

PENGARUH pH MEDIA PERTUMBUHAN TERHADAP KETAHANAN DARI *Rhizobium* sp. PADA TANAH YANG BERSIFAT ASAM

THE EFFECT OF MEDIA ACIDITY ON THE GROWTH AND THE SURVIVAL OF *Rhizobium* sp. IN ACIDIC SOIL

Ni MADE WIDYASARI^{1*}, RETNO KAWURI¹, I KETUT MUKSIN¹

Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran, Bali

*Email: ayikwidyasari@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan *Rhizobium* sp. yang ditumbuhkan pada pH media pertumbuhan 7,0 dan 5,8 serta mengetahui kemampuan hidup *Rhizobium* sp. pada media tanah asam dengan pH 5,0 dan respon inokulum *Rhizobium* sp. pada tanaman kedelai secara *in vivo*. *Acid Tolerance Responce* (ATR) didapatkan dengan cara menumbuhkan *Rhizobium* sp. dengan pH media pertumbuhan 7,0 dan ditambahkan dengan media *Yeast Extract Mannitol Broth* (YMB) dengan pH 5,8 dan pH 7,0, diinkubasi pada suhu 28°C selama 24 jam pada *shaker*. Penghitungan total mikroba dilakukan setiap 2 jam sekali dengan menggunakan *plating method*. Uji ketahanan *Rhizobium* sp. pada tanah asam dengan pH 5,0 secara *in vitro* dengan cara menghitung total bakteri dengan menggunakan *plating method* setiap hari selama 28 hari. Uji *in vivo* dilakukan dirumah kaca dengan menggunakan metoda *Most Probable Number* (MPN). Hasil penelitian menunjukkan *Rhizobium* sp. yang dikondisikan pertumbuhannya dengan pH 5,8 lebih resisten dan dapat membentuk ATR dibandingkan dengan *Rhizobium* sp. yang ditumbuhkan pada pH media 7,0. Pada pH 5,8 setelah 10 jam total bakterinya 285 CFU/g, sedangkan pada pH 7,0 total bakterinya 148 CFU/g. *Rhizobium* sp. mampu hidup pada tanah asam dengan pH 5,0 dan membentuk ATR pada hari ke 6 dengan total bakteri 137×10^4 CFU/g, tetapi respon inokulum *Rhizobium* sp. pada tanah dengan pH 5,0 tidak terjadi pembentukan nodul pada tanaman kedelai dikarenakan tanaman kedelai mengalami defisiensi unsur hara.

Kata kunci: pH media, acid tolerance responce, Rhizobium sp.

ABSTRACT

A research has been conducted to find out bacteria *Rhizobium* sp which was grown in media with pH of 7.0 and 5.8, as well as to investigate the viability of *Rhizobium* sp. in media with acidic soil pH 5.0 and inoculum response of *Rhizobium* sp. on soybean plants in vivo experiment. *Acid Tolerance Responce* (ATR) was gained by growing the *Rhizobium* sp. on pH 7.0, then and added with *Yeast Extract Mannitol Broth* (YMB) growth media in the pH of 5.8 and 7.0, incubated in 28°C for 24 hours in a shaker. Total calculation of bacteria was conducted every 2 hours with plating method. The acidity testing of *Rhizobium* sp. at the pH of 5.0 was done by counting total number of bacteria using plating method for 28 days. In vivo experiment was conducted in a greenhouse with *Most Probable Number* (MPN) method. The results showed that *Rhizobium* sp. which conditioned in the pH of 5.8 was more resistant and formed ATR than *Rhizobium* sp. which was grown on media with the pH of 7.0. At time of 10 hours and pH of 5.8, the total bacteria counted was 285 CFU/g, while in the pH of 7.0, 148 CFU/g bacteria was counted. In acidic soil, the total *Rhizobium* sp. reached 137×10^4 CFU / g on the day 6. However there was no symbiotic between *Rhizobium* sp. and soybean plants at green house experiment. This is due to soil nutrient deficiency.

Keywords: medium pH, acid tolerance responce, Rhizobium sp.

PENDAHULUAN

Tanaman Leguminosae merupakan tanaman yang sudah lama diketahui sebagai penyubur tanah. Simbiosis antara tanaman Leguminosae dengan bakteri *Rhizobium* sp. merupakan hal yang penting dalam bidang pertanian saat ini. Salah satu tanaman Leguminosae yang bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sp. adalah tanaman kacang kedelai. Tingkat kesuburan tanah dipengaruhi beberapa faktor antara lain keserasian

strain bakteri *Rhizobium* sp. dengan tanaman inang, kemampuan berkompetisi dengan bakteri-bakteri lain yang ada dalam tanah, kemampuan tanaman inang untuk menyediakan nutrisi bagi bakteri *Rhizobium* sp. yang bersimbiosis dengan tanaman tersebut (Krisno, 2011).

Permintaan kacang kedelai yang terus meningkat belum dapat diimbangi dengan produksi kacang kedelai yang rendah. Salah satu penyebab dari keadaan ini adalah lahan tanah yang asam. Kondisi asam merupakan salah satu faktor yang dapat menekan pertumbuhan

dan penghambatan simbiosis *Rhizobium* sp. dengan tanaman kedelai. Salah satu penyebabnya tanah asam adalah penggunaan pupuk sintetis yang tidak menurut dosis yang dianjurkan (Ashiyami, 2007).

Ketahanan terhadap kondisi asam pada lingkungan dapat diperoleh dengan cara menumbuhkan bakteri *Rhizobium* sp. pada pH normal, kemudian ditumbuhkan kembali pada media yang bersifat asam. Menurut penelitian Kawuri (1997), menunjukkan bahwa bakteri *Sinorhizobium fredii* yang ditumbuhkan pada media dengan pH 7,0 dan kemudian ditumbuhkan pada media dengan pH 5,8 dapat memiliki kemampuan hidup pada tanah yang mempunyai pH rendah (4,0-5,7). Respon tersebut disebut dengan *Acid Tolerance Response* (ATR).

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertarik untuk mengisolasi bakteri *Rhizobium* sp. pada tanaman kacang kedelai dan membuat inokulum *Rhizobium* sp. yang tahan terhadap kondisi tanah yang bersifat asam.

MATERI DAN METODE

Isolasi Nodul

Tanaman kacang kedelai diambil dari persawahan di daerah Desa Pinda, Kecamatan Gianyar, Kabupaten Gianyar dengan cara membuat lubang pada tanah yang ditumbuhi tanaman kedelai, kemudian tanaman kedelai tersebut diangkat perlahan agar nodulnya tidak lepas dari akarnya. Cara inokulasi bakteri *Rhizobium* sp. menurut Somasegaran and Hoben (1994), yaitu akar tanaman kacang kedelai yang berisi nodul dicuci dengan air atau dibersihkan dari tanah yang melekat. Nodul yang telah di pisahkan dari akar kemudian dicuci dengan air steril dan dibilas dengan alkohol 95% dan di bilas kembali ke air steril. Nodul yang telah steril ditetesi air steril kemudian dipencet sehingga cairan merah keluar dari nodul dan cairan merah tersebut ditanam ke dalam cawan petri yang berisi media YEMA (*Yeast Extract Mannitol Agar*) + MB (*Metilen Blue*) dengan cara *streak*. Inkubasi cawan Petri di dalam inkubator dengan suhu 28°C selama 24-48 jam. Hal tersebut dilakukan hingga memperoleh kultur murni yang ditandai koloni *Rhizobium* sp. berwarna biru. Bakteri yang didapat diidentifikasi menggunakan buku *Bergey's Manual Determinative Bacteriology* (Holt et al., 1994).

KONDISI PERTUMBUHAN

Kultur *starter* ditumbuhkan kedalam 250 ml labu erlemeyer yang diisi 50 ml media YMB (*Yeast Extract Mannitol Broth*) (pH 7,0). Kultur *starter* diinkubasi selama 24 jam pada suhu 28°C di atas *shaker* dengan kecepatan 70 rpm dan kemudian diinokulasi kembali pada media YMB (*Yeast Extract Mannitol Broth*) dengan pH 5,8 dan pH 7,0 (Kawuri, 1997).

Ketahanan Terhadap Asam (*Acid Tolerance Response*)

Untuk menguji respon toleransi terhadap asam pada *Rhizobium* sp., 5 ml sel kultur *starter* yang ditambahkan 50 ml media YMB (*Yeast Extract Mannitol Broth*) (pH 7,0) disentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm selama

15 menit pada suhu kamar. Kemudian terjadi pemisahan antara residu dengan supernatan. Supernatan dibuang dan residu yang mengendap dibilas dengan media steril YMB (pH pertumbuhan 7,0). Selanjutnya ditambahkan dengan 50 ml media YMB dengan pH 5,8 dan pH 7,0, kemudian diinkubasi di atas *shaker* dengan kecepatan 70 rpm. Diambil 1ml masing-masing sampel setiap 2 jam sekali secara berkala selama 24 jam untuk melihat pertumbuhan bakteri dengan menggunakan *plating method* (Kawuri, 1997).

Persiapan Kultur *Rhizobium* sp. *in vivo*

Diambil 100 ml kultur *starter Rhizobium* sp., yang berpotensi terhadap kondisi asam, kemudian dimasukkan ke dalam 250 ml labu elenmeyer dan kemudian diinkubasi selama satu hari di atas *shaker*. Setelah diinkubasi kemudian dibandingkan dengan standar *Mc Farland* 5% dimana dengan kisaran jumlah bakteri 1×10^8 sel/ml (Somasegaran and Hoben, 1994)

Uji Ketahanan *Rhizobium* sp. pada Tanah Asam (pH 5,0) secara *in vitro*

Untuk menguji ketahanan *Rhizobium* sp. pada tanah asam (pH 5,0), ditimbang 90 gram tanah (pH 5,0) dan ditambahkan dengan 1 ml kultur *starter* yang tahan asam (pH 5,8). Kemudian diinkubasi selama 20 hari. Setiap harinya dihitung total bakteri dengan menggunakan *plating method* dengan pengenceran yang disesuaikan. Setelah membeku diinkubasi dengan suhu 28°C selama 24 jam. Perhitungan total bakteri dilakukan setiap hari selama 28 hari.

Uji inokulasi pada tanaman

Sebelum dilakukan uji inokulasi pada tanaman, kultur *starter* yang telah dibandingkan dengan standar *Mc Farland* 1×10^8 sel/ml terlebih dahulu dilakukan pengenceran (10^{-1} - 10^{-9}). Kemudian diambil 3 biji kedelai, lalu direndam selama 5 menit dalam 10 ml kultur *starter* + larutan *Tween* 1%. Selanjutnya ditanam kedalam *polybag* yang telah berisi media tanam (tanah), dan diulang sebanyak 4 kali, maka diperoleh 4 *polybag* tiap pengenceran. Setelah 8 minggu diamati pertumbuhan nodul pada akar tanaman kacang kedelai. Menurut Somasegaran and Hoben (1994), ada tidaknya nodul pada akar tanaman kacang kedelai dihitung dengan menggunakan metode perhitungan MPN dengan rumus

$$X = \frac{m \times d}{v}$$

Keterangan :

X = banyaknya rhizobia per gram tanah

m = jumlah total nodul dan dicocokkan pada tabel MPN

d = faktor pengenceran yang terendah

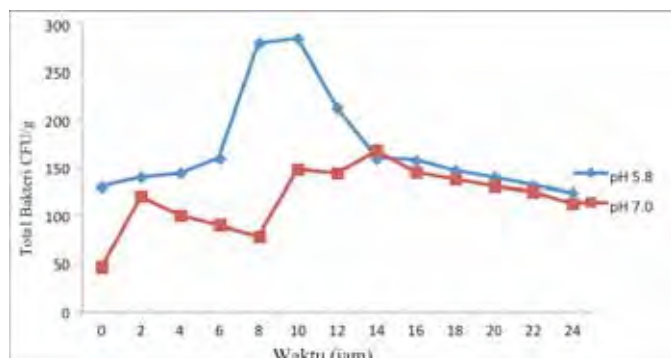
v = volume aliqout yang diaplikasikan pada tanaman

HASIL

Ketahanan *Rhizobium* sp. pada pH Media Pertumbuhan

Berdasarkan hasil penelitian, dari uji ketahanan bakteri *Rhizobium* sp. terhadap pH media pertumbuhan (pH

5,8 dan pH 7,0) didapatkan hasil seperti pada Gambar 1. Hasil penelitian menunjukkan *Rhizobium* sp. mampu hidup pada pH media 5,8 dibandingkan pH media 7,0. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *Rhizobium* sp. mampu membentuk ATR (*acid tolerance response*).



Gambar 1. Kurva hasil ketahanan *Rhizobium* sp. pada pH media pertumbuhan (pH 7,0 dan pH 5,8)

Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa bakteri *Rhizobium* sp. yang tumbuh pada pH media 5,8 menunjukkan pada jam ke-0 jumlah populasi bakteri yaitu 130 CFU/g, kemudian jumlah populasi semakin meningkat hingga jam ke-10 dengan total populasi yaitu 285 CFU/g. Setelah itu mengalami penurunan hingga pada jam ke-24 dengan total populasi yaitu 123 CFU/g. Sedangkan pada bakteri *Rhizobium* sp. yang ditumbuhkan pada pH media 7,0 menunjukkan pada jam ke-0 jumlah populasi bakteri yaitu 46 CFU/g, kemudian mencapai puncaknya pada jam ke-14 dengan total populasi yaitu 168 CFU/g, selanjutnya mengalami penurunan pada jam ke-24 dengan total populasi yaitu 112 CFU/g.

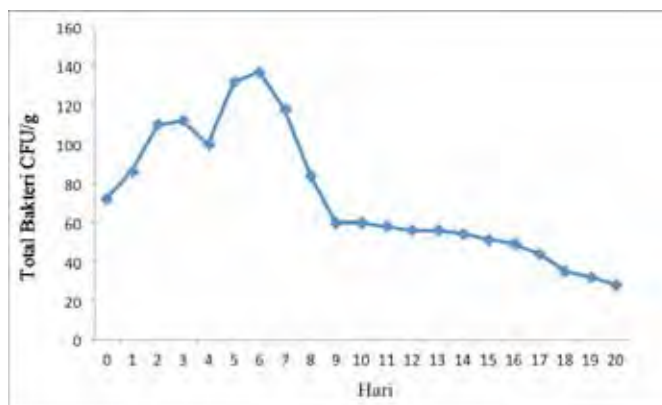
Uji ketahanan *Rhizobium* sp. pada tanah asam (pH 5,0) secara *in vitro*

Berdasarkan hasil uji ketahanan *Rhizobium* sp. pada pH media 5,8, maka dilanjutkan kembali dengan uji ketahanan *Rhizobium* sp. pada tanah asam dengan pH 5,0. Hasil uji ketahanan dari *Rhizobium* sp. pada tanah asam dengan pH 5,0 dapat dilihat pada Gambar 2.

Bakteri *Rhizobium* sp. yang ditumbuhkan pada tanah asam dengan pH 5,0 (Gambar 2) menunjukkan bahwa pada hari ke-0 total populasi bakteri *Rhizobium* sp. yaitu 72×10^1 CFU/g, kemudian mencapai puncak pada hari ke-6 dengan total populasi bakteri yaitu 137×10^4 CFU/g. Setelah itu mengalami penurunan hingga hari ke-20 dengan total populasi bakteri yaitu 28×10^2 CFU/g.

Uji Inokulasi Pada Tanaman

Berdasarkan hasil ketahanan *Rhizobium* sp. pada pH 5,8, maka dilanjutkan dengan uji inokulasi pada tanaman kacang kedelai. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa nodul tidak terbentuk pada semua perlakuan, ukuran akar yang kerdil, dan daun yang menguning dan terdapat bercak-bercak coklat. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. dan Gambar 5.



Gambar 2. Kurva hasil uji ketahanan *Rhizobium* sp. pada tanah asam (pH 5,0) secara *in vitro*.



Gambar 3. Perakaran tanaman kedelai usia 8 minggu setelah inokulasi (Widyasari, 2013).



Gambar 4. Tanaman kedelai usia 8 minggu setelah inokulasi (Widyasari, 2013).



Gambar 5. Daun tanaman kedelai usia 8 minggu setelah inokulasi (Widyasari, 2013).

PEMBAHASAN

Ketahanan *Rhizobium* sp. pada pH Media Pertumbuhan

Berdasarkan hasil penelitian uji ketahanan *Rhizobium* sp. pada pH media pertumbuhan (Gambar 1) menunjukkan bahwa *Rhizobium* sp. yang dikondisikan pertumbuhannya dengan pH 5,8 lebih resisten dan mampu beradaptasi terhadap kondisi asam dibandingkan dengan *Rhizobium* sp. yang dikondisikan pertumbuhannya dengan pH 7,0. Menurut Kawuri (1997), kemampuan hidup dari bakteri *Rhizobium* sp. yang tahan terhadap kondisi agak asam (pH 5,8) disebabkan karena bakteri *Rhizobium* sp. memiliki kemampuan untuk mempertahankan pH intraseluler (pHi) antara 7,2 dan 7,4 ketika pH eksternalnya (pHe) rendah (pH 5,6). Ketika pH media bersifat asam yang dapat menyebabkan toksik pada bakteri *Rhizobium* sp., dengan kemampuan dari bakteri *Rhizobium* sp. untuk memelihara kestabilan pH internalnya, maka tingkat toksisitasnya akan berkurang jika masuk ke dalam sel. Selain itu *Rhizobium* sp. juga mampu mengekstraksi senyawa alkalin ke lingkungan untuk meningkatkan pH eksternal. Dengan hal tersebut mengindikasikan bahwa bakteri *Rhizobium* sp. mampu menghasilkan ATR ketika ditumbuhkan pada media dengan pH 5,8.

Ketahanan dari bakteri *Rhizobium* sp. yang memiliki sifat toleran terhadap asam disebabkan karena terdapat materi genetik yang berperan dalam respon bakteri tersebut pada lingkungan asam. Kawuri (1997), melaporkan salah satu gen yang berperan dalam

ATR (*Acid Tolerance Responce*) adalah gen *act* (*acid tolerance*). Gen ini menimbulkan hambatan baik pada pertumbuhan maupun pemeliharaan pH_i pada kondisi asam. Menurut Faulina (2006), pada *Rhizobium loti*, sifat toleransi *Rhizobium loti* pada kondisi asam diperkirakan melibatkan mekanisme yang bersifat konstitutif seperti permeabilitas membran luar dengan respon adaptif termasuk fase pertumbuhan sel dan perubahan ekspresi protein.

Menurut Astuti (2006), beberapa galur *Rhizobium leguminosarum* diketahui toleran pada pH 4,0-4,5. Pada galur *Rhizobium* sp. dengan tipe koloni berlendir umumnya mampu bersifat toleran terhadap cekaman asam dibandingkan dengan galur dengan tipe koloni yang kering. Lendir yang dihasilkan merupakan karbohidrat berupa polisakarida ekstraseluler (EPS) yang diproduksi sebagai toleransi terhadap asam.

Pada penelitian ini koloni *Rhizobium* sp. yang diisolasi pada tanah di daerah Desa Pinda, Kecamatan Gianyar, memperlihatkan tipe koloni yang berlendir, dengan warna koloni putih susu, berbentuk bulat dengan permukaan yang cembung. Tetapi dalam penelitian belum dapat dipastikan bahwa koloni yang didapatkan lebih berlendir dibandingkan dengan isolat-isolat *Rhizobium* sp. lainnya.

Uji Ketahanan *Rhizobium* sp. pada Tanah Asam (pH 5,0) Secara *in vitro*

Berdasarkan hasil data dari uji ketahanan *Rhizobium* sp. pada tanah asam (pH 5,0) yang dilakukan secara *in vitro* menunjukkan bahwa bakteri *Rhizobium* sp. mampu menghasilkan ATR (*Acid Tolerance Responce*) pada hari ke-4 hingga hari ke-7 pada tanah yang bersifat asam dengan pH 5,0, sehingga dapat diasumsikan bahwa bakteri *Rhizobium* sp. mampu bersimbiosis dengan tanaman kedelai. Somasegaran and Hoben (1994), menyatakan proses terjadinya infeksi mulai hari ke-4 sampai hari ke-6. Dari data penelitian terlihat total populasi bakteri *Rhizobium* sp. pada hari ke-4 yaitu 1×10^6 CFU/g dan pada hari ke-6 total populasi bakteri *Rhizobium* sp. yaitu $1,3 \times 10^6$ CFU/g, dimana dengan total tersebut bakteri *Rhizobium* sp. mencukupi untuk terjadinya proses infeksi terhadap perakaran tanaman kedelai. Hal ini sesuai dengan Somasegaran and Hoben (1994), yang menyatakan bahwa populasi bakteri *Rhizobium* sp. yang cukup untuk menginfeksi akar kedelai yaitu $2,0 \times 10^6$ CFU/g.

Total bakteri pada hari ke-8 hingga hari ke-20 mengalami penurunan secara bertahap (Gambar 2). Faktor yang menyebabkan populasi bakteri *Rhizobium* sp. menurun adalah ketersediaan nutrisi yang tidak cukup untuk pertumbuhan selnya serta faktor lingkungan yang tidak sesuai. Lebih jauh lagi Kawuri (1997), menyatakan lingkungan yang tidak sesuai seperti lingkungan yang asam juga berpengaruh terhadap kemampuan bakteri *Rhizobium* sp. untuk hidup.

Kemungkinan hal lain terjadinya perbaikan gen (*gen repair*) yang berperan dalam ATR (*Acid Tolerance Responce*). Menurut Susila (2012), sel-sel prokariotik memiliki sejumlah sistem perbaikan yang berhubungan dengan kerusakan DNA. Meta (2012), menyatakan

enzim polymerase pada bakteri juga memiliki aktivitas eksonuklease, aktivitas tersebut memiliki fungsi antara lain adalah memperbaiki kerusakan DNA akibat mutasi pada bakteri. Mekanisme perbaikan gen pada bakteri *Rhizobium* sp. belum diketahui secara spesifik, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.

Uji Inokulasi pada Tanaman

Berdasarkan hasil data uji inokulasi pada tanaman menunjukkan strain bakteri *Rhizobium* sp yang menghasilkan ATR dapat diasumsikan bahwa bakteri tersebut mampu bersimbiosis dengan tanaman kedelai, tetapi dalam penelitian ini nodul tidak terbentuk pada semua perlakuan setelah dilakukan penanaman selama delapan minggu (Gambar 3). Hal ini terjadi disebabkan karena tidak terjadinya simbiosis antara bakteri *Rhizobium* sp. dengan akar tanaman kedelai. Menurut Lakitan (2004), tidak terjadinya simbiosis ini disebabkan karena faktor ukuran tanaman dan eksudat akar. Ukuran tanaman dapat mempengaruhi terjadinya simbiosis antara bakteri *Rhizobium* sp. dengan akar tanaman kedelai, karena apabila ukuran tanaman tersebut kecil maka tanaman tersebut mengalami defisiensi unsur hara, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Menurut Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan (2012), ukuran tinggi tanaman kedelai yang baik untuk diproduksi adalah 65 cm. Pada hasil penelitian diperoleh ukuran tinggi tanaman kedelai sekitar 25-35 cm (Gambar 4.), sehingga ukuran tanaman kedelai ini dinyatakan kecil.

Hasil pengukuran unsur hara diperoleh bahwa tanah yang digunakan sebagai media tanam semuanya kandungan unsur hara makro seperti N, P, K, Mg, C dan unsur hara mikro Fe mengalami defisiensi (Tabel 1.). Pada Tabel 1. yang ditunjukkan merupakan standar yang dikutip dari Salisbury and Ross (1995), dan dibandingkan dengan hasil pengukuran unsur hara pada penelitian yang dilakukan.

Tabel 1. Perbandingan standar kandungan unsur hara dari Salisbury and Ross, (1995) dengan hasil pengukuran unsur hara pada tanah

Unsur Hara	Standar	Hasil Pengukuran Unsur Hara pada Tanah	Keterangan
N (% b/b)	1,5	0,456	rendah
P (mg/kg)	2000	424,76	sangat rendah
K (mg/kg)	10000	380,92	sangat rendah
Mg (mg/kg)	2000	1683,10	rendah
C-organik (% b/b)	12,5	7,93	rendah
Fe (mg/kg)	100	73,624	rendah

Dari tabel standar unsur hara yang diperlukan dan dibandingkan dengan ketersediaan unsur hara yang terkandung dalam tanah yang digunakan sebagai media tanam dalam penelitian terlihat bahwa unsur hara tersebut tidak mencukupi dalam pertumbuhan kedelai (defisiensi unsur hara). Menurut Maharani (2008), kelebihan atau kekurangan unsur hara akan berdampak buruk terhadap pertumbuhan *Rhizobium* sp. Kekurangan besi (Fe) akan menekan fiksasi nitrogen karena unsur tersebut merupakan penyusun nitrogenase. Kekurangan unsur hara fosfor (P) dan kalsium (K) juga

akan menghambat pembentukan bintil akar (nodul). Menurut Robson and Bottomley (1991) dalam Kawuri (1997), menyatakan bahwa pada tanaman yang dipupuk dengan pupuk fosfor (P) dengan dosis tepat, akan meningkatkan jumlah nodul pada tanaman kedelai.

Defisiensi unsur hara akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman kedelai tersebut, dimana dapat dilihat pada ukuran tanaman yang kerdil, ukuran akar yang kecil, dan daun yang menguning dan terdapat bercak-bercak coklat (Gambar 5) sehingga produksi eksudat menjadi terpengaruh sehingga proses simbiosis bakteri *Rhizobium* sp. tidak terjadi. Menurut Lakitan (2004), peranan dari unsur hara mikro maupun unsur hara makro sangat penting dalam pertumbuhan tanaman, dimana apabila unsur hara yang tersedia dalam tanaman kurang dari jumlah yang dibutuhkan oleh tanaman maka tanaman akan terganggu metabolismenya sehingga mengakibatkan pertumbuhan akar, batang, dan daun menjadi terhambat dan mengakibatkan tanaman akan menjadi kerdil dan lama kelamaan akan mengalami nekrosis dan klorosis pada daun (defisiensi unsur N).

SIMPULAN

Rhizobium sp. yang dikondisikan pertumbuhannya dengan pH 5,8 lebih resisten dan dapat membentuk ATR (*Acid Tolerance Responce*) dibandingkan dengan *Rhizobium* sp. yang ditumbuhkan pada pH media 7,0. *Rhizobium* sp. mampu hidup pada tanah asam dengan pH 5,0. Respon inokulum *Rhizobium* sp. pada tanah dengan pH 5,0 tidak terjadi pembentukan nodul pada tanaman kedelai yang disebabkan oleh defisiensi unsur hara.

KEPUSTAKAAN

- Anonim, 2012. BPTP Sulawesi Selatan Available at: http://sulsel.litbang.deptan.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=530:pengelolaan-tanaman-terpadu-ptt-kedelai&catid=47:panduanpetunjuk-teknis-brosur-&Itemid=231 Opened: 15.04.2013
- Ashiyami, N.R., 2007. Pengaruh Molibdenum Terhadap Infektivitas dan Efektivitas Isolat *Rhizobium* Toleran Masam Pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) Di Tanah Ultisol Lampung. (*Skripsi*) Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi UIN. Malang.

- Astuti, R.I., 2006. Kloning Fragmen DNA Genom Yang Terlibat Dalam Toleransi Asam-Aluminium Pada *Bradyrhizobium japonicum* Melalui Mutagenesis Dengan Transposon. (*Skripsi*) Biologi. Fakultas MIPA IPB. Bogor.
- Faulina, S.A., R.I. Astuti, dan D. Monasari. 2006. Kloning Fragmen DNA Genom Yang Terlibat Dalam Toleransi Asam-Aluminium Pada *Bradyrhizobium japonicum*. *Jurnal Penelitian Departemen Biologi*. Fakultas MIPA IPB. Bogor.
- Holt, J.G., N.R. Krieg, P.H.A. Sneath, J.T. Staley, and S.T. Williams, 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* North Edition. Lippincott Williams and Wilkins. USA.
- Kawuri, R. 1997. The Effect Of Growth pH On Growth And Survival Of *Sinorhizobium medicae* WSM 419 In Acid Soils. (*Thesis*) Biology School Of Biological and Environmental Sciences Murdoch University Perth. Western Australia.
- Krisno, A. 2011. Pemanfaatan *Rhizobium* sp. Guna Menyuburkan Tanah Untuk Meningkatkan Kualitas Pertanian Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi Fakultas Teknologi Pertanian IPB*. Bandung.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Maharani, P.S. 2008. Nodulasi Dan Efektivitas *Rhizobium* sp. Endogen Tanah Entisol Dan Vertisol Pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). (*Skripsi*) Jurusan Biologi Fakultas Sains dan teknologi. Universitas Islam Negeri Malang.
- Meta, 2012. Biosintesis DNA Available at: <http://mooniquelicious.wordpress.com/category/uncategorized/> Opened: 28.03.2013
- Permana, O. 2010. Kemampuan Hidup Dari *Rhizobium* sp. Pada Biji Kacang Kedelai (*Glycine max* L.) Yang Telah Diinokulasikan Dengan Beberapa Metoda Inokulasi. (*Skripsi*) Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Udayana. Bali.
- Robson, A. D. And Bottomley, P.J. 1991. *Limitations in the use of Legumes in Agriculture and Forestry*. In *Biology and Biochemistry of Nitrogen Fixation*, pp. 320-349. Edited by M. J. Dilworth and A.R. Glen. New York, London.
- Salisbury, F.B., and C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology 4th edition*. Wadsworth Publishing Co., A Division of Wadsworth. Translate by. Lukman, D. R dan Sumaryono. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid Satu Sel: Air, Larutan dan Permukaan edisi keempat*. ITB. Bandung.
- Soemasegaran, P dan H. J. Hoben 1994. *HandBook for Rhizobia*. Springer-Verlag. New York.
- Susila, R.I. 2012. Mekanisme Perbaikan DNA, Mutasi Dan Adaptasi, Mutasi Dan Kanker, Aplikasi Praktis Mutasi, Serta Sakit Genetik Manusia Yang Ditimbulkan Oleh Kesalahan Replikasi DNA Dan Perbaikan DNA. Available at: <http://rudyrindranatan.blogspot.com/2012/04/mekanisme-perbaikan-dna-mutasi-dan.html> Opened: 28.03.2013