 AB
	75%	154,5 a	139,5 ab	116,7 b	138,0 a	133,0 a	152,2 a	160,7 a	142,1 A
	100%	156,7 a	145,8 a	159,8 a	147,8 a	142,2 a	134,0 ab	140,2 ab	146,6 A
Rata-rata		127,3 A	120,7 A	116,2 A	117,5 A	117,3 A	119,4 A	119,0 A	119,6 A
Cair	0%	70,1 c	85,0 b	74,5 c	79,5 b	66,5 d	66,3 d	68,3 c	72,9 C
	25%	123,4 b	125,5 a	127,2 b	121,3 a	104,5 c	115,0 c	126,0 b	120,4 B
	50%	130,0 ab	128,3 a	126,5 b	133,0 a	142,8 ab	155,8 ab	123,0 b	134,2 AB
	75%	154,1 a	142,7 a	162,3 a	139,8 a	167,5 a	138,8 bc	163,3 a	152,7 A
	100%	155,7 a	150,7 a	148,3 ab	141,0 a	138,0 b	167,0 a	161,8 a	151,8 A
Rata-rata		126,7 A	126,4 A	127,8 A	122,93 A	123,9 A	128,6 A	128,5 A	126,4 A

Keterangan : I₁ (P24-AzL7), I₂ (P24-AzL9), I₃ (B28-AcCKB4), I₄ (P24-AcCKB9), I₅ (P24-AcCKB20), I₆ (P24-AcCKw5).

Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Perbedaan tinggi tanaman ditunjukkan oleh perlakuan dosis pupuk NP. Respons tanaman sangat jelas antara yang dipupuk dengan yang tidak dipupuk. Tinggi tanaman tanpa pemupukan menunjukkan respons yang paling rendah, semakin tinggi dosis pupuk yang digunakan semakin meningkat tinggi tanaman. Secara statistik, perbedaan respons tinggi tanaman terjadi hingga dosis 2 (50% NP). Respons tinggi tanaman pada dosis 3 (75%) dan 4 (100%) cenderung meningkat tetapi secara statistik tidak menunjukkan perbedaan. Dengan demikian dosis pupuk 50% NP dari rekomendasi atau setara 150 kg/ha urea dan 100 kg/ha SP-36 dianggap cukup untuk memperoleh tinggi tanaman yang diharapkan.

Interaksi bentuk formulasi, dosis pupuk NP dan kombinasi mikroba menunjukkan pengaruh yang berbeda. Tinggi tanaman tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan, kecuali dengan penambahan dosis pupuk. Tanpa formulasi mikroba dan dikombinasikan dengan dosis 75% NP, tinggi tanaman 154,5 cm. Penambahan formulasi pasta dengan mikroba I₆, tinggi tanaman mencapai 160,7 cm. Dengan formulasi cair, respon tanaman tampak jika tanpa pemupukan NP, dengan tinggi tanaman 70,2 cm dan meningkat dengan penggunaan formulasi mikroba I₁ dan I₃ masing-masing menjadi 85 cm dan 79 cm. Hasil penelitian Mulyana dan Sudrajat (2012), menunjukkan penggunaan inokulan konsorsia mikroba rhizosfer sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) mampu meningkatkan tinggi tanaman jagung.

Jumlah Daun

Bentuk formulasi pasta serta cair, dan dosis pupuk berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, sedangkan kombinasi mikroba tidak berpengaruh nyata. Interaksi ketiga faktor tersebut berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Pengaruh formulasi, kombinasi mikroba dan dosis pupuk NP terhadap jumlah daun disajikan pada Tabel 5.

Perbedaan sangat nyata terlihat antara tanaman yang dipupuk dengan tidak di pupuk. Semakin tinggi dosis pupuk semakin meningkat jumlah daun. Hal ini menunjukkan hara nitrogen yang terkandung dalam pupuk urea dimanfaatkan tanaman. Jumlah daun pada petak perlakuan formulasi pasta tanpa mikroba dengan dosis pupuk 3 (75%) adalah 12,2 helai, sedangkan dengan penggunaan I₃ jumlah daun yang sama bisa dicapai dengan penggunaan dosis pupuk 2 (50%). Begitu juga pada formulasi, cair jumlah daun pada dosis 4(100%) bisa dicapai dengan penggunaan mikroba I₃, cukup dengan dosis 1 (25%) tetapi tidak demikian dengan mikroba lainnya. Hal ini menunjukkan masing-masing mikroba memberikan pengaruh yang berbeda seperti dilaporkan oleh Lugtenberg *et al.* 2001. Mikroba yang terkandung dalam formulasi berperan dalam penambahan nitrogen, sehingga membantu suplai nitrogen pada tanaman. Menurut Kraiser *et al.* (2011), nitrogen merupakan unsur utama pembentukan organ vegetatif tanaman dan zat hijau daun.

Tabel 5. Pengaruh formulasi pasta dan kombinasi mikroba terhadap jumlah daun jagung hibrida Bima 3.

Formulasi	Dosis pupuk	Jumlah daun (helai)						Rata-rata	
		I ₀	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅		
Pasta	0%	8,0 b	7,7 b	8,2 c	8,0 c	7,7 b	8,3 c	9,0 c	8,0 C
	25%	11,8 a	12,0 a	11,0 b	10,7 b	11,5 a	11,2 b	11,4 ab	11,4 B
	50%	12,0 a	11,8 a	11,8 ab	12,2 a	11,7 a	12,0 ab	11, b	11,8 B
	75%	12,2 a	12,0 a	10,8 b	12,2 a	11,8 a	12,8 a	12,1 a	12,1 A
	100%	12,2 a	12,0 a	12,7 a	11,5 ab	12,3 a	11,5 b	12,1 a	12,1 A
Rata-rata		11,2 A	11,10 A	10,90 A	10,9 A	11,0 A	11,2 A	11,2 A	11,1 B
Cair	0%	8,0 b	9,7 c	8,5 b	9,2 b	8,3 c	8,0 c	8,7 c	8,7 C
	25%	11,3 a	11,3 b	12,2 a	12,2 a	11,3 b	11,5 b	11,8 b	11,7 B
	50%	11,8 a	12,3 ab	12,2 a	12,5 a	12,5 ab	13,0 a	12,5 ab	12,5 A
	75%	11,1 a	12,3 ab	13,0 a	12,3 a	12,8 a	12,3 ab	12,7 a	12,6 A
	100%	12,2 a	12,8 a	12,3 a	12,3 a	11,8 ab	13,3 a	12,6 a	12,6 A
Rata-rata		10,9 A	11,7 A	11,6 A	11,7 A	11,4 A	11,6 A	12,2 A	11,6 A

Keterangan: I₁ (P24-AzL7), I₂ (P24-AzL9), I₃ (B28-AcCKB4), I₄ (P24-AcCKB9), I₅ (P24-AcCKB20), I₆ (P24-AcCKw5).
 Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Tabel 6. Pengaruh formulasi pasta dan kombinasi mikroba terhadap klorofil daun (unit) jagung hibrida Bima 3.

Formulasi	Dosis pupuk	Klorofil daun (unit)						Rata-rata	
		I ₀	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅		
Pasta	0%	22,2 c	23,3 b	24,9 c	24,6 b	27,9 b	26,1 b	23,2 d	24,6 C
	25%	26,6 bc	26,3 b	27,7 c	26,4 b	29,0 b	32,6 ab	28,2 cd	28,1 BC
	50%	27,5 bc	28,1 b	34,6 ab	37,2 a	30,7 b	33,8 a	32,0 bc	32,0 B
	75%	31,4 ab	29,9 b	31,7 bc	33,2 a	32,5 ab	36,8 a	39,4 a	33,6 AB
	100%	35,1 a	38,0 a	39,3 a	37,5 a	38,4 a	35,0 a	35,6 ab	37,0 A
Rata-rata		28,5 B	29,1 B	31,7 AB	31, 8 AB	31,7 AB	32,9 A	31,7 AB	31,1 A
Cair	0%	22,1 c	26,8 b	25,0 c	28,3 b	19,5 b	22,8 c	22,8 b	23, 9 C
	25%	26,4 bc	26,5 b	28,5 bc	27,7 b	24,3 b	31,6 b	27,5 b	27,5 BC
	50%	27,3 bc	31,6 ab	29,1 bc	28,1 b	33,0 a	36,4 ab	27,5 b	30,4 B
	75%	31,3 ab	32,6 ab	38,7 a	32,1 ab	37,6 a	30,4 b	36,2 a	34,1 AB
	100%	35,1 a	36, 5 a	34,5 ab	36,0 a	34,3 a	40,7 a	38,6 a	36,5 A
Rata-rata		28,4 C	30,8 B	31,2 AB	30,4 B	29,7 B	32,4 A	30,5 B	30,5 A

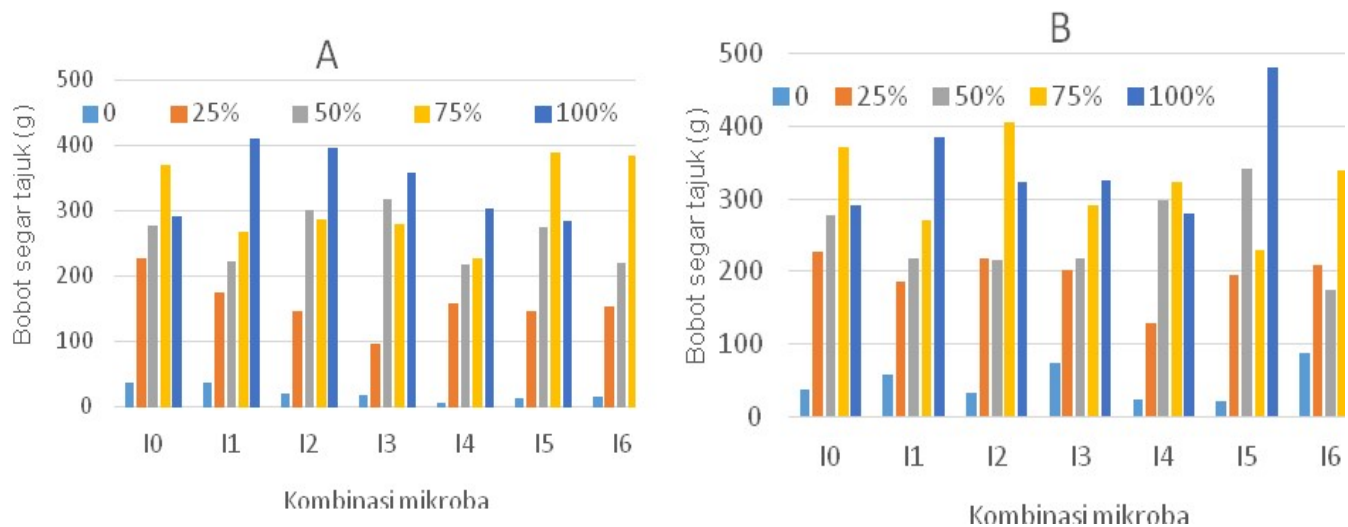
Keterangan: I₁ (P24-AzL7), I₂ (P24-AzL9), I₃ (B28-AcCKB4), I₄ (P24-AcCKB9), I₅ (P24-AcCKB20), I₆ (P24-AcCKw5).
 Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%.

Klorofil Daun

Hasil percobaan menunjukkan bentuk formulasi tidak berpengaruh nyata terhadap klorofil daun, sedangkan dosis pupuk, kombinasi mikroba, dan interaksi ketiga faktor berpengaruh nyata terhadap klorofil daun (Tabel 6). Klorofil merupakan butir hijau daun yang terdapat dalam organel sel tanaman berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan, dan berfungsi dalam pembentukan pati dari karbohidrat terlarut hasil tanaman (Hidayat 1995). Semakin tinggi jumlah klorofil

yang terkandung pada daun fotosintesis semakin sempurna fotosintesis.

Pemberian dosis pupuk 1 (25%) tidak memberikan pengaruh yang nyata dibanding tanpa pupuk. Perbedaan tampak setelah pemberian dosis 2 hingga dosis 4. Respon klorofil daun tertinggi dicapai pada dosis 4 (100%). Dengan demikian, klorofil daun meningkat seiring dengan peningkatan dosis pupuk. Pengaruh yang sama ditunjukkan oleh faktor kombinasi mikroba. Penggunaan mikroba berpengaruh nyata dibanding tanpa mikroba, yang berarti penggunaan mikroba



Gambar 2. Pengaruh formulasi pasta dan kombinasi mikroba terhadap bobot segar tajuk jagung hibrida Bima-3. (A) formulasi pasta, (B) formulasi cair. I₁ (P24-AzL7), I₂ (P24-AzL9), I₃ (B28-AcCKB4), I₄ (P24-AcCKB9), I₅ (P24-AcCKB20), I₆ (P24-AcCKW5).

probiotik meningkatkan kandungan klorofil daun tanaman. Kandungan klorofil tertinggi dicapai pada perlakuan I₅, yaitu 32,9 unit pada formulasi pasta dan 32,4 unit pada formulasi cair, sehingga kombinasi mikroba P24-AcCKB20 dapat meningkatkan kandungan klorofil daun. Kandungan klorofil daun berkorelasi positif dengan status nitrogen dalam tanah. Hal ini menunjukkan pemberian pupuk urea meningkatkan klorofil, terkait dengan kemampuan tanaman menyediakan unsur yang dibutuhkan tanaman. Jenis mikroba *Azotobacter* dan *Actinomyces* dapat membantu menyediakan N bagi tanaman dengan cara penambahan nitrogen di sekitar rhizosfer.

Bobot Brangkas

Bobot brangkas merupakan respon tanaman dalam menyerap CO₂ dari udara dan air serta nutrisi dari tanah yang diubah menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis. Aplikasi mikroba dalam bentuk formulasi dan dosis pupuk berpengaruh nyata terhadap bobot segar tajuk tanaman, tetapi tidak terdapat interaksi antara keduanya. Gambar 2. memperlihatkan pengaruh formulasi, dosis pupuk, dan kombinasi mikroba terhadap bobot brangkas tajuk segar. Interaksi bentuk formulasi dan jenis mikroba dengan dosis pupuk memberikan pengaruh yang nyata. Hal ini mengindikasikan peranan pupuk NP yang sangat dominan pada bobot segar tajuk. Peran mikroba dalam penambahan nitrogen dan pelarutan fosfat nampaknya kurang maksimal karena kadar C-organik dalam media tanam termasuk rendah (Tabel 1). Bahan organik dalam media tanam berperan sebagai sumber energi bagi

mikroba tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroba tersebut dalam penyediaan hara tanaman. C-organik penting bagi mikroorganisme, tidak hanya sebagai unsur hara, tetapi juga sebagai pengkondisi sifat fisik tanah yang mempengaruhi karakteristik agregat dan air tanah.

Kombinasi perlakuan mikroba I₁, I₂, I₃ dan I₄ mampu menghasilkan bobot tertinggi pada dosis pupuk NP 100%, sedangkan perlakuan I₅ dan I₆ memberi hasil terbaik pada dosis NP 75% untuk formulasi pasta. Berbeda dengan formulasi pasta, formulasi cair menunjukkan kombinasi mikroba I₁, I₃, I₅ dan I₆ memberikan respon bobot tajuk segar yang lebih baik pada dosis 100% NP, sedangkan pada perlakuan I₂ dan I₄ lebih baik pada dosis 75% NP. Hal ini menunjukkan adanya kecocokan yang berbeda dari tiap kombinasi mikroba terhadap bentuk formulasi dan dosis pupuk NP. Hasil penelitian Mulyana dan Sudrajat (2012) pada tanah terpapar radiasi menunjukkan pemberian mikroba konsorsia meningkatkan bobot kering brangkas jagung manis 2364%, begitu juga penelitian Maheswari *et al.* (2015), penggunaan mikroba konsorsia *Pseudomonas* dan *Bacillus* meningkatkan pertumbuhan vegetatif pakchoy.

KESIMPULAN

Formulasi mikroba probiotik efektif menunjang viabilitas benih dengan nilai DB dan PTM masing-masing lebih dari 92,7% dan 94%. Formulasi mikroba probiotik bentuk pasta lebih efektif menunjang vigor benih dengan nilai IV dan K_{CT} masing-masing lebih dari 87,3% dan 23,6% per etmal.

Formulasi mikroba probiotik berpengaruh positif terhadap perkembangan perakaran dan pertumbuhan vegetatif jagung hibrida Bima-3. Kesesuaian bentuk formulasi mikroba probiotik dipengaruhi oleh jenis mikroba dan ketersediaan unsur hara tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan dana penelitian melalui program insentif penelitian strategis nasional 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aziez, S.M., W.E. Eweda., and M.G.Z. Girgis. 2014. Improving the productivity and quality of black cumin (nigella sativa) by using azotobacter as N₂ biofertilizer. *Annal of Agricultural Science* 59(1):95-108.
- Amalia, A.F. 2014. Formulasi aktinomiset menggunakan beberapa jenis tanah sebagai agens hayati penyakit kresek (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) pada padi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Aryanto, A., Triadiati, Sugiyanta. 2015. Pertumbuhan dan produksi padi sawah dan gogo dengan pemberian pupuk hayati berbasis bakteri pemacu tumbuh di tanah masam. *JIPI*. 20(3):229-235.
- Asih, P.R. 2016. Isolasi, identifikasi, serta aplikasi rhizobakteri dan pupuk nitrogen-fosfat dalam mempengaruhi mutu fisiologis benih dan pertumbuhan tanaman tetua betina jagung hibrida. Tesis. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Baiquni, A. 2014. Keefektifan formulasi cair dan pasta *ralestonia pickettii* untuk mengendalikan penyakit hawar pelepah pada padi. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk teknis analisis Kkimia tanah, tanaman, air, dan pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 136p.
- Beyranvand, H., Amin, F., Shahram, N., and M. Shaban. 2013. Response of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) to different bio fertilizers. *Int J Adv Biol Biom Res*. 1(9):1068-1077.
- Bewley, J. Derek., K.J. Bradford., Henk, W.M., Hilhorst., and H. Nonogaki. 2013. SEED. Physiology of Development, Germination and Dormancy, 3rd Edition. pp 133-181. Springer New York.
- Biomate India. 2008. Project report for biofertilizer laboratory and production unit. [16 November 2016].
- Brahmapraksh, G.P., and P.K. Sahu. 2012. Biofertilizers for sustainability. *Journal of the Indian Institute of Science* 92(1):37-62.
- Egamberdiyeva, D., Jureiva, D., Poberejskaya, S., Myachina, O., Teryuhova, P., Seydalieva, L., and Aliev, A. 2006. Improvement of Wheat and Cotton Growth and Nutrient Uptake by Phosphate Solubilizing Bacteria. 26th *Southern Conservation Tillage Conference*. 58-66.
- Hanapi, S.Z., H.M. Awad., S.I.S. Ali., S.H.M. Sarip., M.R. Samidi., and R. Aziz. 2013. Agriculture wastes conversion for biofertilizer production using beneficial microorganisms for sustainable agriculture applications. *Malasian Journal of Microbiology* 9(1):60-67.
- He, Yanhui., Z. Wu., Liang, Tu., Y. Han., G. Zhang., and C.Li. 2015. Encapsulation and characterization of slow-release microbial fertilizer from the composites of bentonite and alginate. *Applied Clay Science* 68-75.
- Hedia, T., López, I., and Vicient, C.M. (2011), Control of the scutellar epithelial cell elongation during germination in maize (*Zea mays* L.). *Seed Sci. & Technol.* 39:253-258.
- Hidayat, E.B. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Hipi, A., M. Surahman., S. Ilyas., dan Giyanto. 2013. Pengaruh aplikasi rizobakteri dan pupuk fosfat terhadap produktivitas dan mutu fisiologis benih jagung hibrida. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 32(3):192-198.
- Ilyas, S. 2012. *Ilmu dan Teknologi Benih: Teori dan Hasil-Hasil Penelitian*. Institut Pertanian Bogor.
- ISTA. (International Seed Testing Association). 2014. *International Rules for Seed Testing*, Edition 2014. Switzerland.
- Ivanova, E., E. Teunou., and D. Poncetlet. 2005. Alginate based macrocapsules as inoculants carriers for production of nitrogen biofertilizers. *Proc of the Balkan Scientific Conference of Biology*. Plovdiv, 19-21 May 2005.
- Kantachote, D., Tomorn, N., Thanawan, K., and Sumate, C. 2016. Biofertilizers from Rhodopseudomonas polustris strains to enhance rice yield and reduce methane emissions. *Appl soil ecol*. 31(1):154-161.
- Kementan (Kementerian Pertanian). 2011. *Peraturan Menteri Pertanian No. 70 Tahun 2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah*. Jakarta.
- Kraiser, T., Gras, D.E., Gutierrez, A.G., Gonzalez, B., and Gutierrez, R.A. 2011. A holistic view of nitrogen acquisition in plants. *Journal of Experimental Botany* 62(4):1455-1466.
- Lugtenberg, B.J.J., Dekkers, L.C., and Bloemberg, G.V., 2001. Molecular determinants of rhizosphere colonization by Pseudomonas. *Annu. Rev. Phytopathol.* 39:461-490.
- Maheswari, D.K., R.C. Dubey., M. Agarwal., S. Dheeman., A. Aeron., and V.K. Bajpai. 2015. Carrier based formulations of biocontrol consortia of disease suppressive pseudomonas aeruginosa KRP1 and Bacillus licheniformis KRB1. *Ecological Engineering* 81:272-277.
- Maheswari, N.U., and M. Kalaiyarasi. 2015. Comparative Study of Liquid Biofertilizer and Carrier Based Biofertilizer on Green Leafy Vegetables. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 33(1): 229-232.
- Malusa, E., L. Sas-Paszt., and J. Ciesielska. 2012. Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. *The Scientific Word Journal*. 12 p. doi:10.1100/2012/491206.
- Manikandan, R., Saravanakumar, D., Rajendran, L., Raguchander, T., and Samiyappan, R. 2010. Standardization of liquid formulation of Pseudomonas fluorescens Pf1 for its efficacy against Fusarium wilt of tomato. *Biol Control*. 54:83-89.
- Mulyana, N., dan D. Sudrajat. 2012. Formulasi inokulan konsorsia mikroba Rhizosfer berbasis kompos teriradiasi. *Prosiding pertemuan dan presentasi ilmiah-penelitian dasar dan ilmu pengetahuan teknologi nuklir. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan*. Batan. 126-132.
- Noor, A. 2003. Pengaruh fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang terhadap P tersedia dan pertumbuhan kedelai pada ultisol. *Bul. Agronomi* 3(3):100-106.
- Obidiebube, E.A., U.A. Achebe., S.O. Akparobi., and P.E. Kator. 2012. Effect of different level of N-P-K (15-15-15) on the growth and yield of mize in rainforest agro-ecological zone. *International Journal of Agriscience* 2(12):1103-1106.

- Pesakovic, M., Zaklina, K.S., Slobodan, M., and Olga, M. 2013. Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) and soil microorganisms. *Sci Horticult.* 238-243.
- Pindi, P.K., and S.D.V. Satyanarayana. 2012. Liquid microbial consortium-a potential tool for sustainable soil health. *J Biofertil Biopestici.* 3(4):1-9.
- Sekar, K.R., and N. Karmegam. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizer: assesment of endurance and viability of azotobacter chroococccum, bacillus megaterium and rhizobium leguminosarum. *Scientia horticultura.* 124:286-289.
- Shen, Z., Y. Ruan., B. Wang., S. Zhong., L. Su., R. Li., and Q. Shen. 2015. Effect of biofertilizer for supressing fusrium wilt disease of banana as wel as enhancing microbial and chemical properties of soil under greenheouse trial. *Applied Soil Ecology* 93:111-119.
- Singh, J.S., Vimal, C.P., and D.P. Singh. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystem and Environment.* 140:339-353.
- Sirappa, M.P., and N. Razak. 2010. Peningkatan Produktivitas Jagung Melalui Pemberian Pupuk N, P, K dan pupuk Kandang pada Lahan Kering di Maluku. *Prosiding Pekan Serealia Nasional.*
- Soleimanzadeh, H., and F. Ghooshchi. 2013. Response of growth and yield of maize to biofertilizers in organic and conventional cropping systems. *Intl J Agri Crop Sci.* 5(7):797-801.
- Suriadikarta, D.A., dan R.D.M. Simanungkalit. 2012. Pendahuluan. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati.* Badan Litbang Pertanian. Jakarta pp. 1-10. Di dalam: R.D.M Simanungkalit, D.A Suriadikarta, R. Saraswati, D. setyorini, W Hartatik, editor. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati.* 312p. Badan Litbang Pertanian.
- Tao, J., X. Liu., Y. Liang., J. Niu., Y. Xiao., Y. Gu., L. Ma., D. Meng., Y. Zhang., W. Huang., D. Peng., and H. Yin. 2017. Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. *Appl Microbiol Biotechnol.* 101(3):1289-1299.
- Waluyo, L. 2012. *Mikrobiologi umum.* Universitas Muhammadiyah Malang. p343.
- Wartono., Guyanto., dan K.H. Mutaqin. 2015. Efektivitas formulasi spora *Bacillus subtilis* B12 sebagai agen pengendali hayati penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 34(1):21-28.
- Yu-qin, Mei., and Song-quan. 2008. Early morphological and physiological event occurring during germination of maize seed. *Agricultural Science in China.* 7(8).950-957.
- Zarei, I., Y. Sohrabi., G. R. Heidari., A. Jalilian., and K. Mohammadi. 2012. Effects of biofertilizers on grain yield and protein content of two soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Afr J Biotechnol.* 11(27): 7028-7037.

