

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan tanah menyediakan unsur hara sehingga dapat diserap oleh tanaman akan menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman, dan untuk mencapai hasil yang maksimal kebutuhan hara tanaman kedelai harus tercukupi secara optimal. Data analisis tanah yang diperoleh kemudian dinilai harkatnya, termasuk rendah, sedang atau tinggi. Harkat masing-masing hara sangat erat hubungannya dengan tingkat kesuburan tanah dan hasil relatif tanaman.

Tabel 4.1 Hasil analisis tanah sebelum perlakuan

Ciri-ciri tanah	Kadar	Harkat
pH H ₂ O	3.95	Sangat rendah
pH KCl	3.6	Rendah
Co (%)	1.33	Rendah
N (%)	0.10	Rendah
P ₂ O ₅ (ppm)	8.18	Sedang
Fe (ppm)	109	Tinggi
Mn (ppm)	44.6	Tinggi
Cu (ppm)	0.33	Rendah
Zn (ppm)	0.87	Sedang
K (me/100g)	0.06	Rendah
Ca (me/100g)	1.01	Tinggi
Mg (me/100g)	0.49	Rendah
Al-dd (me/100g)	0.87	Tinggi
H-dd (me/100g)	2.69	Rendah
KTK (me/100g)	7.64	Rendah

Tanah menunjukkan kesuburan yang rendah bila mengandung unsur N antara 0.1-0.2%, P antara 3-7 ppm dan K antara 0.13-0.26 me/100 g tanah. Tingkatan sedang dipenuhi untuk tanah yang mengandung N antara 0.2-0.5%, P antara 7-20 ppm dan K antara 0.26-0.45 me/100 g tanah. Kesuburan tanah menjadi tinggi bila mengandung N antara 0.5-1.0%, P diatas 20 ppm dan K antara 0.45-0.77 me/100 g tanah (Cottenie, 1980).

Hasil analisis kimia tanah sebelum diberi perlakuan adalah dalam keadaan masam yakni sebesar 3.95. Kemasaman tanah ini diiringi dengan kandungan hara (N, P dan K) yang rendah (Tabel 4.1). Bila dilihat dari penggolongan harkat menurut Cottenie (1980) benar bahwasannya hasil analisis kimia tanah sebelum perlakuan menunjukkan kesuburan tanah yang rendah. Sehingga dari keadaan tersebut, diharapkan tanaman benar-benar mendapatkan nutrisi dari pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat. Pemberian *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat secara ganda diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara (makro) N dan P yang dibutuhkan tanaman kedelai, sehingga nutrisi yang tersedia bagi tanaman semakin melimpah dan menunjang proses pertumbuhan dan hasil tanaman secara maksimal.

4.1 Pertumbuhan Tanaman Kedelai

4.1.1 Tinggi Tanaman Kedelai

Tinggi tanaman kedelai merupakan parameter pertumbuhan selama 90 hari yang diukur pada awal dan akhir pengamatan. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan dan interaksinya terhadap tinggi tanaman kedelai dilakukan analisis (ANOVA).

Hasil analisis data tinggi tanaman terlihat bahwa nilai F hitung $>$ F tabel. Karena F hitung $>$ F tabel maka dilakukan uji lanjut, yaitu Uji Duncan. Analisis Duncan taraf 5% menunjukkan bahwa pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat berpengaruh nyata dalam meningkatkan rata-rata tinggi tanaman kedelai saat tanaman tidak diberi pupuk, diberi pupuk N maupun pupuk N+P. Berikut disajikan pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Rata-rata tinggi tanaman akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Tinggi Tanaman (cm)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N + P
Kontrol	26.58 abc	30.91 cd	24.00 ab
<i>Rhizobium</i>	30.24 cd	31.49 cd	28.49 abcd
<i>Rhizobium</i> + M ₁	27.66 abcd	27.74 abcd	29.66 cd
<i>Rhizobium</i> + M ₂	32.49 d	29.82 cd	23.58 a
<i>Rhizobium</i> + M ₁ + Santap	29.16 bcd	32.83 d	33.24 d
<i>Rhizobium</i> + M ₂ + Santap	30.91 cd	32.41 d	27.50 abcd

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada perlakuan tanpa pupuk, pemberian *Rhizobium*+M₂ dapat meningkatkan tinggi tanaman dari perlakuan kontrol. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan reratanya yang signifikan. Perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai tetapi tidak nyata pada kontrol. Untuk perlakuan tanpa pupuk dengan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Rhizobium*+M₂ dan kontrol.

Perlakuan pupuk N pada kontrol, *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai tetapi tidak berbeda nyata pada kontrol tanpa pupuk, sedangkan *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap dapat memberikan pengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman pada kontrol tanpa pupuk.

Sementara itu, perlakuan pupuk N+P pada kontrol dan *Rhizobium*+M₂ tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Perlakuan pupuk N+P yang dikombinasi dengan *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂+Santap memberikan pengaruh tetapi tidak nyata pada kontrol tanpa pupuk, sedangkan *Rhizobium*+M₁+Santap berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk.

Pada Tabel 4.2 peningkatan tinggi tanaman pada perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasi dengan perlakuan pupuk N maupun N+P tidak berbeda nyata dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Jadi kedua perlakuan tersebut dalam meningkatkan tinggi tanaman kurang bermanfaat karena pemberian *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk sudah mampu meningkatkan tinggi tanaman kedelai.

Tingginya pengaruh multi isolat *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk dalam meningkatkan tinggi tanaman disebabkan karena efektifnya inokulasi yang diberikan secara ganda sehingga nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dapat tercukupi. Kedua bakteri tersebut saling sinergis, adanya *Rhizobium* tidak mengganggu bakteri pelarut fosfat (M₂), begitu sebaliknya sehingga pemberian inokulasi secara ganda sangat menunjang untuk meningkatkan tinggi tanaman dengan kemampuannya menyediakan unsur hara N dan P yang dibutuhkan oleh tanaman sebagai nutrisi penting dalam proses metabolisme, khususnya pada saat pemanjangan sel pada fase vegetatif. Hal ini sesuai dengan penelitian Gangasuresh (2010), menunjukkan bahwa kombinasi *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat lebih sinergis daripada inokulasi tunggal pada pertumbuhan tanaman kedelai.

Pemberian tanpa pupuk pada perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap diharapkan dapat meningkatkan tinggi tanaman, namun ternyata menghasilkan rerata yang lebih rendah dibanding *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Hal ini disebabkan karena pupuk santap tidak akan setimbang apabila tidak dikombinasikan dengan pupuk N. Dengan demikian dapat diketahui bahwa multi isolat *Rhizobium*+M₂ sebagai agen hayati lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman.

Tanaman dikatakan tumbuh dengan baik apabila nutrisi tanaman dapat tercukupi. Dalam penelitian ini perlakuan multi isolat *Rhizobium*+M₂ mampu memberikan nutrisi atau unsur hara yang cukup untuk proses pertumbuhan tinggi tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Setyati (1988) dalam Arinong (2008) bahwa tersedianya unsur hara dalam jumlah yang cukup dan seimbang digunakan untuk proses pertumbuhan, pembelahan, fotosintesis dan pemanjangan sel akan berlangsung cepat yang mengakibatkan beberapa organ tanaman tumbuh cepat pada fase vegetatif. Irdiani (2002) menambahkan, bahwa pertumbuhan tanaman adalah proses bertambahnya ukuran dari suatu organisme yang mencerminkan bertambahnya protoplasma. Penambahan ini disebabkan oleh bertambahnya ukuran organ tanaman seperti tinggi tanaman sebagai akibat dari metabolisme tanaman yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan di daerah penanaman seperti air, sinar matahari dan nutrisi dalam tanah.

Selain berhasilnya pemberian inokulasi ganda sebagai penyedia unsur hara, ada faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan meningkatnya tinggi tanaman tersebut yakni varietas kedelai yang digunakan. Pada penelitian ini varietas yang digunakan adalah varietas Anjasmoro yang merupakan varietas toleran masam. Menurut Tabloid Sinar Tani (2011) menjelaskan bahwa salah satu keunggulan varietas Anjasmoro adalah ketahanannya pada rebah, toleran masam, serta moderat pada penyakit karat daun. Selain itu, varietas ini memiliki sifat polong yang tidak mudah pecah.

4.1.2 Jumlah Bintil Akar

Dari hasil analisis varian (ANOVA) yang telah dilakukan menunjukkan pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat berbeda nyata pada bintil akar tanaman kedelai. Hal ini diketahui karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga adanya perbedaan ini dapat diuji lanjut dengan uji Duncan taraf 5% yang ada pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Rata-rata jumlah bintil akar akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Jumlah Bintil Akar		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	1.33 ab	1.00 a	1.66 ab
<i>Rhizobium</i>	9.83 d	7.33 cd	10.00 d
<i>Rhizobium</i> + M₁	16.50 f	6.66 cd	17.16 f
<i>Rhizobium</i> + M₂	7.33 cd	5.33 c	10.00 d
<i>Rhizobium</i> + M₁ + Santap	15.83 e	1.50 ab	4.66 bc
<i>Rhizobium</i> + M₂ + Santap	4.66 bc	1.33 ab	7.33 cd

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Rhizobium pada umumnya memerlukan kisaran pH 5.5-7.00. Namun pada tanah masam ini terdapat populasi *Rhizobium*. Hal ini terlihat dari terbentuknya bintil akar pada perlakuan kontrol, meskipun reratanya relatif rendah yakni 1.33 bintil per tanaman. Pemberian perlakuan *Rhizobium* meningkatkan jumlah bintil akar secara nyata menjadi 9.83 bintil per tanaman. Pemberian *Rhizobium*+M₁ dapat meningkatkan jumlah bintil akar secara signifikan dari perlakuan kontrol, untuk pemberian *Rhizobium*+M₂ berbeda nyata dengan kontrol. Pemberian *Rhizobium*+M₁+Santap dapat meningkatkan jumlah bintil akar dari perlakuan kontrol, sedangkan *Rhizobium*+M₂+Santap juga meningkatkan jumlah bintil akar dari perlakuan kontrol.

Perlakuan pupuk N pada kontrol, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+ Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂ berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk.

Sementara itu perlakuan pupuk N+P pada kontrol dan *Rhizobium*+M₁+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata terhadap kontrol tanpa pupuk.

Namun peningkatan jumlah bintil akar secara signifikan terlihat pada perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁.

Pada Tabel 4.3 peningkatan jumlah bintil akar pada perlakuan *Rhizobium* dan *Rhizobium* M₁ yang dikombinasi dengan perlakuan pupuk N maupun N+P pada pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk. Jadi lima perlakuan tersebut kurang bermanfaat untuk meningkatkan jumlah bintil akar karena pemberian *Rhizobium* tanpa pupuk sudah mampu meningkatkan jumlah bintil akar tanaman kedelai. Namun untuk mendapatkan jumlah bintil akar yang lebih banyak (dua kali lipat) dari perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk, dapat digunakan perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk, sehingga perlakuan *Rhizobium*+M₁ yang dikombinasikan dengan pupuk N+P kurang bermanfaat untuk digunakan.

Pada penelitian ini, hasil analisis kimia tanah sebelum diberi perlakuan adalah dalam keadaan masam yakni memiliki pH 3.95 (Lihat Tabel 4.1). Namun, populasi *Rhizobium* pada tanah masam ini terbilang tinggi yaitu sebesar 4.081.632/1 gram tanah. Tingginya populasi *Rhizobium* pada tanah masam dikarenakan tanah yang digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman kedelai sudah pernah digunakan sebelumnya. Tingginya populasi *Rhizobium* dalam tanah tersebut tidak diikuti oleh tingginya jumlah bintil akar yang dihasilkan pada tanaman, terbukti hasil rerata jumlah bintil akar pada perlakuan kontrol relatif rendah. Hal ini disebabkan karena *Rhizobium* dalam tanah tidak efektif dalam menginfeksi akar tanaman. Infeksi akar tanaman akan terlihat apabila ada perlakuan inokulasi. Menurut Yutono (1985), pengaruh inokulasi akan terlihat nyata apabila digunakan pada lahan yang mengandung unsur hara atau ketersediaan air rendah, sehingga inokulasi dapat mempercepat pemulihan lahan,

mampu bersaing dan beradaptasi terhadap lingkungannya, serta cocok dengan tanaman inangnya.

Salah satu unsur hara yang paling penting untuk parameter bintil akar adalah unsur N. Dalam penelitian ini, diketahui adanya inokulasi *Rhizobium* dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan bintil akar pada tanaman kedelai. Terjadi peningkatan rata-rata jumlah bintil akar yaitu sebesar 8.5 (dari kontrol 1.33 menjadi 9.83). Melalui pernyataan tersebut diketahui bahwa inokulasi *Rhizobium* yang digunakan merupakan isolat terbaik atau *Rhizobium* toleran masam, karena tidak semua bakteri bisa melakukan proses penambatan nitrogen dari udara bebas dalam keadaan tanahnya yang masam. Sehingga keefektifan *Rhizobium* yang diinokulasikan tersebut mampu mencukupi unsur hara yang diperlukan oleh tanaman.

Menurut Yutono (1985), kerjasama antara mikroba yang diinokulasikan dan tanaman serta unsur-unsur hara dalam tanah sangat diperlukan dalam pertumbuhan tanaman, karena tidak semua biakan *Rhizobium* mampu hidup bersimbiosis dan efektif melaksanakan proses penambatan nitrogen dari udara bebas. Dengan adanya biakan terpilih maka pemberian inokulum sebagai pupuk hayati dapat tercapai secara optimal. Populasi *Rhizobium* hidup bebas didalam tanah dengan jumlah populasi yang sangat dipengaruhi kondisi lingkungan. Prihastuti (2008) menambahkan faktor yang mempengaruhi hasil tersebut diantaranya: efektivitasnya dipengaruhi oleh faktor mikroba yang ada didalamnya serta lingkungan tumbuh yang sesuai bagi tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Ponmurudan (2009) bahwa efektivitas agen hayati dipengaruhi oleh faktor strain mikroba yang ada didalamnya, lingkungan tumbuh dan genotip tanaman.

Jumlah bintil akar yang banyak, memberikan gambaran bahwa bakteri *Rhizobium* yang terkandung didalam inokulasi tersebut efektif dalam lingkungan tanah masam atau mampu bersaing hidup dengan jenis mikroba lain. Pemberian *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk terus meningkat sebesar 16.50 dan meningkat dua kali lebih banyak dari perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk. Hal ini terbukti pemberian inokulasi ganda antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan efek sinergis terhadap jumlah bintil akar tanaman kedelai, selain itu jumlah populasi bakteri pelarut fosfat dalam tanah sebesar 887.000/1 gram tanah juga membantu kerja dari inokulasi yang diberikan sehingga bintil akar semakin banyak.

Menurut Prihastuti (2008) inokulasi ganda *beneficial microbe* yang terkandung dalam agen hayati menjadi suatu pandangan yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Namun demikian, kemampuan inokulasi ganda ditentukan oleh jenis mikroba yang digunakan dan lingkungan tumbuh yang menjadi media untuk perkembangan dan aktifitasnya. Rao (1994) dalam Rahaju menambahkan bahwa gabungan *Rhizobium* dan BPF dapat bersimbiosa secara baik dan efektif sehingga dapat membantu efektifitas *Rhizobium* dalam menambat nitrogen bebas dari udara. Seperti diketahui bahwa *Pseudomonas* sebagai BPF dan *Rhizobium* sebagai bakteri penambat nitrogen dari udara adalah salah satu bakteri yang menghasilkan asam indolasetat (IAA) dengan jumlah sedikit kultur murni atau dalam asosiasi dengan tanaman yang secara morfologi genetik pengaruhnya akan terlihat pada pertumbuhan tanaman dan pembentukan bintil.

4.1.3 Berat Kering Tanaman Kedelai

Dari hasil analisis varian (ANOVA) yang telah dilakukan menunjukkan pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan pengaruh yang nyata pada

parameter berat kering tanaman karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga adanya pengaruh ini dapat diuji lanjut dengan uji Duncan taraf 5% yang ada pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Rata-rata berat kering tanaman akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Berat Kering (g)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	16.41 ab	18.36 abcd	22.16 def
<i>Rhizobium</i>	19.61 abcde	20.95 cdef	22.95 ef
<i>Rhizobium</i> + M ₁	17.08 abc	21.08 cdef	24.00 f
<i>Rhizobium</i> + M ₂	20.91 cdef	20.83 cdef	18.16 abcd
<i>Rhizobium</i> + M ₁ + Santap	19.73 abcde	16.08 a	19.00 abcde
<i>Rhizobium</i> + M ₂ + Santap	18.75 abcd	20.25 bcdef	19.25 abcde

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada perlakuan tanpa pupuk, pemberian *Rhizobium*+M₂ dapat meningkatkan berat kering tanaman dari perlakuan kontrol, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Untuk perlakuan pupuk N pada kontrol dan *Rhizobium*+M₁+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap dapat meningkatkan berat kering tanaman tetapi tidak nyata dibanding kontrol tanpa pupuk.

Sementara itu, perlakuan pupuk N+P pada kontrol dan *Rhizobium* berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan pemberian *Rhizobium*+M₁ dapat meningkatkan berat kering tanaman secara signifikan, sedangkan pemberian *Rhizobium*+M₂, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap dapat meningkatkan berat kering tanaman tetapi tidak nyata pada kontrol.

Pada Tabel 4.4 perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁ dapat meningkatkan berat kering tanaman secara signifikan yakni meningkat sebesar 46% dari kontrol tanpa pupuk. Hal ini terbukti bahwa pupuk P memberikan pengaruh dalam meningkatkan biomasa tanaman. Menurut Poerwowidodo (1992) dalam Risal (2008), menyatakan bahwa pemupukan P akan meningkatkan percabangan akar dan perkembangan akar lateral serta ini akan meningkatkan penggunaan dan pengangkutan P oleh tanaman. Dengan meningkatnya akar maka pertumbuhan juga akan semakin baik karena suplai nutrisi ke bagian batang dan daun juga menjadi tercukupi.

Perlakuan pupuk N yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂ maupun perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan kontrol, *Rhizobium* dan *Rhizobium*+M₁ tidak berbeda dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Dengan demikian enam perlakuan dalam meningkatkan berat kering tanaman kurang bermanfaat karena perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk mampu meningkatkan berat kering tanaman dengan efisiensi pemakaian pupuk N maupun N+P.

Pada parameter tinggi tanaman yang telah diulas sebelumnya memperlihatkan keefektifan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk dalam meningkatkan tinggi tanaman. Dalam hal ini, berat kering tanaman juga mendapatkan hasil terbaik yang sama (konsisten) dengan parameter tinggi tanaman yakni pada perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Jadi, hal ini jelas bahwa dengan bertambahnya tinggi tanaman maka akan bertambah juga biomasanya.

Berat kering tanaman merupakan berat total dari daun, batang, dan akar tanaman yang didalamnya terjadi berbagai reaksi kimia, seperti metabolisme, transfer energi, transpirasi, respirasi, fotosintesis dan sebagainya. Oleh karena itu, dengan berhasilnya reaksi kimia dalam

tanaman tersebut, maka secara otomatis ukuran dan sel-sel tanaman baik batang, akar dan daun akan mempengaruhi berat tanaman juga. Menurut Gardner (1991), berat kering tanaman adalah keseimbangan antara pengambilan CO₂ (fotosintesis) dan pengeluaran CO₂ (respirasi). Apabila respirasi lebih besar dibanding fotosintesis tumbuhan itu akan berkurang berat keringnya.

Pada tanah masam, pertumbuhan tanaman biasanya akan terhambat apabila kurang terpenuhinya unsur hara N dan P yang merupakan nutrisi penting untuk laju pertumbuhan. Unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang banyak untuk berat kering tanaman yaitu unsur hara N dan P. Unsur hara N dalam berat kering tanaman berhubungan dengan kemampuan akar dan bakteri *Rhizobium* dalam menambat nitrogen, yang mengakibatkan kebutuhan nitrogen sebagai faktor utama pembentuk klorofil daun. Tingginya kadar klorofil berpengaruh pada laju fotosintesis yang dihasilkan, sehingga kecukupan nitrogen mempengaruhi ukuran dan jumlah sel-sel tanaman. Selain unsur hara N, unsur hara P pada berat kering tanaman juga berperan pada proses fotosintesis dan respirasi, yaitu berperan untuk membentuk asam nukleat (DNA dan RNA), menyimpan serta memindahkan energi Adenosin Tri Phosphate (ATP) dan Adenosin Tri Phosphate (ADP), penghasil enzim, membantu proses asimilasi dan respirasi serta berperan aktif dalam mentransfer energi di dalam sel. Selain itu, berperan dalam pelebaran daun sehingga dengan daun yang lebar, maka akan semakin banyak cahaya yang diserap, dengan begitu akan mempengaruhi kelangsungan proses fotosintesis dan mempercepat proses fisiologis yang nantinya akan mempengaruhi hasil biji.

Menurut Tjionger (2006) pertumbuhan merupakan proses bertambahnya ukuran dan jumlah sel-sel tanaman yang diikuti oleh berat kering tanaman. Sumarsono (2010: 1) menambahkan analisis pertumbuhan merupakan suatu cara untuk mengikuti dinamika

fotosintesis yang diukur oleh produksi bahan kering. Pertumbuhan tanaman dapat diukur tanpa mengganggu tanaman, yaitu dengan pengukuran tinggi tanaman atau jumlah daun, tetapi sering kurang mencerminkan ketelitian kuantitatif. Akumulasi bahan kering sangat disukai sebagai ukuran pertumbuhan. Akumulasi bahan kering mencerminkan kemampuan tanaman dalam mengikat energi dari cahaya matahari melalui proses fotosintesis, serta interaksinya dengan faktor-faktor lingkungan lainnya. Distribusi akumulasi bahan kering pada bagian-bagian tanaman seperti akar, batang, daun dan bagian generatif, dapat mencerminkan produktivitas tanaman.

1.2 Hasil Tanaman Kedelai

1.2.1 Berat Biji

Hasil analisis varian variabel berat biji tanaman menunjukkan bahwa multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat berpengaruh nyata dalam meningkatkan berat biji tanaman kedelai saat tanaman tidak diberi pupuk, diberi pupuk N maupun pupuk N+P karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ dengan taraf 5%, sehingga adanya pengaruh tersebut diuji lanjut menggunakan uji jarak Duncan seperti Tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5 Rata-rata berat biji akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Berat Biji Total (g)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	1.18 a	1.58 ab	1.61 ab
<i>Rhizobium</i>	1.58 ab	1.78 abc	1.87 abc
<i>Rhizobium</i> + M₁	1.21 a	1.21 a	2.90 d
<i>Rhizobium</i> + M₂	1.42 a	1.49 a	1.61 ab
<i>Rhizobium</i> + M₁ + Santap	1.62 ab	2.40 cd	2.28 bcd
<i>Rhizobium</i> + M₂ + Santap	1.92 abc	2.29 bcd	1.78 abc

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pupuk dengan berbagai inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat tidak dapat meningkatkan berat biji. Untuk perlakuan pupuk N pada kontrol, *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol tanpa pupuk. Sedangkan perlakuan pupuk N yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata dibanding kontrol tanpa pupuk.

Untuk perlakuan pupuk N+P pada kontrol, *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*+M₁ berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Perbedaan tersebut dapat diketahui dari prosentasenya sebesar 145% dengan (selisih 1.72 g) dari 1.18 g menjadi 2.90 g. Prosentase tersebut dapat meningkatkan dua kali lipat dari hasil perlakuan kontrol. Meskipun perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁ memberikan perbedaan yang signifikan, namun tidak berbeda dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasikan dengan pupuk N. Dengan demikian, perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasikan dengan pupuk N lebih bermanfaat dalam meningkatkan berat biji tanaman kedelai dengan efisiensi pemakaian pupuk P.

Bila dilihat dari perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap dapat menaikkan berat biji disebabkan karena lingkungan yang sesuai untuk kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat. Menurut Simamarta (1995) mengemukakan bahwa aplikasi berbagai pupuk biologis pada lahan marginal di Indonesia, ternyata mampu meningkatkan ketersediaan hara dan hasil berbagai tanaman kacang-kacangan.

Berat biji adalah berat dari hasil biji. Hasil biji merupakan faktor yang paling menentukan hasil tanaman kedelai, karena hasil biji yang baik hanya akan diperoleh jika pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai dalam keadaan baik.

Pada tanah masam biji yang dihasilkan biasanya dapat terhambat karena kurang terpenuhinya unsur hara yang berperan dalam proses pembentukan biji. Akan tetapi adanya perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasikan dengan pupuk N dapat meningkatkan berat biji karena komposisi dari pupuk santap didalamnya sudah tersedia unsur hara P, dimana dalam pembentukan biji, unsur hara yang paling dibutuhkan dalam pembentukan biji yaitu unsur hara P. Unsur hara P dapat membentuk ikatan fosfat berdaya tinggi yang dipergunakan untuk mempercepat proses fisiologis. Menurut Sutedjo (2002), fungsi dari fosfor (P) dalam tanaman yaitu dapat mempercepat pertumbuhan akar semai, dapat mempercepat serta memperkuat tanaman muda menjadi dewasa pada umumnya, dan dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji.

1.2.2 Berat 100 Biji

Dari hasil analisis varian (ANOVA) diketahui bahwa ada pengaruh nyata pada pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat pada berat 100 biji karena F hitung > F tabel, sehingga pengaruh tersebut dapat diuji lanjut dengan uji Duncan taraf 5% yang disajikan pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6 Rata-rata berat 100 biji akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat.

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Berat 100 Biji (g)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	6.29 a	6.89 abcd	6.65 ab
<i>Rhizobium</i>	6.71 abc	6.82 abcd	8.30 ef
<i>Rhizobium</i> + M₁	8.13 def	9.30 f	9.42 f
<i>Rhizobium</i> + M₂	7.83 bcde	7.68 bcde	8.88 ef
<i>Rhizobium</i> + M₁ + Santap	6.92 abcd	8.48 ef	7.51 abcde
<i>Rhizobium</i> + M₂ + Santap	7.72 bcde	8.09 cdef	7.64 abcde

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada perlakuan tanpa pupuk, pemberian *Rhizobium* dan *Rhizobium*+M₁+ Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol, sedangkan pemberian *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata dengan kontrol.

Perlakuan pupuk N pada kontrol dan *Rhizobium* tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan perlakuan pupuk N yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk.

Untuk perlakuan pupuk N+P pada kontrol, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂ berbeda nyata dengan kontrol.

Berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa, perlakuan terbaik berat 100 biji tanaman kedelai tanpa pupuk, dengan pupuk N dan pupuk N+P adalah perlakuan *Rhizobium*+M₁, dengan meningkatkan rerata berturut-turut 8.13 g, 9.30 g dan 9.42 g berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Peningkatan berat 100 biji dapat diketahui dari prosentase peningkatannya sebesar 50% (dari 6.29 g menjadi 9.42 g). Perlakuan *Rhizobium*+M₁ yang

dikombinasi dengan pupuk N maupun N+P dalam meningkatkan berat 100 biji tanaman kedelai tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk, sehingga perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk lebih bermanfaat untuk digunakan karena efisien terhadap penggunaan pupuk N maupun N+P. Tingginya pengaruh *Rhizobium*+M₁ dalam meningkatkan berat 100 biji tanaman kedelai dikarenakan keefektifan masing-masing antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat yang diinokulasikan mampu bekerjasama untuk menyediakan unsur hara yang cukup untuk proses biokimia yang terjadi didalam tanaman, sehingga dengan pemberian inokulasi ganda mampu memberikan efek sinergisme bagi berat 100 biji tanaman kedelai. Hubungan antara mikroba yang terkandung dalam multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat tidak dapat diabaikan, karena secara bersama-sama dapat meningkatkan hasil berat 100 biji.

Menurut Soegiman (1982), suatu tanaman akan tumbuh dan mencapai tingkat produksi tinggi apabila unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam keadaan cukup dan berimbang dalam tanah. Ditambahkan oleh Sarief (1985), Meningkatnya unsur hara akan menghasilkan protein lebih banyak dan meningkatkan fotosintesis pada tanaman, sehingga ketersediaan karbohidrat akan meningkat yang dapat digunakan untuk memproduksi biji lebih banyak.

Pada tanah masam biji yang dihasilkan biasanya mengalami penurunan karena kurang terpenuhinya unsur hara yang berperan dalam proses pembentukan biji. Akan tetapi, perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk ternyata dapat memenuhi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Salah satu unsur hara yang berperan penting dalam proses pembentukan biji adalah unsur P. Sebagaimana pendapat Soepardi (1983), bahwasannya P merupakan salah satu unsur hara yang terpenting pada kelangsungan hidup tanaman, yang berperan langsung pada berbagai proses metabolisme termasuk terbentuknya biji.

4.3 Kajian Tentang Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Islam sebagai agama “*Rahmatan lil Alamin*” selalu mengisyaratkan kepada manusia untuk selalu berbuat baik. Salah satunya berbuat baik kepada lingkungan dengan cara menghidupkan tanah mati atau kurang produktif dan mengambil manfaat secukupnya. Indikasi tanah yang hidup (baik) adalah tanah yang apabila ditanami dapat menumbuhkan tanaman yang subur dan meningkatkan produksi pertanian, sehingga dapat dijadikan rizqi bagi penanam.

Penelitian ini menunjukkan bahwa, media tanah yang digunakan adalah tanah masam (mati/tidak produktif) dengan pH 3.95. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT yang telah menciptakan berbagai jenis tanah diantaranya terdapat tanah yang subur (non masam) dan tanah yang tidak subur (masam) dalam Al Qur’an surat Al A’raf (7) ayat 58 yang berbunyi:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرِجُ نَبَاتَهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكْدًا ۚ كَذَٰلِكَ نُصَرِّفُ
الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ﴿٥٨﴾

Artinya: Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya Hanya tumbuh merana. Demikianlah kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (kami) bagi orang-orang yang bersyukur (Q.S Al A’raf / 7: 58).

Definisi tanah mati (tidak subur) dalam kajian penelitian ini disebut sebagai tanah masam. Tanah masam disebut ”tanah mati” disebabkan kandungan unsur hara yang berperan dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman tidak tersedia secara cukup, sehingga tanaman tidak bisa tumbuh optimal, yang dicirikan dengan tanaman kerdil dan tidak menghasilkan biji. Hal ini sebagaimana yang dijelaskan oleh Koswara dan Leiwakabessy (1972) dalam Sofia (2007), bahwa kekurangan unsur hara pada tanah masam akan menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi kerdil akibat keracunan aluminium.

Sebagai wujud rasa syukur kita kepada Allah SWT, kita harus menjaga dan memanfaatkan tanah dengan baik karena tanah merupakan unsur penting dalam kehidupan manusia, oleh karena itu pengelolaan tanah menjadi hal pokok yang harus dilakukan supaya menghasilkan sesuatu yang bernilai/bermanfaat. Dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa tanah yang kurang produktif dapat dimanfaatkan melalui pengelolaan tanah dengan tujuan agar tanah menjadi subur yaitu melalui pemberian pupuk hayati berupa inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat, sehingga adanya pupuk tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Allah berfirman dalam Al Qur'an surat Yaasiin (36) ayat 33-34 yang berbunyi:

وَأَيُّهُمْ أَهْلُ الْأَرْضِ الْمَيِّتَةِ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾ وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ
مِّنْ خَيْلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجْرَتًا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ﴿٣٤﴾

Artinya: Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan. Dan kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan kami pancarkan padanya beberapa mata air (Q.S Yaasiin / 36: 33-34).

Ditinjau dari ilmu sains, tanah subur dicirikan dengan adanya kandungan air, unsur hara, bahan organik, dan bahan anorganik yang tersedia bagi tanaman di dalam tanah, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Sutanto, 2005:58).

Pada penelitian ini, adanya pemberian inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai sehingga keberadaan mikroba (bakteri) sangat bermanfaat bagi manusia. Bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat secara penglihatan merupakan organisme kasat mata, namun banyak memiliki potensi didalamnya. Sehingga kita sebagai manusia harus tunduk kepada Allah bahwasannya seluruh ciptaan di jagad raya ini baik besar ataupun kecil, tampak atau tidak tampak semua itu

diciptakan dalam keadaan sempurna dan tidak ada yang sia-sia. Allah berfirman dalam Al Qur'an surat Al Mulk (67) ayat 3-4 yang berbunyi:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۗ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ۗ فَأَرْجِعِ الْبَصَرَ
هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ﴿٣﴾ ثُمَّ أَرْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ خَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ ﴿٤﴾

Artinya : Yang Telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka Lihatlah berulang-ulang, Adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang? Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah. (Q.S Al Mulk/ 67: 3-4).

Menurut Dwidjoseputro (2005:23), bakteri itu kecil sekali, sehingga kita memerlukan mikroskop sebagai alat untuk dapat mengamatinya

