

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat Kimia Tanah Ultisol Lampung

Hasil analisis kimia tanah Ultisol Lampung menunjukkan besar pH 4,6 dan kandungan hara mikro seperti Al dd sebesar 0,8 me/100 g dan Fe sebesar 283 ppm. Rukmana dan Yuniarsih (1996) menjelaskan bahwa pertumbuhan optimal kedelai dapat dicapai pada tanah yang mengandung cukup unsur hara mikro maupun makro dan pH tanah 5,8 – 7,0. Foth (1998) menambahkan, organisme pengikat nitrogen akan dihambat perkembangannya bila pH kurang dari 5,5. Hasil analisis kimia tanah Ultisol Lampung menunjukkan beberapa sifat kimia tanah seperti pH sebesar 4,6 dan bahaya keracunan hara mikro seperti Al dan Fe untuk pertumbuhan Rhizobium dan tanaman kedelai. Islami dan Utomo (1995) melaporkan bahwa kisaran pH yang sangat rendah akan mempengaruhi perkembangan Rhizobium dan bahkan menghambat proses infeksi bakteri tersebut. Sehingga perlu dilakukan pencarian strain Rhizobium yang toleran masam dan mampu menfiksasi nitrogen secara efektif. Selain itu agar diperlakukan inokulasi Rhizobium menjadi efektif sehingga perlu dilakukan penambahan kapur untuk menaikkan pH tanah, mengurangi kelarutan Al dan menaikkan ketersediaan Mo.

Penambahan amelioran seperti dolomit dan bokashi sangat dibutuhkan guna memperbaiki sifat kimia tanah. Handayanto (1998) mengemukakan bahwa pengapuran pada Ultisol tidak perlu mencapai pH 6,5 (netral) tetapi sampai pH 5,5 sudah dianggap baik sebab yang terpenting meniadakan pengaruh meracun aluminium dan penyediaan hara fosfat bagi tumbuhan. Pemberian dolomite 1,5 t ha^{-1} pada tanah Ultisol di Lampung dapat menaikkan pH dari 4,6 menjadi 5,6 menurunkan kadar Al dd dari 0,8 $\text{me}/100 \text{ g}$, menaikkan kadar Mo menjadi 0,81 ppm. Pemberian bokashi 2 t ha^{-1} setelah diberi dolomit 1,5 t ha^{-1} menurunkan pH dari 5,6 menjadi 5,5, menaikkan kandungan bahan organik dari 1,92 % menjadi 1,98 % dan menurunkan kadar Al dd menjadi tak terukur

Tabel 3. Hasil analisis sifat kimia tanah Ultisol Lampung akibat pemberian amelioran

Unsur	Tanah Ultisol Lampung	Tanah + Dolomit (1,5 ton/ha)	Tanah + Dolomit (1,5 ton/ha) + Bokashi (2 ton/ha)	Tanah + Dolomit (1,5 ton/ha) + Bokashi (2 ton/ha) + Mo (2 kg/ha)
pH H ₂ O	4,6	5,6	5,5	5,5
PH KCl	4,4	4,8	4,6	4,6
N Total (%)	0,08	0,10	0,11	0,11
C Organik (%)	1,39	1,11	1,14	1,14
C/N Ratio	-	11	11	11
Bahan Organik (%)	-	1,92	1,98	1,98
P ₂ O ₅ (ppm)	62,7	-	-	-
SO ₄ (ppm)	72,3	-	-	-
K (me/100 gr)	0,06	0,10	0,14	0,14
Ca (me/100 gr)	1,85	1,25	1,43	1,43
Na (me/100)	-	0,30	0,29	0,29
Mg (me/100)	0,51	0,52	0,20	0,20
KTK (me/100 gr)	11,5	-	-	-
Al dd (me/100 gr)	0,8	0,18	t.u	t.u
H dd (me/100 gr)	0,2	0,59	0,59	0,59
Fe (ppm)	283	96,3	154,9	154,9
Zn (ppm)	-	16,20	16,70	16,70
Mn (ppm)	1,863	1,333	2,238	2,238
Mo (ppm)	-	0,81	2,58	3,47

Keterangan : tu : tidak terukur

Menurut Tchobanoglous *dalam* Nugraha & Sulistyawati, 2006, Standar rasio C/N bahan organik yang bisa diberikan ke tanaman adalah sebesar 10-20 hal ini mengindikasikan bahwa tanah menjadi subur .

4.2 Pengaruh Pemberian Formula Jenis Isolat Rhizobium Toleran Masam terhadap Perkembangan Bintil Akar dan Klorofil Tanaman Kedelai

4.2.1 Bintil Akar Efektif

Bintil akar efektif merupakan salah satu indikator bahwa Rhizobium dapat melakukan fiksasi nitrogen biologis sehingga parameter ini dapat digunakan untuk mengetahui efektivitas Rhizobium. Penelitian tentang jumlah bintil akar efektif melalui perhitungan bintil akar yang di tandai dengan bagian tengah bintil berwarna merah.

Efektifitas simbiotik merupakan kemampuan relatif suatu asosiasi antara tumbuhan dan bakteri bintil akar untuk mengasimilasi N molekuler (Gunarto dkk., 1992). Munculnya bintil akar pada tanaman kedelai merupakan salah satu bukti adanya simbiotik antara tanaman kedelai dengan bakteri penambat N, yaitu bakteri rhizobium. Lebih lanjut Suryantini (1994), menyatakan bahwa efektif tidaknya penambatan nitrogen dapat diketahui dari perkembangan bintil akar saat tanaman mencapai fase berbunga.

Berdasarkan (lampiran 10) diketahui bahwa multi isolat Rhizobium yang berbeda mempunyai tingkat efektivitas yang berbeda terhadap jumlah bintil akar efektif. Hal ini ditunjukkan oleh perbedaan jumlah bintil akar efektif pada tiap-tiap perlakuan, dan dilihat dari F_{hit} lebih besar dari $F_{5\%}$, maka ada pengaruh yang signifikan terhadap perlakuan yang diberikan.

Tabel 4. Pengaruh macam formula multi isolat Rhizobium terhadap jumlah bintil akar efektif

No	Perlakuan Rhizobium	Jumlah bintil akar efektif pada umur 35 hari	
		Rata –rata	Notasi
1	A1	17,33	e
2	A2	15,33	de
3	A3	17,33	e
4	B1	13,00	cde
5	B2	9,67	bcd
6	B3	6,33	abc
7	C1	13,33	cde
8	C2	12,33	cde
9	C3	12,33	cde
10	D1	12,00	cde
11	D2	8,33	abcd
12	D3	9,00	bcd
13	E1	14,67	de
14	E2	12,00	cde
15	E3	11,67	cde
16	F	3,33	ab
17	G	7,00	abc
18	H	1,67	a

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 %

Berdasarkan hasil analisa pada tabel 4 diketahui bahwa semua perlakuan menggunakan isolat Rhizobium ILetrisoy 2,3 dan 4 dengan berbagai kombinasi perlakuannya hampir semua menghasilkan bintil akar yang sama efektif pada tanaman kedelai. Perlakuan tanpa isolat yaitu F (Tanpa inokulasi + pupuk dasar (100 kg SP36/ha + 100 kg KCl/ha) (tidak dalam bentuk pelet) dan H (Tanpa inokulasi + pupuk dasar (100 kg SP36/ha + 100 kg KCl/ha) + 75 kg Urea/ha (tidak dalam bentuk pelet) menghasilkan bintil akar yang terendah, begitu juga penggunaan legin (perlakuan G (Inokulasi rhizobium komersial + pupuk dasar

(100 kg SP36/ha + 100 kg KCl/ha) (tidak dalam bentuk pelet). Hasil yang tertinggi ditunjukkan perlakuan A1,A2,A3 kombinasinya antara lain A1 (Multi isolat rhizobium ILeTRISoy 2), A2 (Multi isolat rhizobium ILeTRISoy 3), A3 (Multi isolat rhizobium ILeTRISoy 4) yang semuanya tidak dalam bentuk pelet.

Hasil ini menunjukkan bahwa penanaman kedelai di tanah masam yang belum pernah digunakan untuk menanam kedelai masih memerlukan inokulan rhizobium yang sesuai dengan tanaman kedelai yang ditanam. Inokulasi merupakan upaya menghadirkan populasi rhizobium ke daerah perakaran dengan tujuan untuk memacu simbiosis antara inokulum dengan tanaman inang. Tanaman kedelai yang diberi inokulan rhizobium menghasilkan jumlah bintil akar efektif yang lebih tinggi, dibandingkan jumlah bintil akar pada tanaman yang tidak diberi inokulan rhizobium (perlakuan F dan H). Inokulasi Rhizobium kedalam perakaran kedelai akan memacu pembentukan bintil akar efektif. Bintil akar efektif ditandai dengan jaringan bintil akar pada bagian tengah berwarna merah ketika dibelah, karena mengandung leghemoglobin. Bintil akar efektif letaknya cenderung mengumpul pada leher akar dan umumnya berukuran besar Rao (1994). Bintil akar efektif akan terbentuk bila terdapat kesesuaian (*compatibility*) antara tanaman inang dengan Rhizobium (Lorouge *et al.* 1990, Schultz *et al.* 1988, Murphy *et al.* 2003b, Soedarjo dan Sucahyono 2005), kelembapan tanah (Osa- Afiana dan Alexander 1979), suhu tanah, senyawa organik dan anorganik sebagai sumber nutrisi (Dazzo *et al.* Tepfer *et al.* 1988, Murphy *et al.* 1995, Savka dan Farrand 1997, Soedarjo 1997), densitas sel Rhizobium tanah (Brocckwell *et al.* 1988, Singleton dan Tavares 1986) mempengaruhi proses pembentukan bintil akar (Soedarjo, 2007).

Inokulasi isolat dapat merangsang hadirnya bakteri rhizobium di sekitar perakaran tanaman, sehingga rhizobium akan bersimbiosis dengan tanaman kedelai untuk membentuk bintil akar yang mampu menambat nitrogen dari udara dan dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman, khususnya pada tanaman kedelai mampu menyumbang cukup banyak dalam hal jumlah nitrogen terfiksasi ke dalam biosfer (Rao, 2007).

Semakin banyak koloni bakteri menginfeksi akar akan meningkatkan jumlah berat bintil akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan yang diberi multi-isolat Rhizobium toleran masam menghasilkan jumlah bintil akar efektif tertinggi dari perlakuan tanpa inokulasi maupun perlakuan yang menggunakan pupuk anorganik yaitu urea. Sehingga jika bintil akar efektif semakin banyak maka nitrogen yang diikat di udara semakin banyak dapat merangsang pertumbuhan vegetatif (batang dan daun), serta meningkatkan jumlah anakan dan meningkatkan jumlah polong (Rauf & Sihombing, 2000).

Tanaman tanpa inokulasi akan mengalami kekurangan nitrogen karena tidak adanya bakteri di sekitar perakaran tanaman, sehingga bintil akar yang berfungsi sebagai organ penambat nitrogen tidak terbentuk. Rendahnya populasi Rhizobium menyebabkan tidak terbentuknya bintil akar pada tanaman kedelai, karena densitas sel Rhizobium yang terlalu rendah dan kurang efektif untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen melalui simbiosis, sehingga perlu dilakukan inokulasi Rhizobium. Gardner (1991) menyatakan bahwa rendahnya populasi Rhizobium menyebabkan kolonisasi Rhizobium pada akar menjadi kecil sehingga tidak mampu melakukan invansi ke dalam bulu akar dan membentuk bintil. Islami

(1995) menambahkan, kehidupan *Rhizobium* tergantung pada kondisi lingkungan tanah terutama pH. Penelitian Ciptadi (1992) dalam Ningsih menunjukkan bahwa pH rendah ($\text{pH} < 5$) dapat menekan kerapatan populasi *Rhizobium*. pH rendah akan mempengaruhi perkembangan *Rhizobium* bahkan akan menghambat proses infeksi terhadap bulu akar. Rendahnya kemampuan *Rhizobium* dalam fiksasi nitrogen dibuktikan dengan sedikitnya bintil akar yang terbentuk menyebabkan dibutuhkannya inokulum *Rhizobium* dari strain yang toleran terhadap kemasaman sehingga dapat efektif menambat nitrogen.

Hasil tertinggi (A1,A2,A3), rata-rata berkisar antara 17,3, 15,3 dan 17,3 membuktikan bahwa tanpa tambahan pupuk multi isolat *Rhizobium* sudah mampu meningkatkan jumlah bintil akar efektif. Hal ini dapat mengimbangi penggunaan pupuk kimia yang harganya semakin mahal.

4.2.2. Kadar Klorofil Daun

Kadar klorofil dilakukan 5 kali pengamatan yaitu pada umur 27, 37, 47, dan 57 hari. Data pengukuran kadar klorofil disajikan pada (lampiran 3). Hasil analisis menunjukkan multi isolat yang dikemas dalam formula pupuk mempunyai pengaruh terhadap kadar klorofil pada umur ke 47 hari. Hal ini ditunjukkan oleh uji F bahwa F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , berarti berbeda nyata terhadap kadar klorofil. Sedangkan pada umur 27, 37, dan 57 hari F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} sehingga kombinasi multi isolat *Rhizobium* yang dikemas dalam formula pupuk tidak berpengaruh terhadap kadar klorofil daun (lampiran 11).

Tabel 5. Pengaruh macam formula multi isolat Rhizobium terhadap kadar klorofil tanaman pada umur 47 hari

No	Perlakuan Rhizobium	Indeks Klorofil Daun	
		Rata –rata	Notasi
1	A1	40,37	d
2	A2	40,73	d
3	A3	35,40	bcd
4	B1	28,76	a
5	B2	29,83	a
6	B3	29,17	a
7	C1	30,90	ab
8	C2	30,43	ab
9	C3	33,86	abc
10	D1	38,97	cd
11	D2	38,67	cd
12	D3	37,40	cd
13	E1	38,17	cd
14	E2	36,87	cd
15	E3	39,43	cd
16	F	38,33	cd
17	G	37,73	cd
18	H	39,07	cd

Keterangan : Angka yang di damping huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Hasil uji lanjut dengan DMRT (tabel 4) menunjukkan variabel kadar klorofil pada umur 47 hari. Semua perlakuan formula pupuk hayati yang diberikan dalam bentuk pelet baik yang diberi pupuk dasar maupun tanpa pupuk dasar sama-sama memberikan menunjukkan rata-rata yang tidak berbeda nyata dalam menghasilkan kadar klorofil. Perlakuan-perlakuan itu adalah B1 (Multi isolat rhizobium ILeTRIs_{oy} 2 + pupuk P (SP36) + Dolomit + Mo (bentuk pelet)), B2 (Multi isolat rhizobium ILeTRIs_{oy} 3 + pupuk P (SP36) + Dolomit + Mo (bentuk pelet)) dan B3 (Multi isolat rhizobium ILeTRIs_{oy} 4 + pupuk P (SP36) + Dolomit + Mo (bentuk pelet) dan C1 (Multi isolat rhizobium ILeTRIs_{oy}

2 + pupuk P (SP36)+ Dolomit + Mo (bentuk pelet) + Pupuk dasar (50 Kg SP36/ha+ 100 kg KCl/ha), C2 (Multi isolat rhizobium ILeTRIsOy 2 + pupuk P (SP36)+ Dolomit + Mo (bentuk pelet) + Pupuk dasar (50 Kg SP36/ha+ 100 kg KCl/ha), C3 (Multi isolat rhizobium ILeTRIsOy 4 + pupuk P (SP36) + Dolomit + Mo (pelet) + Pupuk dasar (50 Kg SP36/ha+ 100 kg KCl/ha))). Sedangkan semua perlakuan yang tidak dalam bentuk pelet memberikan hasil sama tinggi dalam menghasilkan kadar klorofil. Hasil yang cenderung tertinggi ditunjukkan perlakuan A1,A2,A3 kombinasinya antara lain A1 (Multi isolat rhizobium ILeTRIsOy 2), A2 (Multi isolat rhizobium ILeTRIsOy 3), A3 (Multi isolat rhizobium ILeTRIsOy 4).

Pengolesan biji terinokulasi dengan kapur (CaCO_3 yang digerus halus) atau dengan batu fosfat meningkatkan kelestarian rhizobium pada biji dan karenanya dapat meningkatkan pembentukan bintil akar dalam kondisi tanah yang sangat jelek. Namun perlakuan yang berbentuk pelet menghasilkan hasil yang terendah dalam menghasilkan kadar klorofil kedelai. Hal ini dikarenakan komposisi pelet belum sesuai untuk kehidupan rhizobium yang ada dalam pelet tersebut. Teknologi pelapisan benih dalam bentuk pelet mulanya menggunakan metode Australia yaitu menggunakan kultur yang ditumbuhkan pada agar membuat suspensi agar dalam air. Suspensi ini dapat langsung dibubuhkan pada biji atau diperbaiki dengan menggunakan gula 10 % atau gom arabika 40 % yang netral dalam cairan suspensi. Digunakan kultur dasar gambut digunakan, 25 gr kultur ditambahkan pada 100 ml air atau larutan pada gula atau gom arabika. Hasilnya berupa campuran encer yang digunakan untuk membubuhi pada biji.

Pada mulanya biji dicampur rata dalam campuran encer (*slurry*) tanah gambut yang lekat kemudian ditambahkan CaCO_3 yang telah di tumbuk halus ke biji yang telah diinokulasi sementara biji itu masih basah dan digulirkan dengan merata pada biji. Biji tersebut kemudian dapat segera ditanam ataupun disimpan selama 2 – 3 minggu pada temperatur di bawah 18°C (Rao, 2007). Sedangkan pada penelitian ini tidak dicampur dengan gambut melainkan Mo, sehingga dimungkinkan komposisi pelet belum sesuai dengan kehidupan multi-isolat rhizobium toleran masam 1,2 dan 3.

Rhizobium mulai bekerja maksimum pada saat umur bintil 28-37 hari lalu bintil akan mulai melapuk. Hal ini sesuai dengan Islami dan Utomo (1995), pada tanaman semusim umumnya bintil akar akan mati pada fase pembungaan dan perkembangan biji. Hal ini dikarenakan bunga dan biji membutuhkan karbohidrat dalam jumlah banyak dan menggunakan nitrogen dari bintil akar. Hidajat (1985) menambahkan bintil mencapai besar maksimal dan fiksasi nitrogen berlanjut sampai awal pelapukan bintil saat 28-37 hari lalu dilanjutkan dengan pelapukan bintil saat umur 50 – 60 hari. Sehingga peran multi-isolat rhizobium sangat diperlukan untuk meningkatkan nitrogen.

Hal ini sejalan dengan Gardner (1991) yang menjelaskan bahwa pemberian isolat Rhizobium pada tanaman kedelai dapat meningkatkan jumlah nitrogen yang dapat diperoleh tanaman dengan cara menambat nitrogen, dimana nitrogen merupakan salah satu komponen penyusun klorofil daun ($\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$) yang digunakan dalam proses fotosintesis. Jika persediaan

nitrogen terbatas, klorofil tidak terbentuk dan akhirnya akan menurunkan laju fotosintesis.

Unsur N di dalam tanaman dijumpai dalam bentuk anorganik atau organik yang bergabung dengan C, H, O dan kadangkala dengan S untuk membentuk asam-asam amino, asam nukleat, klorofil, alkaloid dan basa purin. Meskipun N-anorganik dapat berakumulasi membentuk nitrat, N-organik dominan dalam bentuk protein berbobot-molekul tinggi (Hanafiah, 2005).

Nitrogen (N) merupakan komponen dari klorofil dan terletak di dalam kloroplas. Kloroplas adalah plastida yang berwarna hijau karena berisi pigmen klorofil di samping beberapa pigmen yang lain. Kloroplas merupakan organel tempat berlangsungnya fotosintesis yang menghasilkan karbohidrat dan oksigen. Pada dasarnya semua makhluk hidup, terutama hewan, sangat tergantung pada kloroplas. Suplai oksigen yang ada di alam berasal dari fotosintesis yang terjadi di kloroplas. Fungsi utama kloroplas adalah sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis selain fungsi yang lain yaitu menghasilkan energi.

Kadar klorofil yang tinggi memungkinkan tanaman melakukan fotosintesis dan menghasilkan asimilat lebih banyak. Klorofil adalah pigmen karena menyerap cahaya dan merupakan molekul amfifilik, klorofil terdapat pada tilakoid. Selain mengandung klorofil tilakoid juga mengandung pigmen lain, serta enzim yang diperlukan untuk reaksi cahaya. Tilakoid merupakan tempat berlangsungnya reaksi cahaya yang menghasilkan NADPH, ATP, dan oksigen (Istansi *dkk*, 1999). Hal ini akan berdampak pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

Pertumbuhan ialah penambahan bobot kering akibat dari pembelahan sel (peningkatan jumlah) dan pembesaran sel (peningkatan ukuran) (Gardner, *et al.*, 1991). Penambahan tersebut menyebabkan bertambahnya ukuran organ tanaman seperti tinggi tanaman dan klorofil daun akibat dari metabolisme tanaman.

Multi-isolat Rhizobium ILeTRISoy 3 (A2) mampu meningkatkan kadar klorofil lebih tinggi dalam meningkatkan kadar klorofil tanaman kedelai ditunjukkan rata-rata mencapai 40,7 dibandingkan Multi-isolat Rhizobium ILeTRISoy 2 (A1) dan 4 (A3).

4.3 Pengaruh Formula pupuk dan Multi-Isolat Rhizobium terhadap Pertumbuhan kedelai

4.3.1 Tinggi tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan selama usia tanam antara lain umur, 27, 37, 47, dan 57 hari setelah tanam. Hasil analisis disajikan pada (Lampiran 13). Anova (analisis variansi) menunjukkan multi isolat Rhizobium toleran masam yang dikemas dalam formula pupuk mempunyai pengaruh berbeda terhadap tinggi tanaman pada umur 57 hari. Hal ini ditunjukkan oleh uji F bahwa F_{hit} lebih besar dari F_{tabel} , tinggi tanaman tampak berbeda nyata dilihat bahwa lebih besar dari, berarti ada pengaruh nyata terhadap tinggi kedelai. Sedangkan pada umur 27 dan 37 hari, F_{hit} lebih kecil dari F_{tabel} sehingga Kombinasi multi isolat Rhizobium dan formula pupuk hayati tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman.

Tabel 6. Pengaruh macam formula multi isolat Rhizobium terhadap tinggi tanaman pada umur 57 hari (cm)

NO	Perlakuan Rhizobium	Tinggi tanaman pada Umur (Hari) (cm)			
		47		57	
1	A1	47,5	e	47,73	bcd
2	A2	43,10	bcde	42,83	ab
3	A3	45,1	cde	43,83	abc
4	B1	43,46	bcde	45,00	abc
5	B2	44,43	bcde	49,53	cd
6	B3	41,86	bcd	48,00	bcd
7	C1	45,20	cde	45,53	abcd
8	C2	42,73	bcd	47,57	bcd
9	C3	46,26	de	47,7	bcd
10	D1	41,60	bc	45,07	abcd
11	D2	43,30	bcde	44,90	abc
12	D3	37,23	a	43,60	abc
13	E1	44,83	cde	44,73	abc
14	E2	45,17	cde	51,23	d
15	E3	45,33	cde	46,00	abcd
16	F	40,36	a	40,50	a
17	G	43,26	bcde	43,63	abc
18	H	44,53	bcde	44,33	abc

Keterangan : Angka yang di damping huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 %

Perlakuan rhizobium toleran masam dan formula pupuk yang diamati pada umur 57 hari diperoleh hasil yang cenderung sama tinggi, kecuali perlakuan F (tanpa inokulasi) pupuk dasar (100 kg SP36/ha + 100 kg KCl/ha) (tidak dalam bentuk pelet) memberikan nilai terendah untuk tinggi tanaman.

Dari hasil di atas menunjukkan bahwa penggunaan Isolat Rhizobium tanah masam diperlukan bagi tanaman kedelai yang di tanam di tanah masam, guna menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman yang optimal. Tanaman yang tidak diberi Isolat Rhizobium toleran masam mengalami pertumbuhan rendah

(perlakuan F). Selain itu tanpa Isolat Rizobium tanaman juga memerlukan penambahan pupuk.

Definisi pertumbuhan menurut Gardner dkk, (1991); Campbell dkk., (2003) adalah pembelahan sel (peningkatan jumlah), pembesaran sel (peningkatan ukuran), dan *diferensiasi* (spesialisasi sel), sedangkan menurut Tjionger (2006), menjelaskan pertumbuhan merupakan proses bertambahnya ukuran dan jumlah sel-sel tanaman yang diikuti oleh pertambahan berat kering tanaman.

Kedelai pada umur 27 dan 37 hari tidak ada perbedaan tinggi tanaman. Hal ini disebabkan pada umur 27- 37 hari masih dalam periode aktif pembentukan bintil akar sehingga pengaruh pupuk berbagai formula multi isolat terhadap pertumbuhan tanaman masih belum tampak karena bintil akar belum berperan secara aktif dalam menambat nitrogen, selain itu menurut Wididana (1988) yaitu, bahan organik yang digunakan untuk pembuatan bokashi umumnya masih merupakan senyawa kompleks yang tidak dapat secara langsung digunakan oleh tanaman karena nilai perbandingan karbon dan nitrogen dalam bahan tersebut relatif tinggi.

Pada perlakuan multi-isolat pada umur 47 dan 57 (lampiran 15) hari menunjukkan yang berbeda nyata. Hal ini disebabkan karena Rhizobium mulai bekerja maksimum pada saat umur 28 – 37 hari kemudian diatas 37 hari lalu bintil akar mulai melapuk. Hal ini sesuai dengan Islami dan Utomo (1995), pada tanaman semusim umumnya bintil akar akan mati pada fase pembungaan dan perkembangan biji. Hidajat (1985) menambahkan bintil mencapai besar maksimal

dan fiksasi nitrogen berlanjut sampai awal pelapukan bintil saat 28-37 hari lalu dilanjutkan dengan pelapukan bintil saat umur 50 – 60 hari.

Bintil akar atau Rhizobium merupakan tempat fiksasi nitrogen, di dalam bintil akar efektif terdapat pigmen merah mirip dengan hemoglobin darah dijumpai dalam bintil antara bakteroid dan selubung membran yang mengelilinginya. Leghemoglobin, dengan awalan "leg" menunjukkan keberadaannya di dalam bintil akar legum merupakan suatu hemoprotein yang memiliki kerangka heme yang melekat pada suatu rantai peptid yang mewakili bagian globin dari molekul. Jumlah leghemoglobin di dalam bintil memiliki hubungan langsung dengan jumlah nitrogen yang difiksasi oleh legum. Telah ditetapkan bahwa pigmen dapat berfungsi sebagai (a) tempat absorpsi dan reduksi dan nitrogen, (b) pembawa elektron khusus dalam fiksasi nitrogen, (c) pengatur pasokan oksigen, dan (d) pembawa oksigen. Sehingga penggunaan Inokulasi Rhizobium di lapang bertujuan untuk meningkatkan nodulasi dan fiksasi N_2 dari atmosfer dan dapat berpengaruh pada tinggi tanaman (Rao,2007).

Fiksasi Nitrogen adalah proses perubahan N_2 menjadi nitrat, nitrit atau amonia yang merupakan bentuk nitrogen sebagai substrat berbagai enzim. Pengikatan nitrogen dari udara dalam bentuk nitrat, nitrit, atau amonia tersedia bagi tanaman dengan bantuan mikroorganisme penambat nitrogen. Proses perubahan tersebut melalui reaksi reduksi gas dinitrogen menjadi amonia yang terjadi di dalam bintil akar (Rao, 1994). Nitrogen yang sudah difiksasi ini digunakan tanaman untuk pembentukan asimilat. Asimilat yang dihasilkan akan

digunakan oleh Rhizobium. Hal ini merupakan bentuk simbiosis tanaman kedelai dan Rhizobium.

Nitrogen (N) merupakan salah satu unsur yang menyusun protein. Protein merupakan komponen yang terbesar dari sel, lebih dari 50 % berat kering. Selain nitrogen molekul protein mengandung karbon, hidrogen, oksigen, dan kadang kala sulfur serta fosfor (Istansi *dkk*, 1999). Protein adalah makromolekul, merupakan polimer dari asam amino yang saling berikatan dengan ikatan sulfida. Protein merupakan enzim atau subunit enzim. Jenis protein lain berperan dalam fungsi struktural atau mekanis, seperti misalnya protein yang membentuk batang. Sebagai komponen penyimpanan (dalam biji) dan juga dalam transportasi hara. Sebagai salah satu sumber gizi, protein berperan sebagai sumber asam amino bagi organisme yang tidak mampu membentuk asam amino tersebut (heterotrof). Terdapat dua puluh macam asam amino penyusun protein (San, 2009).

Macam dan fungsi protein sangat bervariasi. Selain sebagai penyusun sel protein juga berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus. Protein juga mempunyai fungsi lain yang penting untuk proses fisiologi di dalam sel. Protein yang berupa enzim bertindak sebagai katalisator berbagai reaksi kimia. Protein membran berfungsi untuk membawa materi melintasi membran sel (Istansi *dkk*, 1999).

Struktur protein dapat dilihat sebagai hirarki, yaitu berupa struktur primer (tingkat satu), sekunder (tingkat dua), tersier (tingkat tiga), dan kuartener (tingkat empat). Struktur primer protein merupakan urutan asam amino penyusun protein yang dihubungkan melalui ikatan peptida (amida). Sementara itu, struktur sekunder protein adalah struktur tiga dimensi lokal dari berbagai rangkaian asam amino pada protein yang distabilkan oleh ikatan hydrogen (San, 2009).

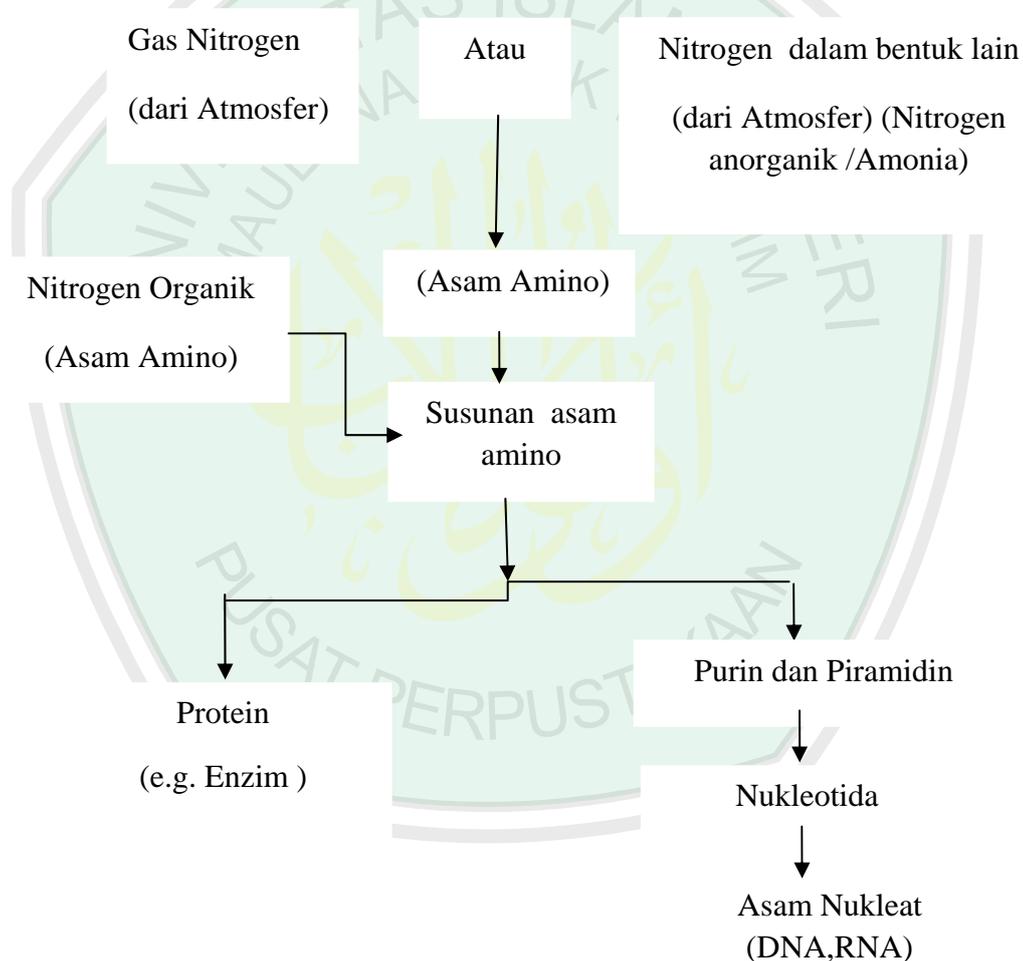
Gabungan dari aneka ragam dari struktur sekunder akan menghasilkan struktur tiga dimensi yang dinamakan struktur tersier. Struktur tersier biasanya berupa gumpalan. Beberapa molekul protein dapat berinteraksi secara fisik tanpa ikatan kovalen membentuk oligomer yang stabil (misalnya dimer, trimer, atau kuartomer) dan membentuk struktur kuartener. Contoh struktur kuartener yang terkenal adalah enzim Rubisco dan insulin (San, 2009).

Struktur primer protein bisa ditentukan dengan beberapa metode: (1) hidrolisis protein dengan asam kuat (misalnya, 6N HCl) dan kemudian komposisi asam amino ditentukan dengan instrumen amino acid analyzer, (2) analisis sekuens dari ujung-N dengan menggunakan degradasi Edman, (3) kombinasi dari digesti dengan tripsin dan spektrometri massa, dan (4) penentuan massa molekular dengan spektrometri massa (San, 2009).

Biosintesis protein alami sama dengan ekspresi genetik. Kode genetik yang dibawa DNA ditranskripsi menjadi RNA, yang berperan sebagai cetakan bagi translasi yang dilakukan ribosom. Sampai tahap ini, protein masih mentah, hanya tersusun dari asam amino proteinogenik. Melalui mekanisme

pascatranslasi, terbentuklah protein yang memiliki fungsi penuh secara biologi (Anonymous, 2010).

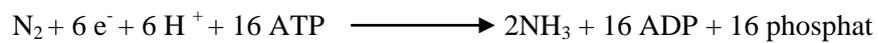
Sumber Nitrogen (gas N_2 , NH_3 anorganik dan asam amino organik) dapat merupakan bahan baku dalam biosintesis senyawa nitrogen komponen sel (protein dan asam nukleat). Bagan biosintesis senyawa N tercantum pada gambar 4.



Gambar 4. Bagan Biosintesis Senyawa Nitrogen

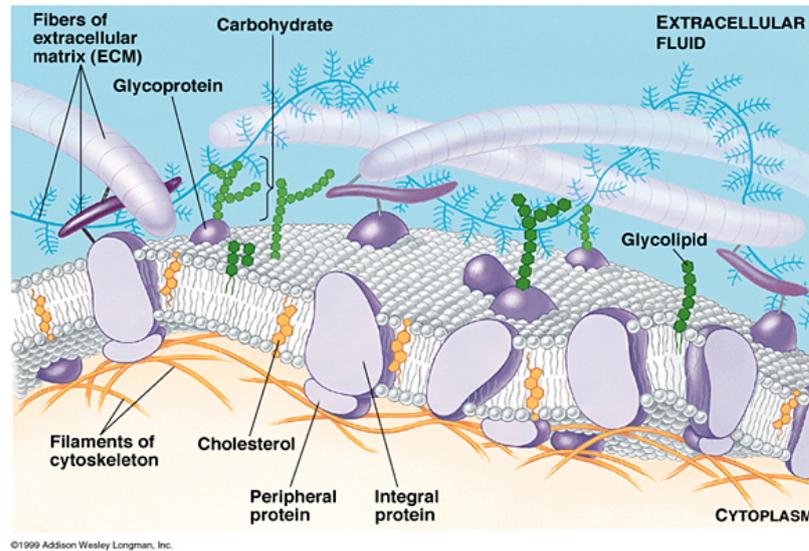
(Aryantha 2009)

Bakteri N₂-fiksator (Rhizobium dan Azotobacter) mengubah N₂ menjadi



Tahapan biosintesis protein antara terjadi energisasi asam amino peristiwanya antara lain, sebelum terangkai menjadi protein, kerangka dasar asam amino akan dienergisasi dengan ATP, ATP akan berubah menjadi AMP. Asam amino terenergisasi setelah berikatan dengan AMP. Sintesis Protein Ratusan macam protein dapat disintesis sesuai blue print rancangannya. Blue printnya adalah segmen nukleotida dalam DNA. Gen (segmen nukleotida) harus terlebih dahulu disalin menjadi RNA, (Aryantha 2009).

Berdasarkan fungsinya protein dapat digolongkan menjadi dua antara lain protein fungsional dan protein struktural. Protein fungsional yaitu berupa enzim, dan protein struktural yaitu protein yang membentuk batang, dan yang menyusun membran sel (San, 2009). Menurut model membran mozaik-cair, membran tersusun dari dua lapis model lipid, dan protein yang tersusun acak (mozaik). Protein ada yang menempel (membentuk ikatan) pada permukaan luar lapisan lipid (protein perifer), dan ada yang menembus sebagian lapisan lemak atau menembus kedua lapisan lemak (protein integral). Selain memperkuat struktur membran, protein membran juga berfungsi sebagai reseptor, enzim, dan protein karier (Istansi *dkk*, 1999). Protein struktural dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Membran sel tumbuhan
(Longman, 1999)

Nitrogen mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman, menurut Mengel dan Kirkby (1978) dalam Hanafiah (2005), unsur N berkorelasi sangat erat dengan perkembangan jaringan meristem, sehingga sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan ialah penambahan bobot tanaman akibat dari pembelahan sel (peningkatan jumlah) dan pembesaran sel (peningkatan ukuran) (Gardner *et al.*, 1991). Penambahan tersebut menyebabkan bertambahnya ukuran organ tanaman seperti tinggi tanaman dan klorofil daun akibat dari metabolisme tanaman. Unsur nitrogen salah satunya berperan dalam pembentukan dan pertumbuhan organ-organ vegetatif yaitu batang, daun dan akar (Sutejo, 2002).

Perlakuan A1 (multi-isolat *Rhizobium* 2) sudah mampu menyaingi hasil dari perlakuan yang menggunakan kombinasi perlakuan E2 (Multi isolat *rhizobium* ILeTRIsOy 3 + pupuk P (SP36) + Dolomit + pupuk dasar (50 kg SP36/ha + 100 kg KCl/ha) (tidak dalam bentuk pelet)). Sehingga untuk

menghemat penggunaan pupuk dapat digunakan perlakuan A1 dibanding perlakuan E2.

4.3.2 Jumlah Cabang per tanaman

Hasil analisa jumlah cabang berpolong (lampiran 14) dapat diketahui bahwa pemberian multi isolat Rhizobium dan formula pupuk mempunyai perbedaan efektivitas dalam menghasilkan jumlah cabang berpolong. Jumlah cabang berpolong nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka dapat diambil kesimpulan ada perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan yang diberikan.

Tabel 7. Pengaruh macam formula multi isolat Rhizobium terhadap cabang per tanaman

No	Perlakuan Rhizobium	Cabang per tanaman pada Umur 77 (Hari)	
		Rata –rata	Notasi
1	A1	3,33	abc
2	A2	3,33	abc
3	A3	3,67	bc
4	B1	2,00	a
5	B2	2,33	ab
6	B3	3,33	abc
7	C1	2,67	abc
8	C2	3,00	abc
9	C3	2,33	ab
10	D1	2,33	ab
11	D2	2,33	ab
12	D3	3,33	abc
13	E1	3,67	abc
14	E2	3,67	bc
15	E3	4,00	c
16	F	2,67	abc
17	G	4,00	c
18	H	2,67	abc

Keterangan : Angka yang di dampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Jumlah cabang berpolong pada tanaman untuk semua perlakuan (tabel 6) menunjukkan hasil yang cenderung sama. Perlakuan B1(Multi isolat rhizobium ILeTRISoy 2 + pupuk P (SP36) + Dolomit + Mo (bentuk pelet) cenderung menghasilkan jumlah cabang yang rendah yaitu rata-rata 2. Perlakuan yang memiliki kecenderungan menghasilkan jumlah cabang yang banyak adalah E3 (Multi isolat rhizobium ILeTRISoy 4 + pupuk P (SP36) + Dolomit + pupuk dasar (50 kg SP36/ha + 100 kg KCl/ha) (tidak dalam bentuk pelet) dan G (Inokulasi rhizobium komersial + pupuk dasar (100 kg SP36/ha + 100 kg KCl/ha) (tidak dalam bentuk pelet) jumlah cabang yang diperoleh rata-rata 4.

Perlakuan yang menggunakan pelet cenderung mendapatkan hasil terendah dikarenakan dalam pembuatan pelet inokulasi pada biji tidak merata, komposisi yang terdapat pada benih dalam bentuk pelet seperti kebutuhan P (fosfat) kurang apalagi tanah tersebut dalam kondisi masam. Tanaman kedelai membutuhkan P (fosfat) lebih besar dibanding komoditas lainnya seperti gandum dan jagung. Sehingga menjadi kendala utama dalam meningkatkan hasil bila tanaman kedelai kekurangan P (fosfat). Disamping itu tanah masam menyebabkan pertumbuhan tanaman menderita akibat cekaman abiotik dan biotik, seperti: (a) pertumbuhan vegetatif terhambat sebagai akibat kekurangan hara makro dan mikro; (b) keracunan Al atau Mn; (c) pembentukan nodul terhambat; (d) tanaman mudah mendapat cekaman kekeringan; dan (e) pertumbuhan akarnya terhambat. Gejala yang sangat jelas adalah pertumbuhan yang sangat kerdil, daun berwarna kuning kecoklatan, pertumbuhan perakaran sangat terbatas, bunga

yang terbentuk minimal dan jumlah polong juga minimal, produktivitas sangat rendah atau bahkan gagal menghasilkan biji (Sumarno, 2005).

Ketersediaan N pada tanah masam rendah begitu juga unsur hara lainnya, dalam keadaan masam tidak mungkin ada varietas kedelai yang dapat tumbuh dan menghasilkan biji secara normal. Dengan tercukupinya hara nitrogen pada fase pembungaan maka akan menentukan hasil akhir pada fase generatif yaitu pembentukan polong, perkembangan biji, dan pemasakan biji. Sebagaimana yang dilaporkan Huda (2005) *dalam* Nasikah, bahwa hasil yang dibentuk pada fase generatif sangat dipengaruhi oleh keadaan pertumbuhan pada fase vegetatif, bila pada fase vegetatif pertumbuhan tanamannya tumbuh dengan baik maka akan berdampak baik pada fase generatif.

Perlakuan E3 dan G memperoleh hasil tertinggi tidak berbentuk pelet, inokulasi dan pupuk diberikan pada saat tanam. Inokulasi ialah penambahan atau usaha pemberian bakteri yang dapat meningkatkan N dari udara dan bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan. Bakteri ini biasanya disebut bakteri bintil akar. Karena hidup pada akar tanaman dan membentuk bintil akar. Inokulasi bakteri rhizobium dapat dijadikan alternatif sebagai pupuk hayati untuk mengurangi penggunaan pupuk N kimia (Adisarwanto, 1999). Terutama pada tanah Ultisol dimana pada top soil tanah berstruktur pasir. Pupuk N kimia yang diberikan akan mudah hilang karena pencucian dan menguap sehingga tidak efektif. Penggunaan rhizobium menjadi alternatif karena N yang ditanggap lebih banyak digunakan dan tidak banyak terbuang

Fiksasi nitrogen adalah proses perubahan N_2 menjadi nitrat, nitrit atau amonia yang merupakan bentuk nitrogen dari udara dalam bentuk nitrat gas dinitrogen menjadi amonia yang terjadi di dalam bintil akar (Rao, 1994). Nitrogen yang sudah difiksasi ini digunakan tanaman untuk pembentukan asimilat, dan asimilat yang dihasilkan akan digunakan oleh rhizobium. Hal ini merupakan untuk simbiosis tanaman kedelai dan Rhizobium. Unsur nitrogen salah satunya berperan dalam pembentukan dan pertumbuhan organ – organ vegetatif yaitu batang, daun dan akar (Sutejo, 2002).

Berdasarkan pernyataan diatas pemberian multi-isolat dan kombinasi pupuk pada variabel jumlah cabang berpolong pada tanaman meningkatkan hasil secara nyata, hasil tertinggi dan lebih ekonomis dihasilkan dari perlakuan A3 (multi-isolat Rhizobium ILetrisoy 4), karena tanpa menggunakan pupuk sudah mampu meningkatkan jumlah cabang berpolong.

4.4 Pengaruh Formula pupuk dan Multi-Isolat Rhizobium terhadap Hasil Tanaman kedelai

4.4.1 Jumlah Polong Isi per Tanaman

Hasil analisa polong isi (lampiran 14) dapat diketahui bahwa pemberian multi isolat Rhizobium dan formula pupuk mempunyai perbedaan efektivitas dalam menghasilkan polong isi, dan jumlah cabang berpolong. Polong isi, dan jumlah cabang berpolong nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka dapat diambil kesimpulan ada perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan yang diberikan.

Tabel 8. Pengaruh macam formula multi isolat Rhizobium terhadap polong isi per tanaman

No	Perlakuan Rhizobium	Jumlah Polong Isi per Tanaman	
		Rata –rata	Notasi
1	A1	34,00	abcd
2	A2	39,67	d
3	A3	40,00	d
4	B1	33,33	abcd
5	B2	29,00	a
6	B3	33,33	abcd
7	C1	31,33	abc
8	C2	33,67	abcd
9	C3	30,00	ab
10	D1	38,00	cd
11	D2	36,00	abcd
12	D3	39,33	d
13	E1	37,00	bcd
14	E2	38,00	cd
15	E3	38,00	cd
16	F	32,33	abcd
17	G	37,33	bcd
18	H	35,33	abcd

Keterangan : Angka yang di dampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 %

Hasil analisis menunjukkan ada perbedaan terhadap jumlah polong isi. Hampir semua perlakuan sama tinggi kecuali perlakuan B2 (Multi isolat rhizobium ILeTRIs₃ + pupuk P (SP36) + Dolomit + Mo (bentuk pelet)) cenderung terendah dan tanaman tertinggi diperoleh perlakuan A3 (Multi isolat rhizobium ILeTRIs₄) serta perlakuan D3 (Multi isolat rhizobium ILeTRIs₄ + pupuk P (SP36) + Dolomit + Mo (tidak dalam bentuk pelet)).

Pemberian inokulasi *Rhizobium* yang berperan dalam merangsang terbentuknya nodul, nodul membantu penyediaan unsur N dan unsur ini memicu pembentukan protein dan protoplasma serta klorofil yang pada akhirnya mampu membantu proses pembentukan polong (Ridho dkk., 1998). Selain itu formula pupuk yang diberikan pada saat tanam dan saat berbunga membantu pertumbuhan pada saat vegetatif dan fase generatif (pembentukan polong isi dan pembentukan biji), karena *Rhizobium* dapat mengikat nitrogen yang berfungsi sebagai penyusun protoplasma, molekul klorofil, asam nukleat dan asam amino penyusun protein (Ashari, 2006).

Formula pupuk hayati yang di ujicobakan adalah upaya untuk mencari efektivitas pupuk yang sesuai dengan tanah masam dan bernilai ekonomis untuk mengimbangi pupuk kimia yang semakin hari bertambah mahal. Sehingga dapat diambil kesimpulan multi-isolat *rhizobium* ILeTRIsOy 4 (A3) tanpa kombinasi pupuk mampu meningkatkan jumlah polong isi pada tanaman.

4.4.2 Bobot Polong Kering Tanaman

Hasil analisa bobot polong kering tanaman (lampiran 15) dapat diketahui bahwa pemberian multi isolat Rhizobium dan formula pupuk tidak mempunyai efektivitas dalam menghasilkan bobot polong kering tanaman. Bobot polong kering tanaman nilai F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} maka dapat diambil kesimpulan tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan yang diberikan.

Tabel 9. Pengaruh macam formula multi isolat Rhizobium terhadap Bobot Polong Kering Tanaman (g)

No	Perlakuan Rhizobium	Bobot Polong kering per Tanaman (g)	
		Rata –rata	Notasi
1	A1	8,79	ab
2	A2	7,96	ab
3	A3	10,16	ab
4	B1	9,19	ab
5	B2	6,81	a
6	B3	7,27	ab
7	C1	8,77	ab
8	C2	8,62	ab
9	C3	8,96	ab
10	D1	9,11	ab
11	D2	10,91	b
12	D3	9,33	ab
13	E1	8,84	ab
14	E2	8,72	ab
15	E3	9,51	ab
16	F	8,10	ab
17	G	9,51	ab
18	H	9,51	ab

Keterangan : Angka yang di dampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 %.

Bobot polong total yang dihasilkan dari setiap perlakuan memiliki efektifitas yang sama, hal ini membuktikan bahwa rhizobium mampu menangkap N_2 bebas dan menyediakannya bagi kebutuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan Sutanto (2002) koloni bakteri Rhizobium bersimbiosis dengan akar tanaman legum membentuk nodul yang berperan dalam penangkapan nitrogen. Rhizobium mampu mencukupi 80 % kebutuhan nitrogen tanaman legum dalam meningkatkan produksi antara 10 – 25 %. Sehingga keberadaan pupuk kimia dapat digantikan dengan pupuk hayati multi – isolat Rhizobium toleran masam.

4.4.3 Bobot Kering Biji per Tanaman

Hasil analisa bobot kering biji per tanaman (lampiran 15) dapat diketahui bahwa pemberian formula pupuk dan multi isolat Rhizobium toleran masam mempunyai efektifitas yang sama dalam menghasilkan bobot kering biji per tanaman. bobot kering biji per tanaman nilai F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} maka dapat diambil kesimpulan tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan yang diberikan.

Tabel 10. Pengaruh macam formula multi isolat Rhizobium terhadap Bobot Kering Biji per Tanaman (g)

No	Perlakuan Rhizobium	Bobot kering biji per Tanaman (g)	
		Rata-rata	Notasi
1	A1	8,79	abc
2	A2	5,73	ab
3	A3	7,47	bc
4	B1	5,75	ab
5	B2	4,75	a
6	B3	5,32	ab
7	C1	6,31	abc
8	C2	8,62	abc
9	C3	6,37	abc
10	D1	6,77	abc
11	D2	6,33	abc
12	D3	6,40	abc
13	E1	6,42	abc
14	E2	6,58	abc
15	E3	6,90	abc
16	F	5,71	ab
17	G	8,06	c
18	H	6,71	abc

Keterangan : Angka yang di dampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5 %.

Unsur N merupakan bahan pembentuk protein sehingga unsur ini diperlukan untuk pertumbuhan biji kedelai (Mimbar, 1990). Unsur N juga merupakan komponen esensial dalam asam amino yang menjadi dasar pembentukan protein, juga dalam basa nitrogen yang terdapat dalam asam nukleat dan senyawa yang berkerabat, seperti ATP (Tjitrosomo dkk., 1983) yang akhirnya menambah berat kering biji. Selain itu N juga merupakan unsur yang diperlukan untuk membentuk senyawa penting di dalam sel, termasuk protein, DNA dan RNA.

Bobot kering biji yang dihasilkan dari setiap perlakuan memiliki efektifitas yang sama, ini membuktikan bahwa rhizobium mampu menangkap N_2 bebas dan menyediakannya bagi kebutuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan Sutanto (2002) koloni bakteri Rhizobium bersimbiosis dengan akar tanaman legum membentuk nodul yang berperan dalam penangkapan nitrogen. Rhizobium mampu mencukupi 80 % kebutuhan nitrogen tanaman legum dalam meningkatkan produksi antara 10 – 25 %. Sehingga keberadaan pupuk kimia dapat digantikan dengan pupuk hayati multi – isolat Rhizobium toleran masam.

