

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Media tanam dan pupuk hayati

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk hayati dari konsorsium mikroba terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*). Pada penelitian ini digunakan media tanam kompos daun dan tanah yang terdiri atas tanah sejumlah 4 Kg dan kompos 1 Kg, total media tanam 5 Kg untuk tiap *polybag*, media tanam memiliki pH berkisar 5. Pengukuran pH menggunakan kertas pH. Kompos yang digunakan memiliki suhu  $\pm 29^{\circ}\text{C}$ . Penyiraman dilakukan apabila kondisi media tanam terlihat kekeringan karena tanaman kacang hijau (*V. radiata*) tidak menghendaki kebutuhan air yang terlalu berlebihan.

Pupuk hayati yang digunakan adalah konsorsium mikroba yang terdiri atas *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas sp.*, *Rhizobium sp.*, *Lactobacillus plantarum*, *Cellulomonas sp.*, dan *Saccharomyces cereviceae* diberikan pada tanaman sesuai perlakuan yaitu 5, 10, dan 15 mL/tanaman dengan waktu pemupukan 1 kali, 2 kali, dan 3 kali. Pupuk hayati yang digunakan mempunyai jumlah mikroba seperti tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Jumlah mikroba dalam pupuk hayati

Jenis Mikroba	Sebelum dicampurkan ke molase (Cfu/mL)	Setelah dicampurkan ke molase (Cfu/mL)
<i>Rhizobium sp.</i>	$8,02 \times 10^7$	$1,4 \times 10^6$
<i>Lactobacillus plantarum</i>	$2,14 \times 10^7$	$2,29 \times 10^6$
<i>Cellulomonas sp.</i>	$4,82 \times 10^7$	$2,78 \times 10^5$
<i>Bacillus subtilis</i>	$2,03 \times 10^7$	$2,95 \times 10^6$
Pelarut P	>300	$3,64 \times 10^6$
Fiksasi N	$5,85 \times 10^7$	$4,5 \times 10^7$
<i>Saccharomyces</i>	>300	$2,2 \times 10^6$

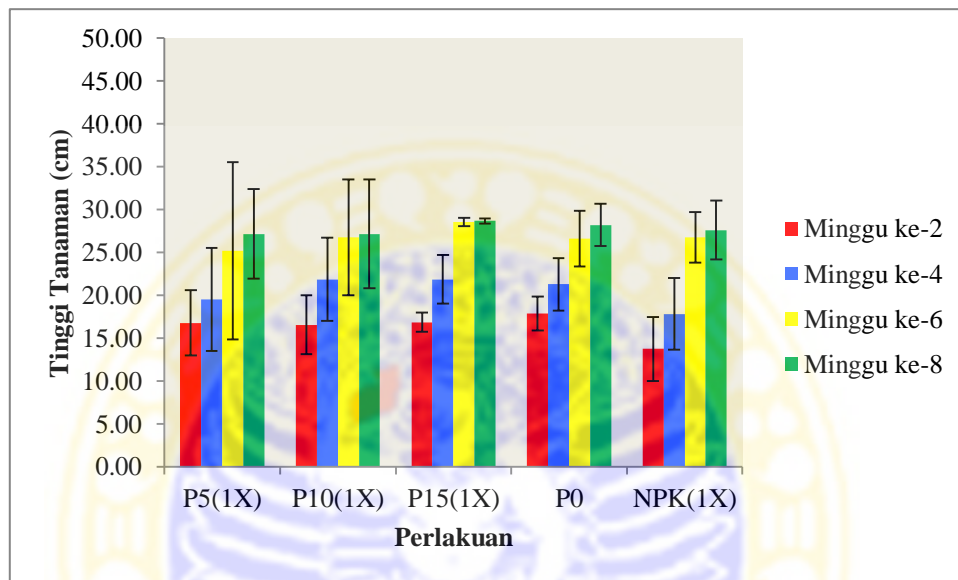
Dari tabel 4.1 terlihat bahwa pupuk hayati yang digunakan mengandung semua mikroba yang dibutuhkan tanaman. Jumlah masing-masing mikroba dari pengenceran  $10^4$  sampai dengan  $10^5$  setelah dicampurkan ke dalam molase mengandung  $1,4 \times 10^6$  Cfu/mL koloni *Rhizobium sp.*;  $2,29 \times 10^6$  Cfu/mL koloni *Lactobacillus plantarum*;  $2,78 \times 10^5$  Cfu/mL koloni *Cellulomonas sp.*;  $2,95 \times 10^6$  Cfu/mL koloni *Bacillus subtilis*;  $3,64 \times 10^6$  koloni mikroba pelarut P;  $4,5 \times 10^7$  Cfu/mL koloni mikroba fiksasi N; dan  $2,2 \times 10^6$  Cfu/mL koloni *Saccharomyces cereviceae*. Komposisi mikroba pada pupuk hayati ini sudah sesuai dengan Baku Mutu Permentan Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 (2011).

#### 4.1.2 Pertumbuhan tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*)

Dalam penelitian ini pertumbuhan tanaman kacang hijau (*V. radiata*) dapat dilihat dari pengukuran tinggi tanaman, biomassa tanaman, jumlah cabang, jumlah bunga, jumlah bintil akar, biomassa akar dan panjang akar. Pengukuran parameter tinggi tanaman, jumlah cabang dan jumlah bunga diukur pada umur tanaman 2, 4, 6,

dan 8 minggu setelah tanam (ST). Pertumbuhan tanaman umur 8 minggu diuji secara statistik.

#### 4.1.3 Pertumbuhan tanaman kacang hijau pada umur 2, 4, 6 dan 8 minggu



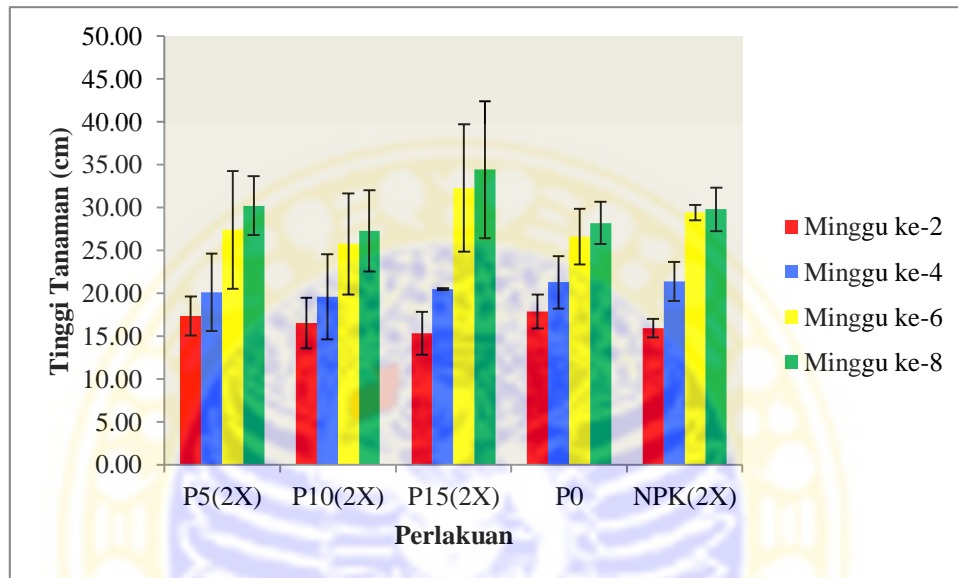
Gambar 12. Pemberian satu kali pupuk hayati dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15 mL/tanaman dan pupuk NPK

Tabel 4.2 Rata-rata tinggi tanaman pada pemupukan satu kali

Umur Minggu (ST)	Tinggi tanaman (cm/tanaman)				
	<b>P5(1x)</b>	<b>P10(1x)</b>	<b>P15(1x)</b>	<b>P0</b>	<b>NPK(1x)</b>
ke-2	16,77±3,81	16,57±3,41	16,87±1,10	17,90±1,99	13,73±3,71
ke-4	19,53±6,00	21,87±4,87	21,87±2,81	21,30±3,06	17,83±4,19
ke-6	25,20±10,35	26,77±6,76	28,53±0,50	26,63±3,26	26,77±2,93
ke-8	27,17±5,24	27,17±6,33	<b>28,67±0,29</b>	28,20±2,48	27,60±3,44

Gambar 11 memperlihatkan bahwa perbedaan pertambahan tinggi tanaman mulai terlihat pada umur tanaman 4 minggu. Pertumbuhan yang tercepat ditunjukkan oleh perlakuan P15(1x) dengan rata-rata tinggi tanaman umur 8 minggu  $28,67 \pm 0,29$  cm/tanaman. Pemberian semua perlakuan pupuk hayati umur 2 dan 4 minggu ST

memperlihatkan pertumbuhan yang lebih baik daripada kontrol NPK. Akan tetapi, pada minggu ke-6 dan ke-8 hanya perlakuan P15 (pupuk hayati 15 mL/tanaman) lebih baik dari perlakuan kontrol P0 dan NPK.



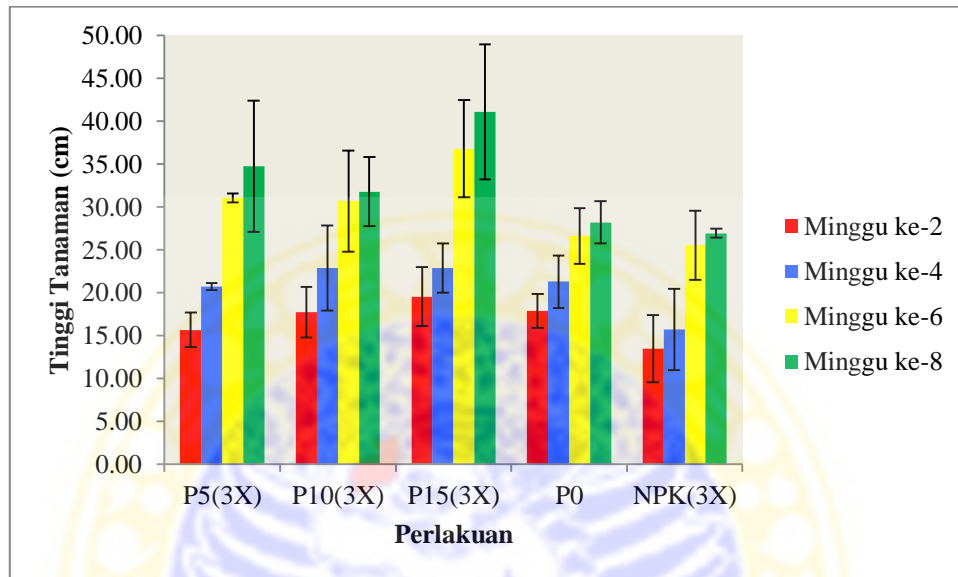
Gambar 12. Pemberian dua kali pupuk hayati dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15 mL/tanaman dan pupuk NPK

Tabel 4.3 Rata-rata tinggi tanaman pada pemupukan dua kali

Umur Minggu (ST)	Tinggi tanaman (cm/tanaman)				
	P5(2x)	P10(2x)	P15(2x)	P0	NPK(2x)
ke-2	17,33±2,29	16,53±2,97	15,37±2,50	17,90±1,99	15,97±1,08
ke-4	20,13±4,53	19,57±4,96	20,50±0,10	21,30±3,06	21,37±2,29
ke-6	27,40±6,89	25,77±5,88	32,30±7,42	26,63±3,26	29,43±0,90
ke-8	30,23±3,44	27,27±4,73	<b>34,43±8,01</b>	28,20±2,48	29,80±2,52

Gambar 12 menunjukkan tanaman tertinggi pada jenis perlakuan P15(2x) dengan rata-rata  $34,43 \pm 8,01$  cm/tanaman pada umur tanaman 8 minggu dan rata-rata  $32,30 \pm 7,42$  cm/tanaman pada umur tanaman 6 minggu. Sedangkan tinggi tanaman terendah pada umur tanaman 8 minggu ditunjukkan oleh jenis perlakuan P10(2x)

dengan rata-rata  $27,27 \pm 4,73$  cm/tanaman. Apabila dibandingkan dengan kontrol positif NPK(2x), jenis perlakuan P15(2x) adalah perlakuan terbaik.



Gambar 13. Pemberian tiga kali pupuk hayati dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15 mL/tanaman dan pupuk NPK

Tabel 4.4 Rata-rata tinggi tanaman pada pemupukan tiga kali.

Waktu Minggu (ST)	Tinggi tanaman (cm/tanaman)				
	<b>P5(3x)</b>	<b>P10(3x)</b>	<b>P15(3x)</b>	<b>P0</b>	<b>NPK(3x)</b>
ke-2	15,67±1,99	17,73±2,97	19,53±3,45	17,90±1,99	13,47±3,93
ke-4	20,73±0,40	22,87±4,96	22,87±2,87	21,30±3,06	15,73±4,74
ke-6	31,07±0,50	30,70±5,88	36,80±5,65	26,63±3,26	25,53±4,00
ke-8	34,77±7,66	31,80±4,73	<b>41,10±7,89</b>	28,20±2,48	26,93±0,51

Gambar 13 menunjukkan bahwa tinggi tanaman tercepat ditampilkan oleh jenis perlakuan P15(3x) dengan rata-rata  $41,10 \pm 7,89$  cm/tanaman pada umur tanaman 8 minggu. Sedangkan tinggi tanaman terendah ditampilkan oleh jenis perlakuan NPK(3x) dengan rata-rata tinggi  $26,93 \pm 3,26$  cm/tanaman pada umur tanaman 8 minggu.

Secara keseluruhan dari gambar diagram batang menunjukkan bahwa jenis perlakuan menggunakan pupuk hayati baik pemberian satu kali, dua kali, maupun tiga kali memberikan hasil lebih baik pada pertambahan tinggi tanaman kacang hijau (*V. radiata*) dibandingkan dengan perlakuan menggunakan pupuk kimia jenis NPK (kontrol positif) dan tanpa pemberian pupuk apapun (kontrol negatif).

#### 4.1.4 Pertumbuhan tanaman kacang hijau pada umur 8 minggu

Parameter pertumbuhan tanaman kacang hijau (*V. radiata*) yang diamati pada umur 8 minggu antara lain tinggi tanaman, biomassa tanaman, jumlah cabang, jumlah bunga, panjang akar, biomassa akar, dan jumlah bintil akar.

Tabel 4.5 Rata-rata parameter pertumbuhan per tanaman

Perlakuan	Tinggi (cm)	Biomassa Tanaman (g)	Jumlah Cabang	Jumlah Bunga
<b>P0</b>	28,20 ± 2,48 <sup>a</sup>	1,19 ± 0,51	6,67 ± 1,53	1,00 ± 1,00
<b>P5(1x)</b>	31,40 ± 5,24 <sup>a</sup>	1,77 ± 0,83	7,67 ± 1,53	<b>2,33 ± 1,15</b>
<b>P5(2x)</b>	30,23 ± 3,44 <sup>a</sup>	1,34 ± 0,67	6,00 ± 1,00	2,00 ± 1,73
<b>P5(3x)</b>	34,76 ± 7,66 <sup>ab</sup>	<b>3,52 ± 3,72</b>	7,33 ± 1,15	2,00 ± 1,00
<b>P10(1x)</b>	27,17 ± 6,33 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,96	7,66 ± 0,58	<b>2,33 ± 1,53</b>
<b>P10(2x)</b>	27,27 ± 4,73 <sup>a</sup>	1,08 ± 0,68	7,00 ± 1,73	1,00 ± 0,00
<b>P10(3x)</b>	31,80 ± 4,00 <sup>a</sup>	1,50 ± 0,32	6,67 ± 0,58	1,33 ± 0,58
<b>P15(1x)</b>	28,67 ± 0,29 <sup>a</sup>	1,77 ± 0,35	6,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
<b>P15(2x)</b>	34,43 ± 8,01 <sup>ab</sup>	1,29 ± 0,33	6,67 ± 0,58	1,33 ± 1,53
<b>P15(3x)</b>	<b>41,10 ± 7,89<sup>b</sup></b>	3,17 ± 1,90	8,00 ± 1,73	1,33 ± 1,15
<b>NPK(1x)</b>	27,60 ± 3,44 <sup>a</sup>	1,47 ± 0,31	<b>8,33 ± 1,15</b>	1,33 ± 2,31
<b>NPK(2x)</b>	29,80 ± 2,52 <sup>a</sup>	1,68 ± 0,38	5,33 ± 2,89	1,33 ± 1,15
<b>NPK(3x)</b>	26,93 ± 0,51 <sup>a</sup>	0,95 ± 0,45	6,67 ± 2,08	1,33 ± 0,58

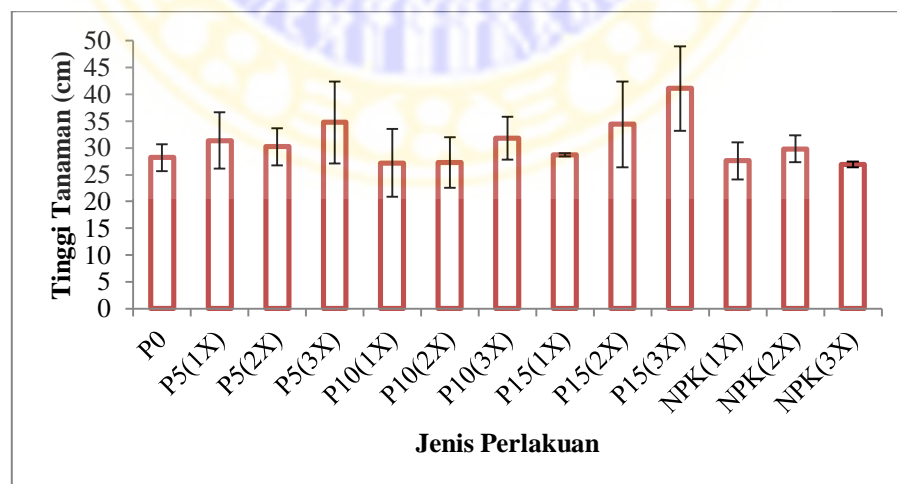
Tabel 4.6 Rata-rata parameter pertumbuhan per tanaman

Perlakuan	Panjang Akar (cm)	Biomassa Akar (g)	Jumlah Bintil Akar
<b>P0</b>	17,17 ± 5,80	0,16 ± 0,09 <sup>abcde</sup>	0,33 ± 0,58 <sup>ab</sup>
<b>P5(1x)</b>	21,83 ± 2,34	0,36 ± 0,27 <sup>abde</sup>	1,00 ± 1,00 <sup>ab</sup>
<b>P5(2x)</b>	14,93 ± 4,67	0,15 ± 0,06 <sup>abcd</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>P5(3x)</b>	21,53 ± 8,71	0,53 ± 0,57 <sup>ade</sup>	3,33 ± 3,01 <sup>abc</sup>
<b>P10(1x)</b>	16,73 ± 4,42	0,19 ± 0,02 <sup>ad</sup>	3,33 ± 4,16 <sup>abc</sup>
<b>P10(2x)</b>	13,67 ± 0,29	0,10 ± 0,02 <sup>bc</sup>	0,67 ± 1,16 <sup>ab</sup>
<b>P10(3x)</b>	19,87 ± 7,16	0,14 ± 0,04 <sup>bcd</sup>	2,33 ± 2,31 <sup>bc</sup>
<b>P15(1x)</b>	15,00 ± 1,15	0,12 ± 0,03 <sup>cd</sup>	3,00 ± 0,00 <sup>bc</sup>
<b>P15(2x)</b>	<b>27,17 ± 12,59</b>	0,32 ± 0,18 <sup>de</sup>	2,00 ± 2,65 <sup>abc</sup>
<b>P15(3x)</b>	21,57 ± 6,95	<b>0,53 ± 0,32<sup>e</sup></b>	<b>10,00 ± 7,94<sup>c</sup></b>
<b>NPK(1x)</b>	21,20 ± 2,95	0,25 ± 0,18 <sup>de</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>NPK(2x)</b>	19,47 ± 7,58	0,18 ± 0,08 <sup>abcde</sup>	0,33 ± 0,58 <sup>ab</sup>
<b>NPK(3x)</b>	17,33 ± 3,81	0,10 ± 0,04 <sup>cd</sup>	0,33 ± 0,58 <sup>ab</sup>

Keterangan:

\*Nilai Rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 10% ( $\alpha < 0,10$ )

\*Huruf cetak tebal menyatakan rata-rata terbaik.



Gambar 14. Tinggi tanaman pada umur 8 minggu ST

Hasil analisis statistik untuk semua parameter pertumbuhan terdapat pada lampiran 2. Untuk parameter tinggi tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada minggu ke-8 ST diuji dengan statistik. Berdasarkan hasil uji ANAVA, pemberian perlakuan pupuk hayati berpengaruh nyata ( $\alpha < 0,10$ ) terhadap tinggi tanaman. Perlakuan P15(3x) memberikan hasil tertinggi untuk tinggi tanaman jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Bila dilihat pada gambar 14 diagram tinggi tanaman pada umur tanaman 8 minggu ST, perlakuan kontrol positif (NPK) dan kontrol negatif (P0) memiliki tinggi tanaman yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan menggunakan pupuk hayati (P5, P10, dan P15).

Parameter biomassa tanaman kacang hijau (*V. radiata*) berdasarkan *Kruskal-Wallis* perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata ( $\alpha > 0,10$ ) terhadap biomassa tanaman kacang hijau (*V. radiata*). Menurut tabel 4.6 rata-rata biomassa tanaman terbaik adalah pada perlakuan P5(3x) sebesar  $3,52 \pm 3,72$  g/tanaman. Untuk parameter jumlah cabang tanaman kacang hijau (*V. radiata*) diuji dengan *Kruskal-Wallis* menyatakan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata ( $\alpha > 0,10$ ) terhadap jumlah cabang.

Parameter jumlah bunga diuji dengan non-parametrik menggunakan uji *Kruskal-Wallis* (karena data tidak normal dan tidak homogen) menunjukkan perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata ( $\alpha > 0,10$ ) terhadap jumlah bunga. Hasil jumlah bunga terbaik berdasarkan tabel 4.5 oleh perlakuan P5(1x) dengan rata-rata jumlah bunga  $2,33 \pm 1,15$  dan P10 (1x) juga  $2,33 \pm 1,53$ .



Parameter panjang akar diuji dengan *Brown-Forsythe* menunjukkan perlakuan tidak berpengaruh nyata ( $\alpha > 0,10$ ) terhadap panjang akar. Berdasarkan tabel 4.6 panjang akar terbaik ditunjukkan oleh perlakuan P15(2x) dengan rata-rata  $27,17 \pm 12,59$  cm/tanaman. Parameter biomassa akar diuji dengan *Kruskal-Wallis* menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata ( $\alpha < 0,10$ ) terhadap biomassa akar tanaman kacang hijau (*V. radiata*). Dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney* yang menunjukkan bahwa perlakuan P15(3x) menghasilkan biomassa tertinggi  $0,53 \pm 0,32$  g/tanaman.

Parameter jumlah bintil akar tanaman kacang hijau (*V. radiata*) setelah diuji dengan *Kruskal-Wallis* kemudian dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney* menunjukkan pengaruh yang nyata ( $\alpha < 0,10$ ) terhadap jumlah bintil akar kacang hijau (*V. radiata*). Jumlah bintil akar tertinggi dicapai oleh perlakuan P15(3x) yaitu  $10 \pm 7,94$  bintil akar.

#### **4.1.5 Produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*)**

Parameter produksi diukur pada saat pemanenan, parameter tersebut meliputi, jumlah polong, berat polong, berat biji total dan berat 100 biji tanaman kacang hijau (*V. radiata*).

Tabel 4.6 Rata-rata nilai produksi tanaman

Perlakuan	Jumlah Polong/tanaman	Berat Polong (g/tanaman)
<b>P0</b>	0,33 ± 0,58	0,34 ± 0,27 <sup>bc</sup>
<b>P5(1X)</b>	1,00 ± 1,00	0,72 ± 0,04 <sup>be</sup>
<b>P5(2X)</b>	0,00 ± 0,00	0,36 ± 0,35 <sup>abe</sup>
<b>P5(3X)</b>	3,33 ± 3,06	0,57 ± 0,04 <sup>b</sup>
<b>P10(1X)</b>	3,33 ± 4,16	0,2 ± 0,34 <sup>adc</sup>
<b>P10(2X)</b>	0,67 ± 1,15	0,42 ± 0,08 <sup>adc</sup>
<b>P10(3X)</b>	2,33 ± 2,31	0,48 ± 0,23 <sup>abce</sup>
<b>P15(1X)</b>	3,00 ± 0,00	0,43 ± 0,17 <sup>adc</sup>
<b>P15(2X)</b>	2,00 ± 2,65	0,36 ± 0,23 <sup>ac</sup>
<b>P15(3X)</b>	<b>10,00 ± 7,94</b>	<b>0,82 ± 0,05<sup>g</sup></b>
<b>NPK(1X)</b>	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,03 <sup>e</sup>
<b>NPK(2X)</b>	0,33 ± 0,58	0,63 ± 0,90 <sup>bdeg</sup>
<b>NPK(3X)</b>	0,33 ± 0,58	0,21 ± 0,05 <sup>f</sup>

Keterangan:

\*Nilai Rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 10% ( $\alpha < 0,10$ )

\*Huruf cetak tebal menyatakan rata-rata terbaik.

Tabel 4.7 Rata-rata produksi tanaman dan nilai efektivitas pupuk hayati

Perlakuan	Berat Biji Total (g/tanaman)	Berat 100 Biji (g/tanaman)	Nilai RAE (%)	Produktivitas (Kw/ha)
<b>P0</b>	2,11 ± 1,46 <sup>abc</sup>	12,50 ± 0,72		3,5
<b>P5(1X)</b>	3,36 ± 0,04 <sup>bc</sup>	11,37 ± 2,59	173,61	5,6
<b>P5(2X)</b>	1,75 ± 1,03 <sup>ab</sup>	9,60 ± 3,14	112,5	2,9
<b>P5(3X)</b>	3,72 ± 1,31 <sup>c</sup>	<b>13,40 ± 1,20</b>	169,47	6,2
<b>P10(1X)</b>	1,75 ± 1,15 <sup>ab</sup>	11,80 ± 1,85	50	2,9
<b>P10(2X)</b>	1,38 ± 1,21 <sup>a</sup>	8,17 ± 7,07	228,13	2,3
<b>P10(3X)</b>	2,09 ± 1,38 <sup>abc</sup>	10,77 ± 3,23	3,08	3,5
<b>P15(1X)</b>	2,10 ± 0,61 <sup>abc</sup>	7,34 ± 5,51	1,39	3,5
<b>P15(2X)</b>	1,10 ± 0,10 <sup>ab</sup>	11,03 ± 1,05	34,38	1,8
<b>P15(3X)</b>	<b>5,41 ± 0,41<sup>d</sup></b>	11,87 ± 0,55	<b>347,37</b>	<b>9</b>
<b>NPK(1X)</b>	2,83 ± 0,86 <sup>abc</sup>	13,47 ± 4,01		4,7
<b>NPK(2X)</b>	2,43 ± 1,39 <sup>abc</sup>	11,07 ± 1,91		4,1
<b>NPK(3X)</b>	1,16 ± 0,21 <sup>a</sup>	9,77 ± 3,01		1,9

Keterangan:

\*Nilai Rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 10% ( $\alpha < 0,10$ )

\*Huruf cetak tebal menyatakan rata-rata terbaik.

Hasil analisis untuk seluruh parameter produksi tanaman kacang hijau (*V.radiata*) dapat dilihat pada lampiran 2. Untuk parameter jumlah polong tanaman kacang hijau (*V.radiata*) berdasarkan uji *Brown-Forsythe* menyatakan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata ( $\alpha > 0,10$ ) terhadap jumlah polong. Namun berdasarkan tabel 4.6 Jumlah polong perlakuan P15(3x) memiliki nilai terbesar dengan rata-rata  $10,00 \pm 7,94$  g/tanaman.

Parameter berat polong tanaman kacang hijau (*V.radiata*) setelah diuji dengan *Kruskal-Wallis* menunjukkan bahwa perlakuan pupuk hayati berpengaruh nyata ( $\alpha < 0,10$ ) terhadap berat polong tanaman kacang hijau (*V.radiata*). Kemudian dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*, hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan P15(3x) memiliki nilai tertinggi dengan rata-rata berat polong  $0,82 \pm 0,05$  g/tanaman.

Parameter berat biji total tanaman kacang hijau (*V.radiata*) berdasarkan uji ANAVA menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata ( $\alpha < 0,10$ ) terhadap berat biji total kacang hijau (*V.radiata*). Setelah diuji dengan *Duncan* menunjukkan bahwa P15(3x) memberikan nilai tertinggi dengan rata-rata berat biji total perlakuan P15(3x) sebesar  $5,41 \pm 0,41$  g/tanaman (tabel 4.7).

Pada parameter berat 100 biji setelah diuji dengan *Kruskal-Wallis* menunjukkan perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata ( $\alpha > 0,10$ ) terhadap hasil berat 100 biji kacang hijau (*V.radiata*). Namun berdasarkan tabel 4.6 menyatakan bahwa perlakuan P5(3x) memberikan nilai terbaik dengan berat  $13,40 \pm 1,20$  g untuk 100 biji.

Untuk nilai efektivitas agronomis relatif (*Relative Agronomic Effectiveness* – % RAE) pupuk hayati, yang dihitung dari hasil berat biji total tiap perlakuan pupuk hayati dibandingkan dengan kontrol positif NPK dan kontrol negatif. Nilai efektivitas tertinggi dari pupuk hayati dicapai oleh perlakuan P15(3x) dengan nilai RAE 347,37% (tabel 4.7) dengan nilai produktivitas lahan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan P15(3x) sebesar 9 Kw/ha.

## **4.2 Pembahasan**

### **4.2.1 Media tanam dan pupuk hayati**

Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media tanam campuran antara tanah dan kompos menyebabkan perbedaan pertumbuhan antar perlakuan. Perlakuan kontrol negatif (tanpa pupuk hayati) pada parameter pertumbuhan tinggi, biomassa tanaman, jumlah cabang, jumlah bunga, panjang akar, dan biomassa akar memiliki hasil yang hampir sama dengan penggunaan pupuk hayati.

Hal ini dikarenakan kompos memiliki kandungan mikroba tanah yang berfungsi memperkaya kandungan organik tanah untuk menyuburkan secara optimal, meningkatkan proses karbonasi dalam tanah sehingga hara P dan K yang terikat akan cepat tersedia bagi tanaman, meningkatkan perakaran dan pertumbuhan tanaman (Lingga dan Marsono, 2008<sup>b</sup>).

Tanaman kacang hijau menghendaki tanah yang tidak terlalu berat. Artinya, tanah tidak terlalu banyak mengandung liat. Tanah dengan kandungan bahan organik

tinggi sangat disukai oleh tanaman kacang hijau. Keasaman tanah (pH) yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal yaitu antara 5,5 – 6,5 (Purwono, 2005). Sehingga untuk menanam kacang hijau lebih baik menggunakan media tanam tanah dengan kandungan organik tinggi.

Untuk uji kualitas pupuk hayati berdasarkan penghitungan koloni hidup dengan metode cawan menunjukkan bahwa jumlah keseluruhan mikroba setelah dicampurkan ke dalam molase (tetes tebu) mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan karena adanya pengenceran larutan molase dimana mikroba yang dimasukkan ke dalam larutan molase sebesar 10% (v/v).

#### **4.2.2 Pertumbuhan kacang hijau (*V. radiata*)**

Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan yang mengakibatkan perubahan ukuran tanaman dan dapat menentukan hasil tanaman. Pertambahan ukuran bagian-bagian (organ) tanaman akibat dari pertambahan jaringan sel yang dihasilkan oleh pertambahan ukuran sel (Sitompul dan Guritno *dalam* Muslifa, 2010)

Berdasarkan gambar 11 sampai 13 menunjukkan bahwa pertambahan tinggi tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada umur tanaman ke-2, 4, 6, dan 8 minggu ST (Setelah Tanam) lebih cepat terjadi pada perlakuan menggunakan pupuk hayati dengan konsentrasi 5 mL (P5), 10 mL (P10), dan 15 mL (P15) bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol positif (NPK) dan kontrol negatif (P0).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman salah satunya dipicu oleh fitohormon yang dihasilkan baik dari mikroba tanah maupun mikroba pupuk hayati.

Fitohormon yang berasal dari inokulan berperan meregulasi pertumbuhan bibit. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan proses yang sangat kompleks dan rumit. Kedua proses ini bergantung antara lain pada berbagai hormon yang telah diidentifikasi sebagai IAA, giberelin, sitokinin, etilen dan asam absisat. Walaupun hormon di atas memiliki fungsi tertentu, pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan hasil interaksi aktivitas kelima hormon di atas (Teiz and Zeiger dalam Hindersah dan Simamarta, 2004).

Unsur N, P dan K yang dihasilkan mikroba tersebut, diserap oleh tanaman dan digunakan untuk proses metabolisme di dalam tanaman tersebut. Suplai hara yang cukup membantu terjadinya proses fotosintesis dalam tanaman menghasilkan senyawa organik yang akan diubah dalam bentuk ATP saat berlangsungnya respirasi, selanjutnya ATP ini digunakan untuk membantu pertumbuhan tanaman (Meirina, 2011).

Unsur N (Nitrogen) merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman, yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar. Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  (nitrat) dan  $\text{NH}_4^+$  (amonium), nitrat segera direduksi menjadi amonium oleh enzim yang mengandung molibdenum.

Unsur P (Fosfor) terdapat dalam bentuk phitin, nuklein, dan fosfatide, merupakan bagian dari protoplasma dan inti sel yang berperan penting dalam pembelahan sel, demikian pula bagi perkembangan jaringan meristem, pertumbuhan

jaringan muda dan akar, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, penyusun protein dan lemak. Fosfor diambil tanaman dalam bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^-$ .

Unsur K (Kalium) sangat penting dalam proses metabolisme tanaman, kalium juga penting di dalam proses fotosintesis, bila kalium kurang pada daun maka kecepatan asimilasi  $\text{CO}_2$  akan menurun. Kalium berfungsi membantu pembentukan protein dan karbohidrat, meningkatkan resistensi terhadap penyakit dan meningkatkan kualitas biji atau buah. Kalium diserap dalam bentuk  $\text{K}^+$  (terutama pada tanaman muda) (Jumani, 2011).

#### **4.2.3 Pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*V. radiata*) umur tanaman 8 minggu ST (saat panen)**

Pemberian perlakuan pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Perlakuan terbaik dicapai oleh pupuk hayati dengan konsentrasi 15 mL dan jumlah pemupukan tiga kali (P15(3x)). Pemberian pupuk hayati dengan konsentrasi 15 mL sebanyak tiga kali tidak hanya berpengaruh terhadap tinggi tanaman kacang hijau (*V. radiata*) saja, namun juga mempengaruhi biomassa akar, jumlah bintil akar, berat polong, dan berat biji total.

Sesuai dengan penelitian Risnawati (2010) bahwa formula pupuk hayati pelet ILeTRISoy-2 yang diberikan saat tanam mampu meningkatkan berat kering biji 5,73 g/tanaman dibandingkan dengan kontrol 3,51 g/tanaman. Semakin tinggi dosis yang diberikan maka semakin tinggi pula berat biji tanaman. Begitu juga dengan penelitian Muslifa (2009) konsentrasi tertinggi dengan pupuk konsorsium mikroba 30 mL (MOP30) mempengaruhi berat polong ( $700 \pm 154,11$  g/tanaman) dan berat kering biji

(188,00 ± 53,57 g/tanaman). Hal ini dapat disebabkan oleh konsentrasi 30 mL merupakan dosis yang optimum untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman. Berbedanya kemampuan diantara inokulasi pupuk hayati karena berbedanya kemampuan strain *Rhizobium* mengikat N bebas dari udara (Wahyuni, 2009).

Gibson dalam Risnawati (2010) juga mengemukakan, bahwa pembentukan bintil akar yang baik dari hasil penambatan N pada akar tanaman legum merupakan suatu rangkaian yang komplek dari proses fisiologi yang meliputi interaksi antara tanaman inang dengan mikroba yang diinokulasikan.

Didukung oleh Adisarwanto (2005), bahwa jumlah nitrogen yang diserap tanaman melalui tanah pada awalnya tertimbun pada bagian batang dan daun setelah terbentuk polong, nitrogen selanjutnya dihimpun di dalam kulit polong, semakin tua polong, maka sebagian besar nitrogen (80-85%) diserap ke dalam biji. Semakin tinggi unsur P dalam tanah maka semakin tinggi pula unsur hara N tersedia dalam tanah, sehingga berpengaruh pada pertumbuhan vegetatif tanaman dan akhirnya berpengaruh pada pertumbuhan generatifnya. Menurut Winarso (2005) serapan unsur hara P saat vegetatif dimulai dari perkecambah hingga akan berbunga dengan total serapan tidak lebih dari 10% sedangkan 90% unsur hara P diserap saat fase generatif.

Sedangkan apabila dilihat dari peran mikroba tanah sebagai pupuk hayati yang mempengaruhi pertumbuhan (tinggi tanaman, biomassa akar, jumlah bintil akar) dan produksi (berat polong dan berat biji total) terdiri dari mikroba simbiosis seperti bakteri *Rhizobium*, non-simbiosis *Azospirillum* dan *Azotobacter chroococcum* serta bakteri pelarut P *Bacillus megaterium*.



Pada penelitian sebelumnya, pada tanaman kacang hijau (*V. radiata*) di India, menyatakan bahwa efek kombinasi antara inokulan *Rhizobium sp.*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus megaterium* dapat meningkatkan pertumbuhan, pembentukan bintil, dan berat basah tanaman kacang hijau (*V. radiata*) dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi inokulan (Dellapierre and Anandaraj, 2010).

Begitu juga dengan pernyataan (Hindersah dan Simarmata, 2004) bahwa peningkatan tinggi dan berat kering tajuk yang lebih tinggi pada tanaman yang mendapatkan inokulasi melalui daun dan akar merupakan pengaruh nyata dari semakin meningkatnya ketersediaan nitrogen yang dilakukan mikroba. Keberhasilan nodulasi dari tanaman kacang-kacangan oleh *Rhizobium* pada umumnya dipengaruhi oleh strain yang sesuai untuk tiap legum. Populasi *Rhizobium* dalam tanah tergantung oleh keberadaan pergantian tanaman legum. Bila keberadaan tanaman legum hilang maka populasinya akan menurun (Mahdi *et al.*, 2010).

Sedangkan *Azospirillum* dapat memfiksasi nitrogen dan juga menghasilkan substansi pengatur pertumbuhan. *Azospirillum* bersimbiosis dengan banyak tanaman yang mempunyai jalur fotosintesis C4-dicarboxylic yang sesuai dengan tanaman jagung, gandum, tebu, dan lain-lain (Mahdi *et al.*, 2010). Berat kering akar dipengaruhi oleh bakteri *Azospirillum* karena bakteri tersebut menyebabkan perubahan morfologi perakaran, meningkatkan jumlah akar rambut, menyebabkan percabangan akar lebih berperan dalam penyerapan hara (Tien *et al.*, 1979). *Azospirillum sp.*, dapat meningkatkan kadar N dan P daun dan akar, juga memiliki kemampuan memproduksi zat pengatur tumbuh IAA yang berguna untuk merangsang

pertumbuhan akar sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

Nitrogen yang difiksasi oleh mikroba kemudian direduksi melalui proses nitrifikasi menghasilkan nitrit dan amonium yang kemudian dimanfaatkan oleh tanaman. Unsur tersebut diserap melalui akar tanaman, dengan bantuan air unsur tersebut diangkut oleh xilem ke seluruh tubuh tanaman yang dimanfaatkan untuk respirasi. Unsur karbon dari udara dan air dimanfaatkan oleh tanaman untuk proses fotosintesis. Hasil fotosintesis diangkut dengan floem, dan akar mengeluarkan hasil eksudat yang merupakan produk fotosintesis yang dimanfaatkan mikroba sebagai sumber karbon hidupnya.

Tanaman kacang hijau (*V. radiata*) dengan perlakuan P15(3x) memiliki ketahanan secara fisik lebih baik bila dibandingkan dengan kontrol positif (NPK) dan kontrol negatif (P0). Tidak hanya perlakuan jenis itu saja, namun sebagian besar tanaman yang diberikan pemupukan dengan pupuk hayati memiliki kondisi morfologi tanaman lebih baik (warna daun lebih hijau, batang lebih kokoh dan buah polong lebih banyak). Hal ini dikarenakan pada konsorsium mikroba pupuk hayati mengandung beberapa bakteri pengikat N dan pelarut fosfat. Menurut (Husen dkk., 2009) bakteri pelarut fosfat berperan sebagai biokontrol yang dapat meningkatkan kesehatan akar dan pertumbuhan tanaman melalui proteksinya terhadap penyakit. Strain tertentu dari *Pseudomonas sp.* dapat mencegah patogen *yeast* yang berasal dari tanah. Jadi bakteri pelarut fosfat tidak hanya melarutkan fosfat dengan mengeluarkan senyawa asam organik saja namun juga mengeluarkan zat antibiotika.

Tanaman kacang hijau (*V. radiata*) dengan perlakuan P15(3x) memiliki pertumbuhan dan hasil panen yang bagus disebabkan juga oleh adanya interaksi bakteri *Lactobacillus sp.* dan *Bacillus sp.* *Lactobacillus sp.* bersama bakteri kelompok *Bacillus sp.*, merupakan kelompok probiotik dan antibiotik. Mikroba probiotika menghasilkan asam laktat dan bakteri selulolitik menghasilkan enzim selulose, keduanya membantu dalam proses penguraian bahan organik tanah memecah komponen serat selulose dan lignoselulose dari limbah pertanian sehingga dapat meningkatkan hara tanah (Wiyanto, 2009).

Keberadaan mikroba selulolitik yang menghasilkan enzim selulosa untuk mempercepat proses pembusukan bahan organik yaitu *Cellulomonas sp.* (Wahyudi, 2010). Semua bakteri seperti pada penjelasan yang dikemukakan sebelumnya, keberadaan mikroba dalam tanah tersebut didorong oleh kelompok *yeast* dari *Saccharomyces cereviceae* dan juga sebagai senyawa aktivator pertumbuhan mikroba dalam tanah (Suwahyono, 2011). Diketahui pula *B. subtilis* mampu menambat N dari udara sehingga menambah unsur N dalam tanah (Aspiras dan De La Cruz, 1986 dalam Wahyuni dalam Rahmat dkk., 2007).

Sehingga konsorsium mikroba pupuk hayati yang digunakan pada penelitian ini dapat meningkatkan produktivitas tanaman kacang hijau (*V. radiata*). Maka, pupuk hayati ini dapat dijadikan alternatif pengganti pupuk kimia di bidang pertanian. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Husen (2009) dari berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati sesuai dengan karakter fungsional inokulan terbukti mampu mengurangi penggunaan pupuk tunggal NPK. Bakteri

penambat N yang hidup-bebas (non-simbiotik), seperti *Azotobacter sp.* dan *Azospirillum sp.* mampu menyumbang kebutuhan N tanaman antara 10-46 Kg/ha/tahun, sedangkan kemampuan bakteri bintil akar *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan tanaman legum memberikan N lebih tinggi, yakni mencapai 63,2 Kg N/ha/musim atau 45,4% dari total kebutuhan tanaman.

#### **4.2.4 Efektivitas pupuk hayati terhadap hasil produktivitas tanaman**

Efektivitas pupuk hayati merupakan salah satu upaya untuk mencapai renewable input dalam sistem pertanian berkelanjutan dengan memelihara kesehatan dan kualitas tanah dan mengurangi ketergantungan pupuk kimia melalui proses biologi (Saraswati, 2007).

Efektivitas mikroba pupuk hayati dapat dipengaruhi oleh jumlah populasi mikroba yang terkandung di dalam konsentrasi pupuk hayati. Jumlah mikroba yang terdapat dalam pupuk hayati pada penelitian ini adalah  $10^6 - 10^7$  sel dalam tiap mL pupuk hayati dengan bahan *carrier* molase 2%. Hal ini sesuai dengan Baku Mutu yang ditetapkan oleh Permentan Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 (2011) bahwa kandungan mikroba dalam pupuk hayati adalah  $10^6$  sel/mL pupuk.

Menurut Simanungkalit dkk (2006) jumlah minimal rhizobia yang diperlukan untuk menjamin terjadinya nodulasi yang baik adalah  $2 \times 10^7$  sel  $g^{-1}$  inokulan atau 300 sel biji<sup>-1</sup>. Tetapi jumlah rhizobia  $10^4$ - $10^6$  biji<sup>-1</sup> lebih disukai, terutama bila ada kompetisi yang besar dengan *strain* asli dalam tanah. Jumlah konsorsium mikroba pupuk hayati yang dicampurkan ke dalam molase pada penelitian ini sudah memenuhi standar di atas.

Pemberian pupuk hayati dengan interval atau waktu pemupukan yang berbeda juga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*V. radiata*). Pemberian pupuk ini disesuaikan dengan tata cara pemupukan tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada umumnya. Hanya perbedaannya pada pupuk hayati pemberian awal dilakukan pada saat sebelum tanam. Pemberian awal ini pada 4 hari sebelum tanam bertujuan menambah kandungan mikroba tanah agar dapat membantu pertumbuhan tanaman muda atau perkecambahan (Mashudi, 2007).

Pemberian kedua pada 25 hari setelah tanam bertujuan untuk menambah senyawa organik dari mikroba yang dimanfaatkan oleh tanaman untuk pembentukan cabang dan awal pembungaan. Sedangkan pemberian ketiga pada 45 hari setelah tanam bertujuan untuk tambahan senyawa organik yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman saat masa pembungaan sampai memasuki pembentukan polong hingga kematangannya (Mashudi, 2007). Sehingga semakin banyak konsentrasi yang diberikan sesuai dengan masa-masa perkembangan tanaman tersebut, maka dapat membantu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitasnya.

Simarmata (1995) mengemukakan bahwa penggunaan berbagai pupuk hayati pada lahan marginal di Indonesia ternyata mampu meningkatkan ketersediaan hara dan hasil berbagai tanaman antara 20-100%, serta dapat menekan pemakaian pupuk hayati buatan dan meningkatkan efisiensi pemupukan.

Pernyataan tersebut sesuai dengan efektivitas pupuk hayati pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan P15(3x) menghasilkan keefektifan tertinggi bila dibandingkan dengan jenis perlakuan pupuk hayati lainnya, yaitu

sebesar 347,37 %. Sehingga, konsentrasi pupuk hayati 15 mL/tanaman dengan tiga kali pemupukan merupakan pupuk hayati yang paling efektif untuk diaplikasikan terhadap tanaman kacang hijau (*V.radiata*) sebagai alternatif pengganti pupuk kimia.

Selanjutnya, hasil berat biji total dari jenis perlakuan P15(3x) dapat dikonversikan menjadi hasil panen ton/ha atau ku/ha. Berdasarkan perhitungan (Lampiran 4) jenis perlakuan P15(3x) menghasilkan berat biji total tertinggi tiap hektarnya adalah 9,0 kw/ha, bila dibandingkan dengan hasil panen kacang hijau pada perlakuan kontrol positif dan negatif yang terpaut dua kali lipatnya.

Hasil panen kacang hijau nasional atau di Indonesia tahun 2011 (Badan Pusat Statistik, 2012) menghasilkan produktivitas 11,48 kw/Ha dengan luas panen 297.126,00 Ha. Memang terdapat perbedaan pada luas panen yang digunakan, karena pada penelitian ini menggunakan *polybag* sebagai lahan penanamannya. Namun nilai produksi dengan pupuk hayati dapat dijadikan alternatif terbaik karena selisih dengan produksi nasional tidak terpaut jauh. Hal ini akan sangat menguntungkan bagi pertanian berkelanjutan ke depannya.

#### **4.2.4 Faktor yang mempengaruhi efektivitas pupuk hayati**

Keberhasilan inokulasi pupuk hayati dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan ditentukan oleh mutu inokulan. Mutu inokulan ditentukan oleh karakter galur mutu mikroba pupuk hayati ditentukan oleh keefektifan dan keefisienan galur dalam kemampuannya membentuk bintil pada tanaman dan melarutkan hara tanah, serta jumlah populasi mikroba yang membentuk bintil akar dan melarutkan hara secara efektif (Saraswati, 1999). Persyaratan inokulum mikroba adalah apabila populasi

mikroba berkisar antara  $10^6 - 10^9$  sel setiap gram atau setiap mili liter (Suriadikarta dkk., 2004).

Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Simanungkalit, dkk (2009) pada baku mutu pupuk hayati yang merupakan syarat-syarat mutu yang harus dipenuhi oleh suatu pupuk hayati agar fungsi mikroba yang terkandung dalam pupuk hayati yang bersangkutan dapat memberikan pengaruh positif terhadap tanaman yang diinokulasi. Beberapa karakteristik mikroba yang menentukan mutu suatu pupuk hayati antara lain adalah: 1) Jumlah populasi: jumlah minimal populasi mikroba hidup pada waktu produksi dan sebelum kadaluwarsa yang dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman, 2) Keefektifan: mikroba dalam inokulan merupakan mikroba pilihan (unggul) hasil seleksi, pengujian secara sistematis baik di laboratorium, rumah kaca, maupun di lapangan, 3) Bahan pembawa: harus dapat memberikan lingkungan hidup yang baik bagi mikroba atau campuran berbagai mikroba selama produksi, transportasi, dan penyimpanan sebelum inokulan tersebut digunakan, 4) Masa kadaluwarsa: ini menyangkut umur inokulan apakah masih dapat digunakan.

Menurut Setijono (1996) pH optimum bagi bakteri *Rhizobium* adalah sekitar 5,5 – 7,0. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pH < 5,5 dan > 7,0 *Rhizobium* tidak dapat berkembang atau berkembang dengan lambat sehingga kegiatan infeksi akan terhenti. Populasi mikroorganisme dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme yaitu: 1. jumlah dan macam zat hara, 2. kelembaban, 3. tingkat aerasi, 4. suhu, 5. pH, dan 6. perlakuan pada tanah seperti penambahan pupuk atau banjir yang dapat menyebabkan peningkatan jumlah

mikroorganisme (Budiyanto *dalam* Wahyuni, 2009). Mikroba juga membutuhkan waktu untuk berkembang biak sehingga hasil aplikasi mikroba penyubur tanah tidak langsung terlihat pada tanaman. Jumlah mikroba yang telah disemprotkan pun sangat mungkin akan berkurang karena faktor cuaca. Aplikasi mikroba sebaiknya dilaksanakan secara rutin setiap dua minggu sekali.

Selain faktor diatas adanya interaksi berbagai faktor internal pertumbuhan dan unsur-unsur iklim, tanah dan biologis juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman (Taufika, 2010). Sesuai dengan pendapat Gardner, Pierre dan Mitchell *dalam* Taufika (2010) menyatakan bahwa tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cahaya, iklim dan CO<sub>2</sub>. Faktor tempat penanaman juga berpengaruh, penanaman di media *polybag* selain menguntungkan disisi efisiensi biaya dan lahan juga mempunyai kekurangan. Menanam di *polybag* memiliki daya tahan terbatas, produktivitas tidak maksimal seperti di lahan, media tanam akan terkuras atau berkurang unsur organik dan media lainnya, drainase dan aerasi kurang efektif (Anonimus, 2012).