

#### **IV. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil analisis, metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai dengan berbagai kadar lengas memiliki respon yang berbeda-beda. Komponen pengaruh metode aplikasi inokulum pada benih dan kadar lengas terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai Detam-1 terdiri dari pengamatan dinamika populasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi, nodulasi, pertumbuhan perakaran kedelai, pertumbuhan tanaman kedelai dan komponen hasil.

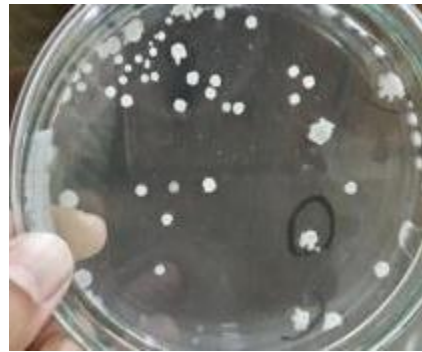
##### **A. Pengaruh Inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi**

###### **1. Identifikasi dan Karakterisasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi**

Identifikasi dan karakterisasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi dilakukan untuk mengetahui jenis isolat yang akan digunakan yaitu isolat MB dan isolat MD. Isolat ini merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Agung\_Astuti dkk. (2012). Identifikasi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa bakteri yang digunakan merupakan benar-benar bakteri *Rhizobacteri indigenus* Merapi yang tahan terhadap cekaman osmotik hingga 2,75M NaCl. Dari hasil penelitian telah didapatkan *Rhizobacteri indigenus* Merapi yang tahan terhadap cekaman osmotik 2,75 M NaCl dengan jumlah bakteri isolat MB 79 dan isolat MD 15. Pengamatan dilakukannya terhadap karakterisasi koloni bakteri dengan menggunakan metode *surface-platting* dalam media LBA (*Luria Bertani* Agar) dan sifat gram sel isolat. Identifikasi dan karakterisasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi isolat MB dan MD dapat dilihat pada gambar 1, 2 dan 3.

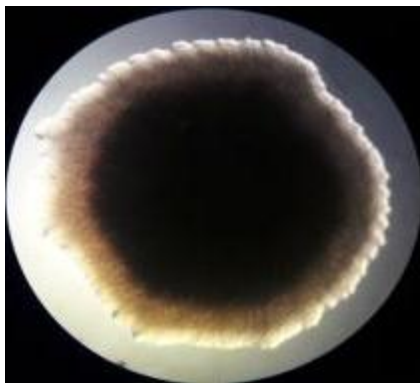


MB

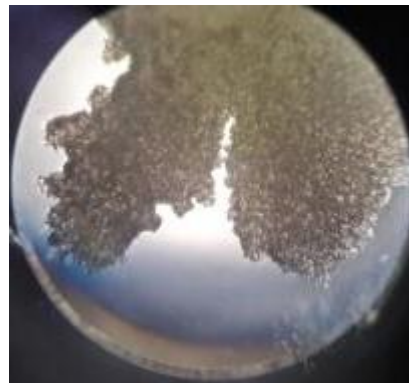


MD

Gambar 1. Hasil *surface plating* isolat *Rhizobacteri indigenous* Merapi MB dan MD pada media LBA standar



MB

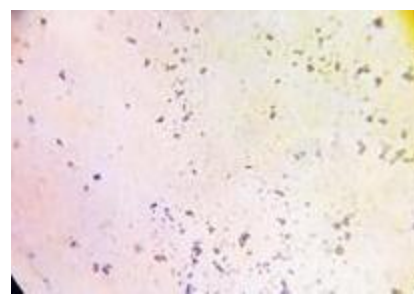


MD

Gambar 2. Karakterisasi koloni *Rhizobacteri indigenous* Merapi MB dan MD secara Mikroskopis



MB



MD

Gambar 3. Karakteristik sel *Rhizobacteri indigenous* Merapi MB dan MD

Pada gambar 1, terlihat warna dan bentuk koloni tunggal yang didapatkan melalui suspensi dari masing-masing isolat murni *Rhizobacteri indigenous* Merapi MB dan MD yang telah melalui tahap *screening* hingga media stress 2,75

M NaCl dengan jumlah bakteri yang tumbuh dari masing-masing media hanya satu koloni, sehingga tidak ada kontaminasi bakteri lain dan bakteri tersebut dapat digunakan untuk aplikasi pada benih. Gambar 2 menunjukkan bentuk koloni tunggal yang dilihat secara mikroskopis. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa isolat MB memiliki bentuk koloni *Circular* dan isolat MD memiliki bentuk *Filamentous*. Gambar 3 menunjukkan hasil uji cat gram diketahui isolat MB berbentuk *bacil* dengan gram negatif dan isolat MD berbentuk *coccus* dengan gram negatif. Koloni yang tumbuh telah sesuai dengan yang dikehendaki dan tidak ada bakteri kontaminasi, sehingga dapat diaplikasikan pada benih kedelai Detam-1. Perbedaan antar isolat MB dan MD dapat dilihat melalui warna, bentuk koloni, elevasi, bentuk tepi, struktur dalam, bentuk sel dan sifat gram. Hasil identifikasi dan karakterisasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi MB dan MD dapat pada tabel 2.

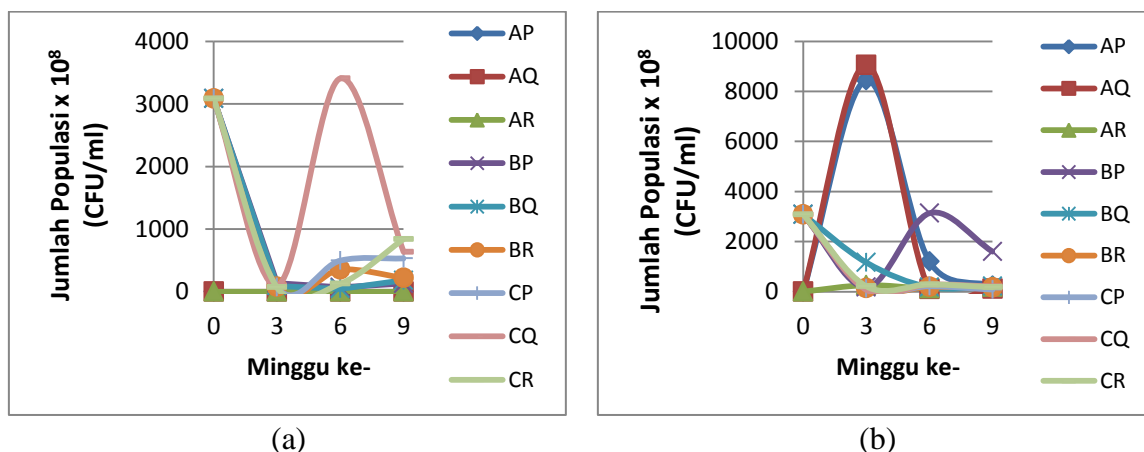
Tabel 1. Hasil Identifikasi dan Karakterisasi Isolat *Rhizobacteri indigenus* Merapi MB dan MD

No.	Karakterisasi Isolat	Isolat MB	Isolat MD
1	Warna	Putih	Putih Krem
2	Diameter	0,75 cm	0,55 cm
3	Bentuk Koloni	<i>Circular</i>	<i>Filamentous</i>
4	Bentuk Tepi	<i>Entire</i>	<i>Ramuse</i>
5	Elevasi	<i>Law Convex</i>	<i>Convex Rugose</i>
6	Struktur Dalam	<i>Coarsely Granular</i>	<i>Arborencent</i>
7	Bentuk Sel	<i>Bacil</i>	<i>Coccus</i>
8	Sifat Gram	Negatif	Negatif

Berdasarkan hasil identifikasi yang telah dilakukan pada masing-masing isolat, didapatkan bahwa *Rhizobacteri indigenus* Merapi MB dan MD sudah sesuai dengan hasil identifikasi dan karakterisasi yang dilakukan oleh Agung\_Astuti dkk. (2012) sebagaimana terlampir pada lampiran 11.

## 2. Dinamika Populasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi

Dinamika populasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi diketahui melalui perhitungan jumlah koloni yang tumbuh sesuai bentuk koloni masing-masing isolat pada media LBA. Pengamatan dinamika populasi digunakan untuk mengetahui bagaimana perilaku pertumbuhan bakteri apakah ada adaptasi bakteri terhadap pertumbuhan tanaman. Adaptasi yang dilakukan oleh *Rhizobacteri indigenus* Merapi ditunjukkan dengan pengamatan perkembangan pertumbuhan *Rhizobacteri indigenus* Merapi yang diambil dari zona perakaran tanaman kedelai Detam-1 pada minggu ke-3, ke-6 dan ke-9. Populasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi MB pada saat starter yakni  $2835 \times 10^8$  CFU/ml, sedangkan MD sebanyak  $249,3 \times 10^8$  CFU/ml. Pada saat aplikasi, isolat MB dan MD diberikan sebanyak  $3084,3 \times 10^8$  CFU/ml pada masing-masing perlakuan. Dinamika populasi bakteri dari selama 9 minggu disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Dinamika populasi (a) bakteri *Rhizobacteri indigenus* Merapi isolat MB+MD, (b) bakteri lain

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

Dinamika populasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada gambar 4 terlihat terjadi fluktuasi pertumbuhan populasi bakteri dari minggu ke-0 hingga minggu ke-9. Pada minggu ke-3, perilaku pertumbuhan *Rhizobacteri indigenus* Merapi isolat MB+MD dengan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih dan kadar lengas mengalami *lag fase* terhadap lingkungan baru (gambar 4a), sedangkan bakteri lain dengan perlakuan tanpa inokulum pada semua kadar lengas dan perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih dengan kadar lengas 60% mengalami fase *log* (gambar 4b). Isolat MB+MD masih mengalami fase adaptasi pada minggu ke-3 terhadap lingkungannya yang baru. Menurut Handayani (2012) *lag fase* adalah periode penyesuaian diri bakteri terhadap lingkungan dan lamanya mulai dari satu jam hingga beberapa hari, tergantung pada metode bakteri dan nutrien yang tersedia. Sedangkan berbagai metode bakteri lain didalam tanah melakukan suksesi yang ditandai dengan peningkatan jumlah pada minggu ke-0 hingga minggu ke-3, sehingga bakteri mengalami persaingan dalam mendapatkan makanan. Lugtenberg dan Kravchenko (1999), menyatakan bahwa mikroba tanah akan berkumpul di dekat perakaran tanaman (rhizosfer) yang menghasilkan eksudat akar dan serpihan tudung akar sebagai sumber makanan mikroba tanah.

Pada minggu ke-6, isolat MB+MD cenderung mengalami peningkatan. Fase *log Rhizobacteri indigenus* Merapi isolat MB+MD ini dimulai pada saat bakteri lain mengalami kematian sel pada minggu ke-6. Gambar 4 (a) populasi isolat MB+MD pada aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi cair

rendam pada benih dengan kadar lengas 60% menunjukkan tingkat populasi tertinggi pada fase *log* atau exponential ( $3406,67 \times 10^8$  CFU/ml). Fase *log* juga terjadi pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih dengan kadar lengas 80%. Pada gambar 4 (b), pertumbuhan bakteri lain pada perlakuan tanpa inokulum dengan berbagai kadar lengas mengalami pertumbuhan diperlambat yang ditandai dengan penurunan populasi, sedangkan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih dengan kadar lengas 40% mengalami fase *log*.

Pada minggu ke-9 terjadi penurunan populasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi isolat MB+MD (gambar 4a), karena mengalami fase pertumbuhan lambat, kecuali perilaku bakteri isolat MB+MD pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi cair rendam benih dengan kadar lengas 80% dan 40% dan aplikasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih dengan kadar lengas 60% dan 40% baru memasuki fase *log*. Pada gambar 4 (b) pertumbuhan populasi bakteri lain sudah mengalami pertumbuhan diperlambat.

Menurut Sumarsih (2003), pada fase pertumbuhan yang mulai terhambat, kecepatan pembelahan sel berkurang dan jumlah sel yang mati mulai bertambah. Pada fase kematian yang dipercepat kecepatan kematian sel terus meningkat sedang kecepatan pembelahan sel nol, sampai pada fase kematian *logaritma* maka kecepatan kematian sel mencapai maksimal, sehingga jumlah sel hidup menurun dengan cepat seperti deret ukur. Walaupun demikian penurunan jumlah sel hidup

tidak mencapai nol, dalam jumlah minimum tertentu sel mikrobia akan tetap bertahan sangat lama dalam medium tersebut.

### B. Pengamatan Nodul Akar Tanaman Kedelai Detam-1

Tanaman kedelai termasuk tanaman legume yang memiliki ciri khas adanya simbiosis antara bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) dengan akar tanaman kedelai yang menyebabkan terbentuknya nodul akar (Adisarwanto, 2008). Nodul di alam terjadi karena adanya komunikasi molekular antara mikrosimbion (*Rhizobium*) dan makrosimbion (tanaman kacang-kacangan) yang merupakan suatu keharusan untuk saling mengenali calon mitra simbiosis yang kompatibel. Mengetahui aktivitas nodulasi tanaman kedelai yang dipengaruhi oleh perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih dan kadar lengas dapat dilihat dari jumlah nodul total, persentase nodul efektif, bobot nodul dan diameter nodul yang disajikan pada tabel 3.

Tabel 2. Rerata jumlah nodul total, bobot nodul, diameter nodul dan nodul efektif pada tanaman kedelai Detam-1 pada minggu ke-9

Perlakuan	Jumlah nodul total (buah)*	Bobot nodul (gram)*	Diameter nodul (mm)*	nodul efektif (%)*
<b>Aplikasi inokulum:</b>				
Tanpa Inokulum	44,33 a	0,56 a	1,86 a	51,25 a
<i>Rhizobacteri</i> padat lebab pada benih	39,22 a	1,22 a	2,68 a	72,22 a
<i>Rhizobacteri</i> cair rendam benih	20,13 a	0,89 a	2,46 a	70,33 a
<b>Kadar lengas:</b>				
40%	4,78 q	0,11 q	1,41 q	48,89 p
60%	46,22 p	1,03 pq	2,89 p	72,56 p
80%	56,75 p	1,65 p	2,81 p	75,00 p
<b>Interaksi</b>	(-)	(-)	(-)	(-)

Keterangan: angka yang diikuti huruf tidak sama menunjukkan ada beda nyata berdasarkan uji F taraf  $\alpha$  5% dan uji DMRT.

(-) menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan.

\* data ditransformasi akar.

### 1. Jumlah Nodul Total

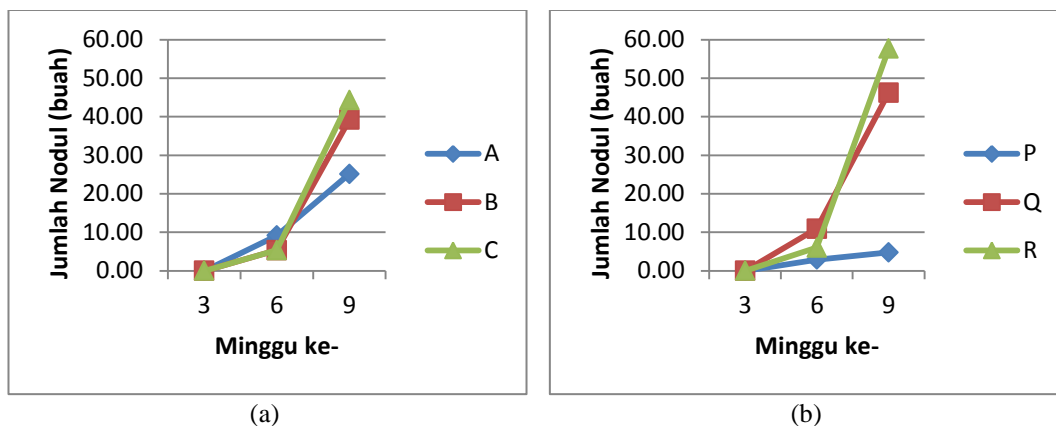
Jumlah nodul merupakan indikator banyaknya nodul yang mampu terbentuk akibat rangsangan pada permukaan akar yang menyebabkan bakteri *Rhizobium sp* dapat masuk ke dalam akar dan berkembang di dalamnya.

Berdasarkan hasil sidik ragam jumlah nodul total menunjukkan tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dengan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.a). Rerata jumlah nodul pada tabel 3, menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap jumlah nodul total (56,75 buah) tetapi tidak beda nyata dengan kadar lengas 60% (46,22 buah) dan ada beda nyata dengan kadar lengas 40% (4,78 buah). Berdasarkan penelitian Hasanudin dkk. (2012), jumlah bintil akar pada tanaman kedelai yang tidak bergulma memiliki jumlah nodul yang paling tinggi sebesar 72,75 nodul. Hasil penelitian ini memiliki jumlah nodul yang lebih rendah dari penelitian Hasanudin dkk. pada tahun 2012. Hal ini diduga adanya kegagalan infeksi *Rhizobium* sehingga tidak terjadi pembentukan nodul akibat dari rendahnya kadar lengas. Semakin rendah kadar lengas, maka semakin sedikit nodul yang terbentuk. Jumlah nodul dipengaruhi oleh perakaran tanaman. Akar yang bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium sp.* menghasilkan nodul. Hasil ini didukung dengan pendapat Napoles *et al.* (2009), mengatakan bahwa kondisi lingkungan seperti kekeringan dapat berpengaruh negatif terhadap simbiosis



antara legum dan rhizobia. Menurut Taufiq dan Sundari (2012), kekeringan sangat menghambat terbentuknya nodul akar dan fiksasi N.

Perkembangan jumlah nodul total dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Jumlah nodul total (a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa jumlah nodul mengalami peningkatan dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 pada setiap perlakuan. Akan tetapi, pada minggu ke-3 nodul belum terbentuk pada semua perlakuan. Keberhasilan dari *Rhizobium indigenous* dalam membentuk nodul di perakaran kedelai Detam-1 dipengaruhi oleh keberadaan dan kualitas *Rhizobium* alam (Naeem *et al.*, 2014). Populasi *Rhizobium* dalam tanah meliputi beberapa spesies dan dalam tiap spesies terdiri dari banyak strain (Abaidoo *et al.*, 2002). Begitu pula dengan jumlahnya dapat berkisar dari nol hingga jutaan per gram tanah. Selain itu, terdapat strain *Rhizobium* yang tidak efektif hingga sangat efektif. Keberadaan dan jumlah

*Rhizobium* didalam tanah ini menyebabkan kemampuan pembentukan nodul menjadi terhambat. Selain itu, Contesto *et al.* (2008) mengatakan bahwa PGPR dapat bersaing dengan *Rhizobium* untuk makanan dan nutrisi lainnya sehingga juga dapat menghambat pembentukan dan pertumbuhan nodul dalam hubungan simbiosis yang diberikan, tergantung pada sifat dan konsentrasi metabolit sekunder yang dilepaskan oleh bakteri tersebut. Hal ini berdampak pada parameter nodulasi lainnya, sehingga pada minggu ke-3 tidak ada pengamatan nodulasi.

Pada gambar 5 (a) menunjukkan bahwa jumlah nodul total pada seluruh perlakuan metode aplikasi inokulum mengalami peningkatan dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi berpengaruh sama terhadap jumlah nodul, namun perlakuan aplikasi Inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi cair rendam pada benih media memiliki jumlah nodul cenderung tinggi (44,33 buah), diikuti aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi padat lembab pada benih (39,22 buah) dan tanpa aplikasi inokulum (25,11 buah).

Pada gambar 5 (b) menunjukkan bahwa jumlah nodul total pada perlakuan kadar lengas mengalami peningkatan dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Pada minggu ke-6 nodul mulai terbentuk dan belum memberi pengaruh yang signifikan, kemudian pada minggu ke-9 terjadi peningkatan yang signifikan seiring dengan banyaknya *Rhizobium* yang dapat masuk ke jaringan perakaran sehingga terbentuk nodul. Peningkatan tertinggi terdapat pada perlakuan kadar lengas 80%, kemudian diikuti kadar lengas 60% dan kadar lengas 40%.

Peningkatan terendah terdapat pada kadar lengas 40%. Hal ini dikarenakan tingkat kadar lengas yang rendah selama pertumbuhan tanaman dapat menurunkan kemampuan *Rhizobium* dalam membentuk nodul.

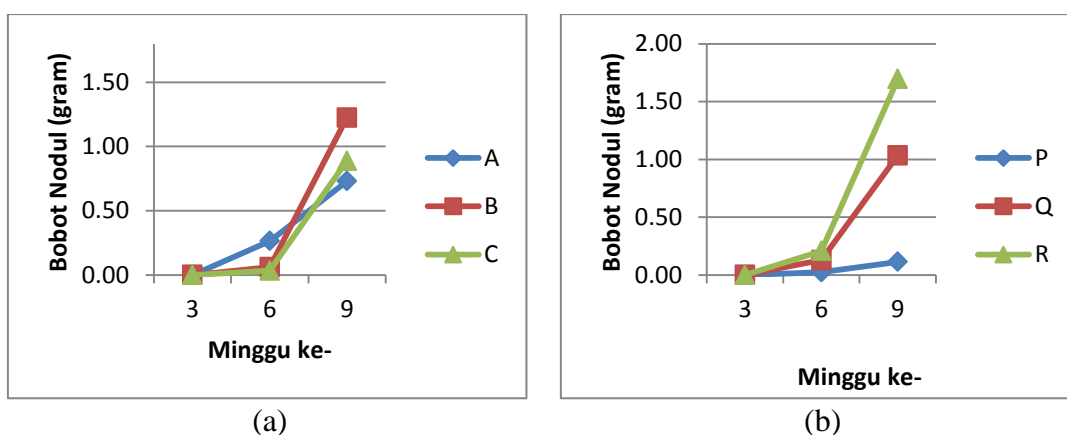
## 2. Bobot Nodul

Bobot nodul merupakan parameter untuk mengetahui pertumbuhan nodul akar yang dipengaruhi oleh metode aplikasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan berbagai kadar lengas.

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot nodul akar menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi, namun ada beda nyata pada perlakuan berbagai kadar lengas (lampiran 12.b). Rerata bobot nodul minggu ke-9 pada di tabel 3, menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap bobot nodul (1,65 gram) tetapi tidak beda nyata dengan kadar lengas 60% (1,03 gram) dan ada beda nyata dengan kadar lengas 40% (0,13 gram). Hal tersebut diduga pada kadar lengas yang rendah maka kandungan air di dalam tanah juga sedikit sehingga air yang diserap tanaman pun rendah untuk pertumbuhan tanaman. *Rhizobium* membutuhkan air untuk kelangsungan hidupnya, maka pada ketersediaan air didalam tubuh tanaman yang rendah akan mempengaruhi pertumbuhan *Rhizobium* didalam akar tanaman dengan menurunkan bobot nodul. Kekeringan yang berkepanjangan akan mendorong kerusakan nodul. Hasil ini sejalan dengan parameter jumlah nodul yang terdapat diperakaran tanaman kedelai Detam-1 pada kadar lengas 80% berbeda nyata lebih

tinggi dibandingkan kadar lengas 40%. Hal ini sejalan dengan pendapat Ramdana dan Prayudyaningsih (2015), *Rhizobium* adalah simbiosis mutualisme, karena bakteri menginfeksi tanaman dan tanaman menanggapi dengan membentuk bintil (nodul). Bakteri *Rhizobium* memperoleh makanan berupa mineral, karbohidrat dan air dari tanaman inangnya untuk kelangsungan hidupnya selama pertumbuhan tanaman, sedangkan bakteri memberi imbalan berupa nitrogen yang ditambatnya dari atmosfer.

Pertumbuhan bobot nodul dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 6.



Gambar 6. Bobot Nodul (a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

Berdasarkan gambar 6 (a) menunjukkan bahwa semua perlakuan metode aplikasi inokulum mengalami kenaikan bobot nodul mulai dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9, kemudian pada minggu ke-9 terjadi peningkatan tertinggi. Perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi berpengaruh sama

terhadap bobot nodul, namun perlakuan metode aplikasi Inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi padat lembab pada benih memiliki bobot nodul cenderung tinggi (1,22 gram), diikuti aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi cair rendam pada benih (0,89 gram) dan tanpa aplikasi inokulum (0,73 gram).

Pada gambar 6 (b) menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas mempengaruhi berat nodul akar yang ditandai dengan peningkatan tertinggi pada minggu ke-9. Pada minggu ke-6 nodul mulai terbentuk dan belum memberi pengaruh yang signifikan terhadap bobot nodul, kemudian pada minggu ke-9 terjadi peningkatan yang signifikan seiring dengan banyaknya *Rhizobium* yang dapat masuk ke jaringan perakaran. Kadar lengas 40% mengalami peningkatan paling kecil di minggu ke-9. Hal ini dikarenakan perkembangan nodul akar dipengaruhi oleh air dalam tubuh tanaman sebagai salah satu makanannya. Kondisi air yang cukup akan mendukung pertumbuhan bintil akar.

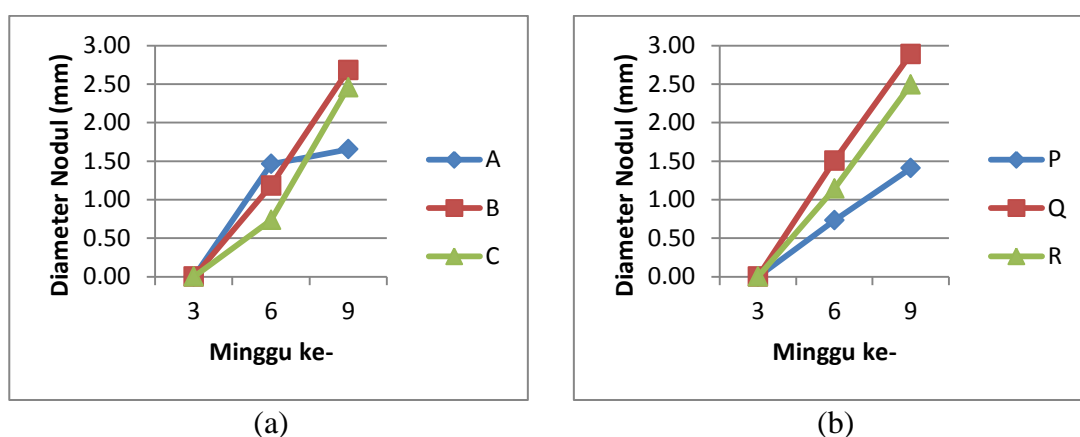
### **3. Diameter Nodul**

Diameter nodul mengindikasikan bahwa terdapat kompatibilitas *Rhizobium* yang dipengaruhi oleh metode aplikasi *Rhizobacteri indigenous* Merapi dengan berbagai kadar lengas.

Berdasarkan hasil sidik ragam diameter nodul akar menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dengan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.c). Rerata diameter nodul pada tabel 3,

perlakuan kadar lengas pada minggu ke-9 menunjukkan bahwa kadar lengas 60% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap diameter nodul (2,89 mm) tetapi tidak beda nyata dengan kadar lengas 80% (2,81 mm) dan beda nyata dengan kadar lengas 40% (1,41 mm). Hal tersebut diduga karena adanya kompatibilitas atau ketahanan hidup *Rhizobium* memiliki respons yang berbeda pada kondisi lengas yang berbeda. Semakin rendah kadar lengas maka semakin sedikit *Rhizobium* yang hidup dan mampu membentuk nodul diperakaran. Hasil ini sejalan dengan parameter jumlah nodul dan bobot nodul diperakaran tanaman kedelai Detam-1 pada kadar lengas 80% berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan kadar lengas 40%. Menurut Niste *et al.* (2013), pertumbuhan *Rhizobium* dan proses simbiosis dipengaruhi oleh kondisi kekeringan. Strain *Rhizobium* yang baik biasanya tidak dapat berfungsi di bawah tingkat stress osmotik yang tinggi yang disebabkan oleh kekeringan.

Perkembangan diameter nodul dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 7.



Gambar 7. Diameter Nodul (a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

media padat lembab pada benih  
C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi  
media cair rendam benih.

R: kadar lengas 80%

Gambar 7 (a) menunjukkan bahwa perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi mengalami peningkatan diameter nodul dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi berpengaruh sama terhadap diameter nodul, namun perlakuan aplikasi Inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi padat lembab pada benih memiliki diameter nodul cenderung tinggi (2,68 mm), diikuti aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi cair rendam pada benih (2,46 mm) dan tanpa aplikasi inokulum (1,65 mm).

Peningkatan ini menunjukkan adanya kompatibilitas atau ketahanan hidup *Rhizobium* yang baik dalam perlakuan pemberian inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi maupun tanpa inokulum. Sejalan dengan parameter jumlah nodul dan bobot nodul, penggunaan metode aplikasi inokulum tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap diameter nodul. Keberadaan bakteri di rhizosfer memberi pengaruh terhadap pembentukan nodul. Pembentukan nodul berhubungan dengan tingkat dan pola pertumbuhan *Rhizobacteri* yang ada di alam maupun yang diinkulasi *Rhizobacteri indigenous* Merapi. Pada awal pertumbuhan, tingkat populasi bakteri di perakaran didominasi oleh *Rhizobacteri* lain. Seiring dengan pertumbuhan tanaman, kondisi lingkungan yang dimodifikasi pada tingkatan kadar lengas yang berbeda maka berpengaruh pada populasi bakteri. Menurut Miller and Wood (1996), apabila terjadi perubahan kondisi pada lingkungan rhizosfer, maka akan berpengaruh pula pada *Rhizobacteri* atau

sebaliknya. Pada minggu ke-6, *Rhizobacteri* lain mengalami fase pertumbuhan diperlambat akibat cekaman kekeringan, sehingga populasi bakteri disekitar perakaran sudah berkurang. Hal ini menguntungkan *Rhizobium* dalam membentuk nodul di perakaran namun masih dalam jumlah yang sedikit. Peningkatan tertinggi terdapat pada minggu ke-9, karena *Rhizobacteri* mengalami fase pertumbuhan diperlambat dan *Rhizobium* mengalami pertumbuhan maksimum pada minggu ke-9. Hal tersebut mampu meningkatkan nodulasi pada akar pada minggu ke-9.

Pada gambar 7 (b) menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas mempengaruhi diameter nodul yang ditandai dengan peningkatan diameter pada minggu ke-9. Perkembangan diameter nodul dari minggu ke-6 hingga minggu ke-9 mengalami kenaikan pada berbagai kadar lengas akan tetapi kenaikan terendah terdapat pada perlakuan kadar lengas 40%. Pertumbuhan diameter nodul menunjukkan tingkat ketahanan *Rhizobium* dalam kondisi cekaman kekeringan memiliki tingkat yang lebih rendah, karena *Rhizobium* membutuhkan asupan air selama pertumbuhannya.

#### **4. Persentase Nodul Efektif**

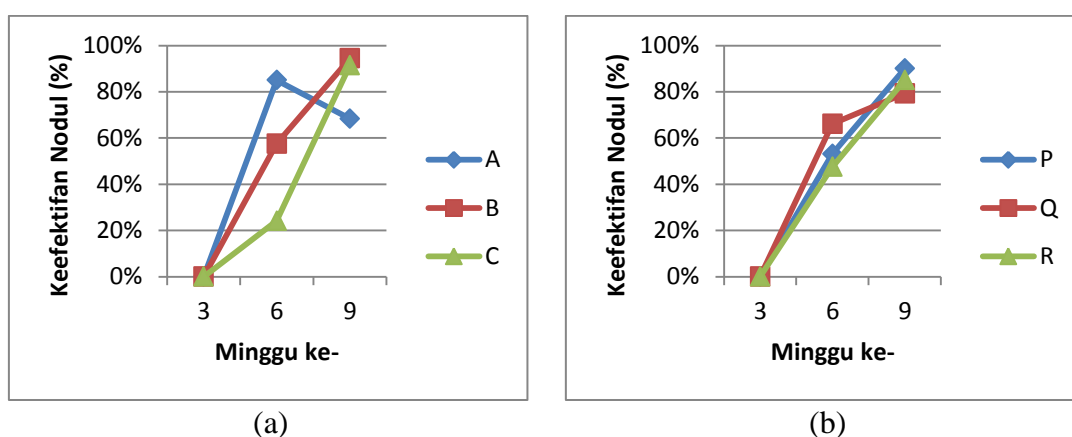
Nodula efektif dibentuk oleh strain efektif dari *Rhizobium*. Nodula ini berkembang berwarna merah muda akibat adanya pigmen leghaemoglobin. Jaringan bakteroid berkembang baik dan terorganisasi dengan baik dengan banyak bakteroid (Dewi, 2007).

Berdasarkan hasil sidik ragam persentase nodul efektif menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri*



*indigenous* Merapi dengan kadar lengas serta tidak ada beda nyata baik pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi maupun kadar lengas (lampiran 12.d). Rerata persentase nodul efektif tabel 3 menunjukkan bahwa pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi tidak memberi pengaruh yang nyata jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa aplikasi inokulum. Pemberian *Rhizobacteri Indigenous* Merapi tidak memberi pengaruh dalam keefektifan nodul. Perlakuan berbagai kadar lengas juga memberi pengaruh yang sama terhadap efektifitas nodul. Menurut Suryatini (2015) populasi *Rhizobium* dalam tanah dapat terdiri atas kisaran strain dari yang tidak efektif hingga sangat efektif. Dengan demikian tanaman kacang-kacangan yang ditanam pada tanah yang mengandung *Rhizobium* alam akan mengalami pembintilan oleh beberapa strain *Rhizobium* yang tidak efektif maupun yang efektif.

Perkembangan keefektifan nodul akar selama 9 minggu ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Persentase Nodul Efektif Akar (a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

- |   |                     |
|---|---------------------|
| A: tanpa inokulum   | P: kadar lengas 40% |
| B: aplikasi inokulum <i>Rhizobacteri indigenus</i> Merapi media padat lembab pada benih | Q: kadar lengas 60% |
| C: aplikasi inokulum <i>Rhizobacteri indigenus</i> Merapi media cair rendam benih.      | R: kadar lengas 80% |

Gambar 8 (a) menunjukkan bahwa perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi mengalami peningkatan, sedangkan tanpa inokulum mengalami penurunan pada minggu ke-9. Bobot nodul meningkat pesat dari minggu ke-6 hingga minggu ke-9 pada perlakuan aplikasi inokulum. Namun, pada perlakuan tanpa aplikasi inokulum mengalami penurunan pada minggu ke-9. Hal ini sebagai akibat dari cekaman kekeringan pada tanaman, sehingga *Rhizobium* tidak mampu memfiksasi N pada kondisi kekeringan. Sedangkan penggunaan isolat *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan menjadi potensial air diperakaran, sehingga *Rhizobium* masih bertahan untuk memfiksasi N. Pengaruh dari isolat MB dan isolat MD dapat melakukan Nitrifikasi (Agung\_Astuti, 2013b) hasil nitrifikasi akan dirombak oleh bakteri denitrifikasi dengan hasil berupa nitrogen yang bebas di udara. Adapun Fiksasi nitrogen dapat dilakukan oleh bakteri *Rhizobium*. Menurut Gunawan (2014), pemanfaatan jasad mikro ini mampu memfiksasi Nitrogen dari udara bebas dalam tanah sebagai pupuk hayati adalah bakteri *Rhizobium* sp. yang berasosiasi dengan akar tanaman legume. Walaupun demikian ada strain yang mampu menginfeksi legum tapi tidak mampu memfiksasi N, sehingga tidak efektif. Sedangkan strain yang efektif adalah yang mampu menginduksi nodul untuk fiksasi nitrogen.

Pada gambar 8 (b) menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas, efektivitas nodul meningkat dari minggu ke-6 hingga minggu ke-9. Dengan

demikian tanaman kedelai Detam-1 yang ditanam pada tanah yang mengandung *Rhizobium* alam sehingga terbrntuk bintil oleh beberapa strain *Rhizobium* yang tidak efektif maupun yang efektif. Menurut Suryantini (2014), keberhasilan inokulasi ditentukan oleh dua kondisi populasi *Rhizobium* indigenous, yaitu jumlah *Rhizobium* indigenous yang mampu membentuk bintil kurang tersedia (<10.000 *Rhizobium*/g tanah) dan efektivitasnya kurang memadai untuk memenuhi kebutuhan N tanaman. Bila salah satu kondisi atau keduanya terjadi maka dapat diharapkan bahwa inokulasi dengan strain efektif akan meningkatkan hasil tanaman.

### C. Pertumbuhan Perakaran Tanaman Kedelai Detam-1

Akar merupakan organ penting pada tanaman terutama untuk menyerap air dan unsur hara pada media tanam untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai Detam-1. Beberapa parameter yang diamati guna mengetahui respons tanaman terhadap metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dan kadar lengas di antaranya proliferasi akar, panjang akar, bobot segar akar, bobot kering akar. Rerata parameter proliferasi akar, bobot segar akar dan bobot segar akar disajikan pada tabel 4.

Tabel 3. Rerata proliferasi akar, bobot segar akar dan bobot kering akar minggu ke-9

<b>Perlakuan</b>	<b>Bobot Segar Akar (g)</b>	<b>Bobot Kering Akar (g)*</b>	<b>Panjang Akar (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Aplikasi inokulum:</b>			
Tanpa Inokulum	14,68 a	2,19 b	56,35 a
<i>Rhizobacteri</i> padat lebab pada benih	17,50 a	3,56 a	74,43 a
<i>Rhizobacteri</i> cair rendam benih	16,21 a	4,15 a	75,64 a
<b>Kadar lengas:</b>			

40%	11,87 r	1,86 p	69,61 p
60%	20,64 p	1,98 p	68,26 p
80%	16,03 q	1,94 p	70,09 p
Interaksi	(-)	(-)	(-)

Keterangan: angka yang diikuti huruf tidak sama menunjukkan ada beda nyata berdasarkan uji F taraf  $\alpha$  5% dan uji DMRT.

(-) menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan.

\* data ditransformasi akar

### 1. Proliferasi Akar

Akar memiliki kemampuan tumbuh dan berkembang baik secara vertikal maupun secara horizontal. Proliferasi akar menunjukkan besar jumlah perkembangan akar tanaman baik secara vertikal maupun horizontal sehingga dapat diketahui kemampuan akar dalam menjangkau dan menyerap air serta nutrisi dalam media tanam. Skoring proliferasi akar tanaman kedelai Detam-1 terdapat pada tabel 5.

Tabel 4. Skoring Proliferasi akar tanaman kedelai Detam-1 minggu ke-6

Perlakuan	Kadar lengas 40%	Kadar lengas 60%	Kadar lengas 80%
Tanpa Inokulum	3+	3+	2+
<i>Rhizobacteri</i> padat lebab pada benih	3+	4+	3+
<i>Rhizobacteri</i> cair rendam benih	4+	4+	3+

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui persebaran akar pada perlakuan metode aplikasi inokulum dengan kadar lengas cenderung lebih baik dengan skoring 4+ dengan kriteria percabangan akar yang rumit serta banyak yaitu pada perlakuan aplikasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi cair rendam benih dengan kadar lengas 40% dan 60% serta perlakuan aplikasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi padat lebab pada benih dengan kadar lengas 60%, sedangkan yang

memiliki skoring 3+ dengan kriteria memiliki percabangan akar banyak yaitu pada perlakuan aplikasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi padat lembab pada benih dengan kadar lengas 40% dan 80% serta perlakuan aplikasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi cair rendam benih dengan kadar lengas 80% dan tanpa aplikasi inokulum pada kadar lengas 40% dan 60%. Perlakuan yang memiliki pecabangan dengan skoring 2+ yang memiliki kriteria percabangan akar sedang terdapat pada perlakuan tanpa aplikasi inokulum dengan kadar lengas 80%. Visualisasi perkembangan proliferasi akar minggu ke-6 dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Proliferasi akar

Keterangan:

A: tanpa inokulum dengan kadar lengas 40%

B: tanpa inokulum dengan kadar lengas 60%

C: tanpa inokulum dengan kadar lengas 80%

D: aplikasi inokulum *Rhizobacteri* padat lembab pada benih dengan kadar lengas 40%

E: aplikasi inokulum *Rhizobacteri* padat lembab pada benih dengan kadar lengas 60%

F: aplikasi inokulum *Rhizobacteri* padat lembab pada benih dengan kadar lengas 80%

G: aplikasi inokulum *Rhizobacteri* cair rendam benih dengan kadar lengas 40%

H: aplikasi inokulum *Rhizobacteri* cair rendam benih dengan kadar lengas 60%

I: aplikasi inokulum *Rhizobacteri* cair rendam benih dengan kadar lengas 80%

Menurut Agung\_Astuti dkk. (2014), kemampuan inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dalam menstimulasi perkembangan akar berkaitan dengan kemampuan tanaman menyediakan eksudat akar sebagai sumber nutrisi sehingga *Rhizobacteri indigenus* Merapi dapat mengkolonisasi perakaran. *Rhizobacteri*

*indigenus* Merapi memanfaatkan senyawa organik berupa asam amino (Triptopan, Metionin, Asam Aspartat dan lainnya) yang disekresi oleh akar (Rao, 1994) sehingga *Rhizobacteri indigenus* Merapi akan menghasilkan IAA, Gibberelin maupun senyawa etilen dalam akar. Auksi sebagai salah satu fitohormon yang dihasilkan oleh mikroba tanah yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Husen dkk., 2011).

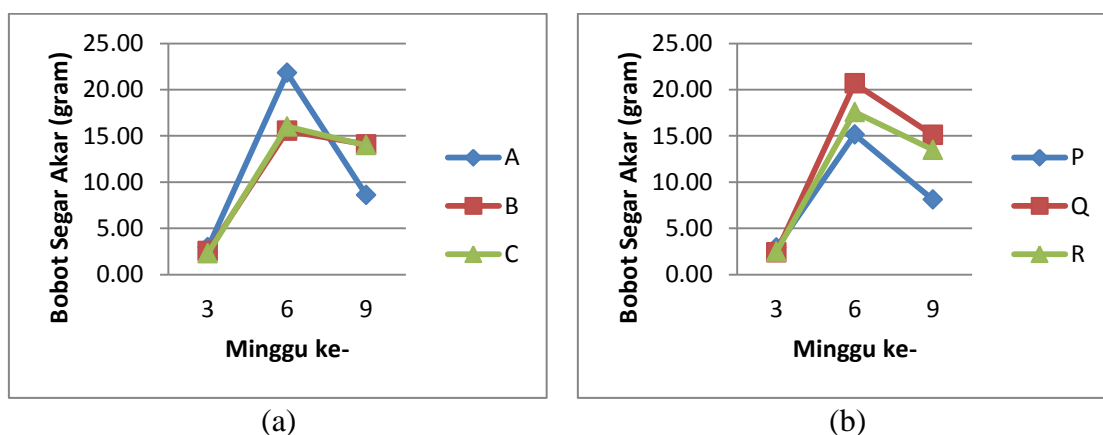
## **2. Bobot Segar Akar**

Akar sebagai organ tanaman yang berfungsi dalam menyerap unsur hara dalam bentuk larutan yang digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Lakitan (2007), berat segar akar menunjukkan banyaknya akar yang dihasilkan oleh tanaman untuk menyerap air dan unsur hara pada media tanam, dengan semakin banyaknya akar pada tanaman maka cakupan tanaman dalam memperoleh air dan unsur hara pada media tanam akan semakin tinggi.

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot segar akar menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan kadar lengas, namun beda nyata pada kadar lengas (lampiran 12.e). Rerata bobot segar akar pada tabel 4 menunjukkan bahwa kondisi kadar lengas 60% memberikan hasil tertinggi terhadap bobot segar akar (20,64 gram), namun ada beda nyata dengan perlakuan kadar lengas 80% (16,03 gram) dan kadar lengas 40% (11,87 gram). Hal ini diduga adanya perbedaan kemampuan akar dalam menyerap air yang lebih besar pada kadar lengas 60%. Hal ini menunjukkan pada kadar lengas 60% memiliki kemampuan menyerap air dan unsur hara pada media tanam lebih baik dibandingkan kadar lengas 80% dan 40%. Hal ini sejalan dengan

parameter proliferasi akar pada kadar lengas 60% memiliki percabangan akar yang lebih baik. Semakin banyaknya akar pada tanaman maka cakupan tanaman dalam memperoleh air dan unsur hara pada media tanam akan semakin tinggi. Sumamo dan Hartono (1983), mengatakan bahwa kedelai merupakan tanaman C3 yang tidak tahan kekeringan dan penggenangan air. Besarnya air yang diserap akar tanaman sangat tergantung pada kadar air tanah yang ditentukan oleh kemampuan partikel tanah memegang air dan kemampuan akar untuk menyerapnya.

Perkembangan bobot segar akar dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 10.



Gambar 10. Bobot segar akar a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

Pada gambar 10 (a) perlakuan metode aplikasi inokulum memiliki pola perkembangan yang beragam. Pada perlakuan metode aplikasi, perkembangan bobot segar akar mengalami kenaikan dari minggu ke-3 hingga minggu ke-6.

Puncak bobot segar tertinggi terdapat pada minggu ke-6, selanjutnya pada minggu ke-9 bobot segar akar mengalami penurunan. Penurunan drastis terjadi pada perlakuan tanpa inokulum. Penurunan bobot segar akar pada masa pertumbuhan terjadi karena adanya akumulasi sehingga bobot segar tanaman menjadi turun.

Berdasarkan gambar 10 (b) semua perlakuan kadar lengas, perkembangan bobot segar akar dari minggu ke-3 hingga minggu ke-6 mengalami kenaikan, akan tetapi selanjutnya hingga minggu ke-9 mengalami penurunan. Penggunaan kadar lengas 60% sebagai kondisi air didalam tanah yang mampu menunjang bobot segar akar dibandingkan dengan kadar lengas 80% dan 40%. Semua perlakuan mengalami penurunan bobot segar akar pada minggu ke-9. Seperti yang dijelaskan oleh Efendi (2009) bahwa efek dari cekaman air memaksa tanaman menumbuhkan rambut akar agar lebih mudah menyerap air. Akar rambut ini tumbuhnya hanya sebentar kemudian mati lalu digantikan dengan akar rambut yang baru. Dengan besarnya energi yang dibutuhkan tanaman untuk pembesaran akar-akar rambut tersebut, maka kesempatan akar yang lain untuk membesar menjadi terhambat sehingga jumlah total akar menjadi lebih kecil.

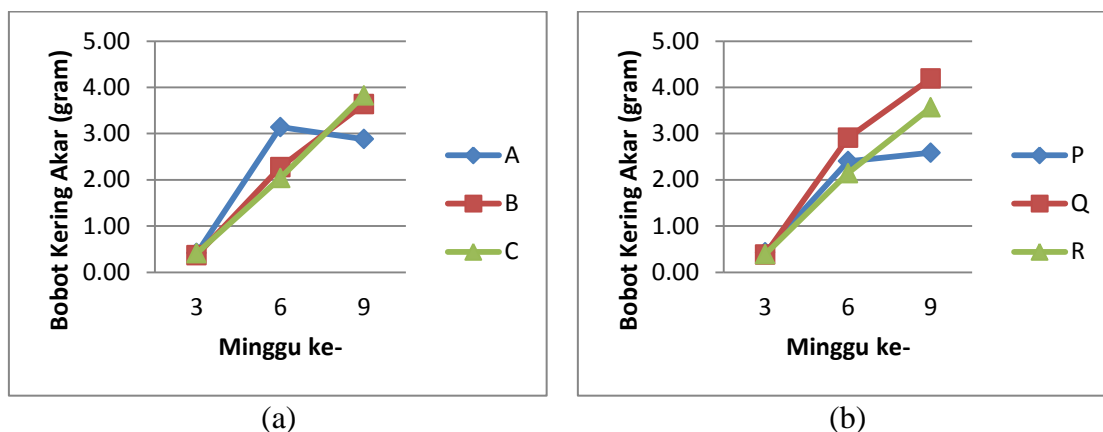
### **3. Bobot Kering Akar**

Bobot kering merupakan akumulasi fotosintat dari proses fotosintesis pada organ akar. Bobot kering akar merupakan indikator banyaknya fotosintat yang terbentuk guna absorpsi nutrisi atau unsur hara dari tanah.

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot kering akar menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dengan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan kadar



lengas, namun ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi (lampiran 12.f). Rerata bobot kering akar pada tabel 4, bobot kering akar terbaik terdapat pada perlakuan aplikasi Inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi cair rendam pada benih (4,15 gram), namun tidak ada beda nyata dengan perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi padat lembab pada benih (3,56 gram) dan ada beda nyata dengan perlakuan tanpa aplikasi inokulum (2,19 gram). Hal ini diduga pengaruh pemberian *Rhizobacteri* dapat meningkatkan akumulasi fotosintat dari proses fotosintesi pada organ akar karena peran *Rhizobacteri* sebagai biofertilizer. Peran tersebut sebagai mempercepat pertumbuhan tanaman melalui percepatan penyerapan unsur hara, sehingga proses fotosintesis dapat berjalan lebih baik. Fungsi *Rhizobacteri* dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, yaitu sebagai pemacu atau perangsang pertumbuhan (*biostimulants*) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (*fitohormon*) seperti asam indol asetat (AIA). Hasil penelitian Abbas dan Okon (1993) menunjukkan bahwa AIA yang dihasilkan *Rhizobacteri* yang meningkatkan jumlah bulu akar dan akar lateral sehingga meningkatkan penyerapan air dan unsur hara dari tanah. Perkembangan bobot kering akar dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 11.



Gambar 11. Bobot kering akar (a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

Gambar 11 (a) menunjukkan bahwa perkembangan bobot kering akar semakin meningkat pada minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Akan tetapi, pada perlakuan tanpa aplikasi inokulum, bobot kering akar pada minggu ke-9 mengalami penurunan. Perlakuan inokulasi *Rhizobacteri* pada benih memberikan peran positif. Sutariati dkk. (2014), bahwa integrasi teknik *biomatrixconditioning* arang sekam padi dengan *Rhizobacteri* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Menurut Dewi (2007), kehadiran PGPR meningkatkan kemampuan akar dalam memfiksasi Nitrogen, menyerap Fosfor dalam kondisi ketersediaan terbatas, dan sebagainya. PGR yang dapat memperbaiki proses fisiologi tanaman melalui akar biasanya bersifat eksogen atau berasal dari luar tanaman.

Gambar 11 (b) menunjukkan bahwa perkembangan bobot kering akar selama 9 minggu mengalami kenaikan dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9.

Perkembangan bobot kering akar tertinggi terlihat pada minggu ke-9. Pada kadar lengas 40% memiliki tingkat kenaikan terendah pada minggu ke-9. Tanaman yang mengalami kekurangan air yang berkepanjangan akan berpengaruh terhadap penurunan bobot kering akar. Akibat dari cekaman kekeringan menyebabkan penambahan ukuran dan jumlah sel tanaman menjadi terhambat sehingga penambahan bahan padat dalam sel tidak terlalu meningkat, akibatnya berpengaruh terhadap berat kering akar. Seperti yang dijelaskan oleh Efendi (2009) bahwa efek dari cekaman air memaksa tanaman menumbuhkan rambut akar agar lebih mudah menyerap air. Akar rambut ini tumbuhnya hanya sebentar kemudian mati lalu digantikan dengan akar rambut yang baru. Dengan besarnya energi yang dibutuhkan tanaman untuk pembesaran akar akar rambut tersebut, maka kesempatan akar yang lain untuk membesar menjadi terhambat sehingga jumlah total akar menjadi lebih kecil.

#### **4. Panjang Akar**

Pengamatan panjang akar bertujuan untuk memberikan informasi kemampuan akar suatu tanaman dalam menyerap air dan nutrisi didalam perakaran tanaman. Semakin tinggi perkembangan akar maka semakin banyak air dan unsur hara yang diserap oleh tanaman.

Berdasarkan hasil sidik ragam panjang akar menunjukkan bahwa perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi pada benih kedelai dengan berbagai kadar lengas saling mempengaruhi panjang akar pada minggu ke-6 (lampiran 12.g). Rerata parameter panjang akar nyata lebih tinggi apabila diaplikasikan *Rhizobium indigenous* Merapi dengan perendaman benih

pada kadar lengas 80% (80,50 cm), akan tetapi tidak beda nyata dengan perlakuan aplikasi yang sama pada kadar lengas 60% (78,33 cm) serta aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih dengan kadar lengas 40% (71,83 cm) berpengaruh sama terhadap panjang akar kedelai Detam-1, tetapi ada beda nyata pada perlakuan tanpa inokulum pada kadar lengas 80% (70,00 cm), tanpa inokulum pada kadar lengas 40% (69,83 cm), tanpa inokulum pada kadar lengas 60% (66,27 cm), aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih pada kadar lengas 60% (66,00 cm), aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih pada kadar lengas (59,83 cm), dan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih pada kadar lengas 40% (56,16 cm).

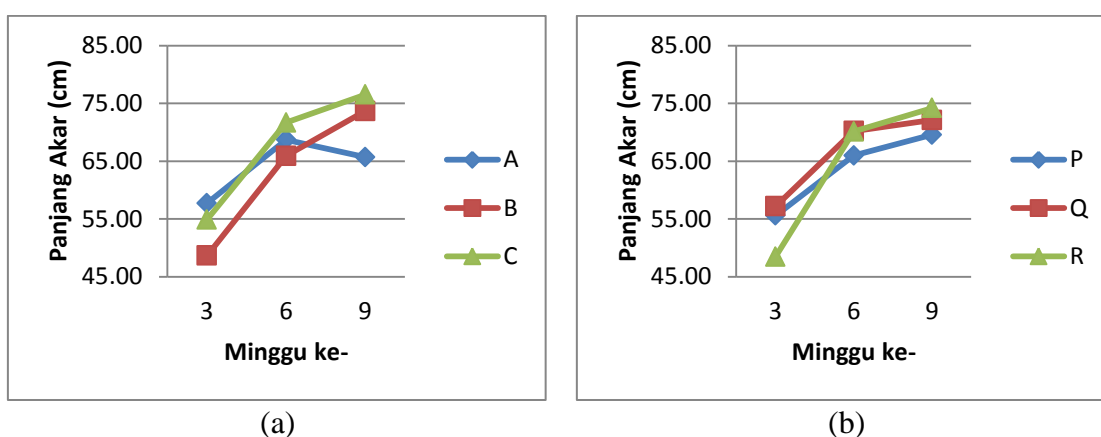
Perlakuan inokulasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi memberi pengaruh yang positif terhadap pemanjangan akar. *Rhizobacteri indigenus* Merapi tahan terhadap cekaman osmotik  $> 2,75$  M NaCl, sehingga pada saat berasosiasi maka akan memberi pengaruh yang baik terhadap pemanjangan akar hingga kadar lengas 40%. Hal ini dikarenakan peran *Rhizobacteri* selain dapat membantu tanaman dalam meningkatkan ketahanan dalam kondisi cekaman kekeringan, *Rhizobacteri* menghasilkan zat pengatur tumbuh IAA untuk peningkatan densitas rambut akar, diameter akar, perluasan sistem perakaran dengan pertambahan panjang akar dan perbanyakkan akar lateral (Agung\_Astuti, 2014).

Menurut Miller and Wood (1996), mikroorganismenya mempunyai mekanisme adaptasi selular terhadap perubahan kondisi lingkungan agar dapat bertahan hidup. Salah satu mekanismenya yaitu bakteri mengakumulasi

senyawa osmoprotektan sebagai mekanisme adaptasi selular bakteri terhadap kondisi cekaman osmotik. Senyawa tersebut berfungsi dalam mencegah kerusakan sel akibat dehidrasi dengan menjaga keseimbangan tekanan osmotik antara sitoplasma sel dan lingkungan luar.

Perubahan panjang akar terjadi di minggu ke-9, dari hasil analisis menyatakan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dan kadar lengas (lampiran 12.h). Rerata pada tabel 6 menunjukkan bahwa pada minggu ke-9, menunjukkan bahwa pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi tidak memberi pengaruh yang nyata jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa aplikasi inokulum. Perlakuan berbagai kadar lengas juga memberi pengaruh yang sama terhadap efektifitas nodul.

Perkembangan panjang akar dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 12.



Gambar 12. Panjang akar (a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas  
Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media cair rendam benih.

Gambar 12 (a) menunjukkan bahwa perkembangan panjang akar semakin meningkat pada minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Akan tetapi, pada perlakuan tanpa aplikasi inokulum, panjang pada minggu ke-9 mengalami penurunan. Penurunan terjadi akibat adanya pengaruh kekeringan selama pertumbuhan, sehingga pemanjangan akar terjadi penurunan. Selain itu, perlakuan inokulasi *Rhizobacteri* pada benih memberikan peran positif. Menurut Dewi (2007), kehadiran PGPR meningkatkan kemampuan akar dalam memfiksasi Nitrogen, menyerap Fosfor dalam kondisi ketersediaan terbatas, dan sebagainya. PGR yang dapat memperbaiki proses fisiologi tanaman melalui akar biasanya bersifat eksogen atau berasal dari luar tanaman. Gambar 12 (b) menunjukkan bahwa perkembangan panjang akar selama 9 minggu mengalami kenaikan dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Pada kadar lengas 40% memiliki tingkat kenaikan terendah pada minggu ke-9. Tanaman yang mengalami kekurangan air yang berkepanjangan akan berpengaruh terhadap perpanjangan akar.

#### **D. Pertumbuhan Tajuk Tanaman Kedelai Detam-1**

Pertumbuhan tanaman ditunjukkan dengan adanya penambahan ukuran sel dan bahan kering yang mencerminkan penambahan protoplasma. Pada masa pertumbuhan vegetatif tanaman terdapat tiga proses penting yaitu pembelahan sel, perpanjangan sel, dan tahap awal dari diferensiasi sel (Harjadi, 1983). Rerata tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk disajikan pada tabel 7.

Tabel 5. Rerata tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk minggu ke-9

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Luas Daun (cm <sup>2</sup> )	Bobot Segar Tajuk (g)	Bobot Kering Tajuk (g)	Umur Berbunga (hst)
<b>Aplikasi inokulum:</b>						
Tanpa Inokulum	72,37 a	43,30 a	2444,3 a	74,45 a	17,62 a	31,18 a
<i>Rhizobacteri</i> padat lebab pada benih	72,77 a	44,15 a	2587,0 a	89,24 a	22,15 a	30,89 a
<i>Rhizobacteri</i> cair rendam benih	74,20 a	43,00 a	2657,8 a	87,48 a	20,44 a	31,52 a
<b>Kadar lengas:</b>						
40%	64,06 q	34,56 r	1555,4 r	47,63 r	10,79 q	28,04 p
60%	74,80 p	45,37 q	2771,9 q	91,66 q	22,96 p	31,48 q
80%	80,48 p	50,52 p	3476,4 p	116,57 p	27,56 p	34,07 r
<b>interaksi</b>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

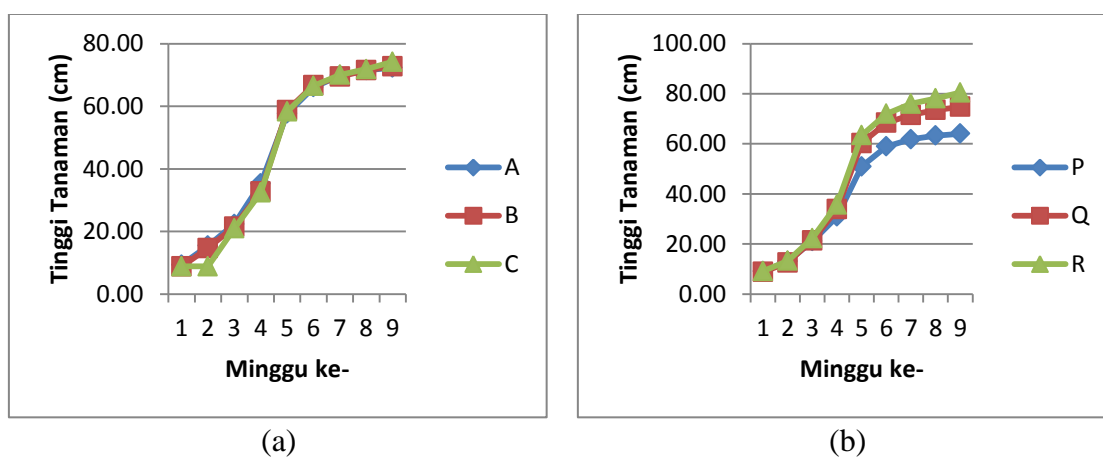
Keterangan: angka yang diikuti huruf tidak sama menunjukkan ada beda nyata berdasarkan uji F taraf  $\alpha$  5% dan uji DMRT.  
 (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan

### 1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan ukuran tanaman yang mudah untuk diamati dan sering digunakan sebagai parameter untuk mengukur pengaruh dari lingkungan atau perlakuan. Tanaman akan semakin tinggi disebabkan oleh meningkatnya jumlah sel dan pembesaran sel pada jaringan meristem. Perbedaan tinggi suatu tanaman dipengaruhi oleh zat pengatur tumbuh, cahaya, ketersediaan air dan nutrisi dalam media tanam.

Berdasarkan hasil sidik ragam tinggi tanaman pada minggu ke-9 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.i). Rerata tinggi tanaman pada tabel 7 menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas

80% memberikan hasil yang nyata tinggi (80,48 cm), tetapi tidak beda nyata dengan kadar lengas 60% (74,80 cm) dan ada beda nyata dengan kadar lengas 40% (64,06 cm). Hal ini diduga adanya peran air dalam proses pembesaran dan pemanjangan sel tanaman yang membutuhkan air. Menurut Solichatun dkk. (2015), proses pembesaran dan pemanjangan sel dipengaruhi oleh turgor sel. Ketersediaan air yang rendah (40 dan 60% kapasitas lapang) akan menurunkan tekanan turgor sel. Turgor sel yang rendah akan menurunkan kemampuan sel untuk membentangi, sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya. Hal ini sependapat dengan Lisar *et al.* (2012), akibat cekaman kekeringan pada tanaman dapat menurunkan pemanjangan sel, serta penghambatan pertumbuhan. Perkembangan tinggi tanaman dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 13.



Gambar 13. Tinggi tanaman a) faktor metode aplikasi inokulum b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%



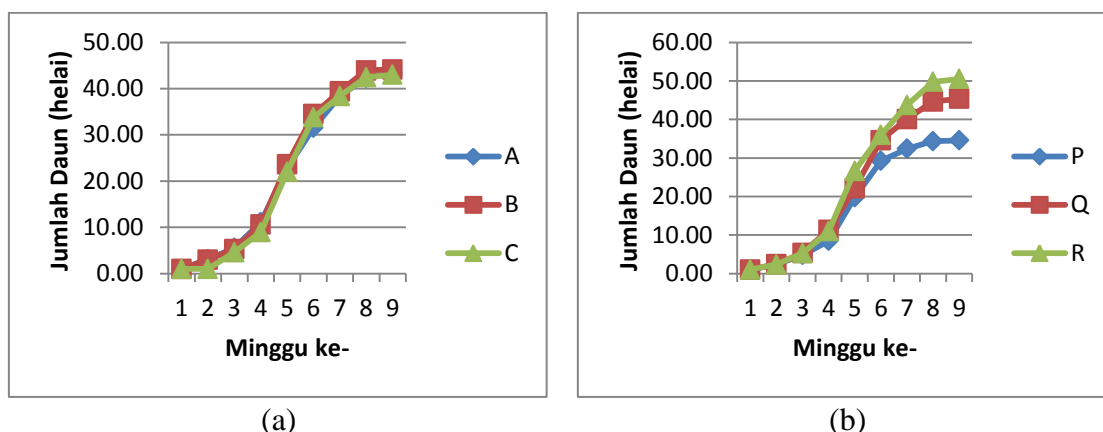
Pada gambar 13 (a) menunjukkan bahwa pelaku metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai mengalami kenaikan dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9. Pada minggu ke-4 hingga minggu ke-5, setiap perlakuan mengalami pertumbuhan dipercepat, selanjutnya tanaman mengalami pertumbuhan diperambat. Hal tersebut berkaitan dengan masuknya masa generatif tanaman sehingga hasil fotosintat tanaman dialokasikan pada pertumbuhan generatif terutama untuk membentuk biji. Gambar 13 (b) menunjukkan bahwa tinggi tanaman atas perlakuan kadar lensas semakin meningkat dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9 dengan peningkatan tertinggi terdapat pada kadar lensas 80%. Pemberian air yang optimal pada tanaman kedelai Detam-1 memberi pengaruh yang baik terhadap pembelahan sel tanaman selama pertumbuhan tanaman. Selama kehidupan, tanaman akan terus menjalani proses pertumbuhan dan perkembangan, namun pemberian air yang sedikit akan mengganggu proses tersebut. Terhambatnya aktivitas pembelahan sel, menyebabkan tidak terjadinya penambahan massa atau isi sel dan pembentangan sel, sehingga sel-sel tetap mengecil (Mapegau, 2006).

## **2. Jumlah Daun**

Daun merupakan pusat produksi karbohidrat bagi tanaman. Daun diperlukan untuk menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi asimilat melalui fotosintesis. Kegiatan pertumbuhan dan hasil tanaman dipengaruhi oleh jumlah daun karena sebagai tempat kegiatan fotosintesis untuk penghasil energi yang akan diperlukan untuk proses pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan hasil sidik ragam jumlah daun pada minggu ke-9 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dengan kadar lengas dan tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi pada benih kedelai, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.j). Rerata jumlah daun pada tabel 7 menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap jumlah daun tanaman (50,52 helai), namun ada beda nyata dengan kadar lengas 60% (45,37 helai) dan kadar lengas 40% nyata lebih rendah (34,56 helai). Hal ini diduga karena pada saat pertumbuhan tanaman, sel tanaman akan aktif dalam proses pembelahan untuk dapat tumbuh dan berkembang. Pembelahan sel dan proses pembentukan daun tanaman sangat membutuhkan air. Selain itu, terdapat material seperti enzim, protein dan hormon yang mengontrol pembelahan sel. Pada kondisi kekeringan aktivitas hormon sitokinin yang berfungsi dalam pembelahan sel dan menjaga turgor sel menjadi terhambat sehingga tunas tidak dapat terinisiasi (Soemartono, 1990). Hasil ini sejalan dengan parameter tinggi tanaman, dengan terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman akibat rendahnya kadar lengas menyebabkan pertumbuhan daun juga terhambat. Hal ini didukung penelitian Sarawa dkk. (2014) yang menunjukkan bahwa perlakuan pemberian air dengan interval 2 hari memberikan jumlah daun yang lebih banyak, namun pemberian air dengan interval 8 hari memberikan jumlah daun paling sedikit pada tanaman kedelai. Semakin lama interval penyiraman, maka semakin sedikit jumlah daun yang

terbentuk. Perkembangan jumlah daun dari minggu ke-7 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 14.



Gambar 14. Jumlah daun a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

Berdasarkan gambar 14 (a) menunjukkan bahwa jumlah daun semua perlakuan metode aplikasi inokulum mengalami peningkatan dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9. Penggunaan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai belum mampu meningkatkan jumlah daun. Gambar 14 (b) menunjukkan bahwa jumlah daun atas perlakuan kadar lengas semakin meningkat dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9. Pada minggu ke-9, kadar lengas 80% memiliki jumlah daun yang nyata lebih tinggi. Jumlah daun tanaman kedelai Detam-1 dipengaruhi oleh kandungan air didalam tanah. Hal tersebut didukung oleh Gardner dkk. (1991) jumlah daun dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yaitu ketersediaan air didalam tanah dan unsur hara. Air (H<sub>2</sub>O) digunakan tanaman untuk proses fotosintesis. Jika air yang dibutuhkan tercukupi

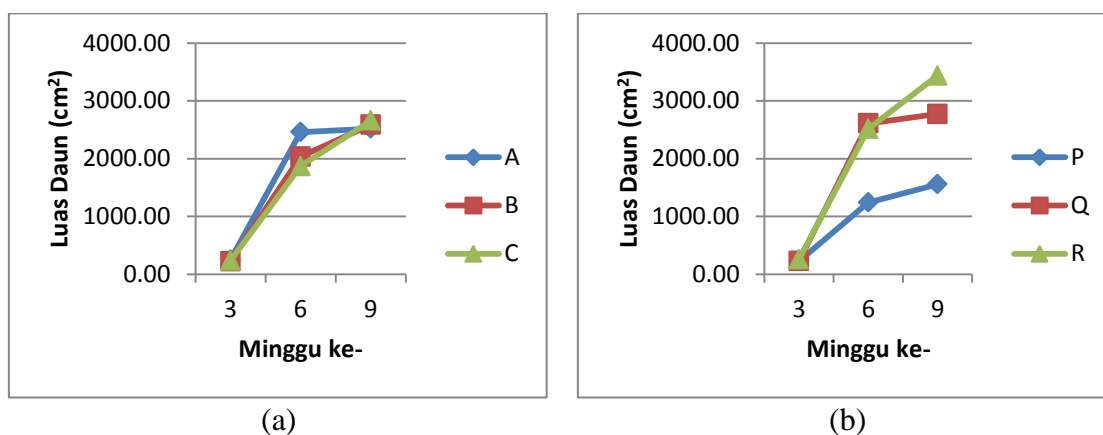
maka daun akan melakukan proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis pada masa vegetatif digunakan tanaman untuk proses pertumbuhan yang selanjutnya akan memasuki tahap perkembangan. Dengan cukupnya ketersediaan hara, maka fotosintesis berlangsung dengan baik dan fotosintat yang dihasilkan juga banyak dan diantara fotosintat tersebut selanjutnya digunakan untuk pembentukan daun.

### 3. Luas Daun

Pertumbuhan tanaman sangat tergantung dari hasil fotosintat yang dihasilkan oleh daun, oleh sebab itu untuk memperoleh pertumbuhan tanaman yang optimal selain dibutuhkan jumlah daun dan luas daun. Luas daun yang didukung jumlah daun yang banyak berperan penting dalam proses fotosintesis. Semakin luas daun tersebut maka semakin besar cahaya yang dapat diserap daun tersebut dalam proses fotosintesis, fotosintesis berperan untuk metabolisme tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Gardner dkk., 1991).

Berdasarkan hasil sidik ragam luas daun pada minggu ke-9 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan kadar lengas dan tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.k). Rerata luas daun pada tabel 7 menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap luas daun ( $3476,4 \text{ cm}^2$ ) dan ada beda nyata dengan kadar lengas 60% ( $2771,9 \text{ cm}^2$ ) serta kadar lengas 40% nyata lebih rendah ( $1555,4 \text{ cm}^2$ ). Semakin kecil kadar lengas, maka daun yang terbentuk juga semakin kecil sehingga berpengaruh pada ukuran luas daun. Hal ini diduga

karena perkembangan luas daun selama pertumbuhan merupakan waktu yang sangat sensitif terhadap kekurangan air. Peningkatan turgor dalam proses pembelahan sel membutuhkan air yang cukup. Oleh karena itu kekurangan air pada waktu ini dapat menyebabkan menurunnya luas daun (Granier *and* Tardieu, 1999). Hasil ini sejalan dengan parameter tinggi tanaman dan jumlah daun, menunjukkan kadar lengas 40% menghambat pembentukan daun selama pertumbuhan tanaman kedelai Detam-1. Hal ini didukung dengan penelitian Anshar (2011), lengas tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan luas daun tanaman, dimana cekaman lengas tanah 50% KL akan menurunkan total luas daun per tanaman. Perkembangan luas daun dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 15.



Gambar 15. Luas daun a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas  
Keterangan:

- A: tanpa inokulum  
 B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih  
 C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih.

- P: kadar lengas 40%  
 Q: kadar lengas 60%  
 R: kadar lengas 80%

Pada gambar 15 (a) menunjukkan bahwa semua pelaku metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai mengalami

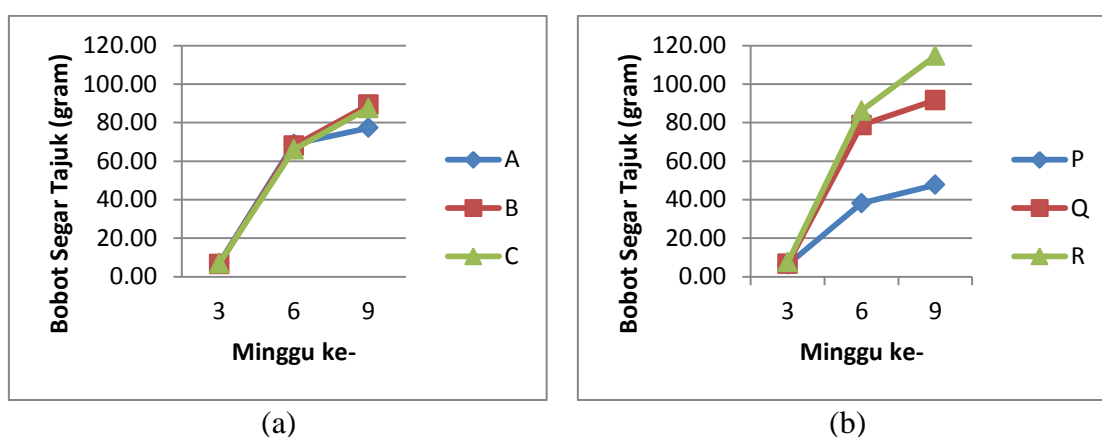
kenaikan luas daun dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Kenaikan tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa inokulum minggu ke-6, selanjutnya luas daun pada minggu ke-9 tidak berbeda pada masing-masing perlakuan metode aplikasi inokulum. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai belum mampu meningkatkan luas daun. Gambar 15 (b) menunjukkan bahwa luas daun atas perlakuan kadar lengas semakin meningkat dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9. Grafik tersebut menunjukkan peningkatan secara tajam pada perlakuan kadar lengas 80%. Peningkatan paling rendah terjadi pada kadar lengas 40%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas memberi pengaruh terhadap peningkatan luas daun.

#### **4. Bobot Segar Tajuk**

Fotosintat yang dibentuk dan disimpan pada proses fotosintesi tanaman dapat diketahui dengan mengetahui berat segar tanaman. Salah satu syarat untuk berlangsungnya fotosintesis yaitu tercukupinya air yang diserap akar tanaman.

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot segar tajuk pada minggu ke-9 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan kadar lengas dan tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.1). Rerata bobot segar tajuk pada tabel 7, menunjukkan bahwa perlakuan kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap bobot segar tajuk (116,57 gram) dan ada beda nyata dengan kadar lengas 60% (91,66 gram) serta

kadar lengas 40% nyata lebih rendah (47,63 gram). Bobot segar tajuk menunjukkan kandungan air yang berada pada jaringan tajuk. Hasil penelitian ini menunjukkan kadar lengas yang rendah menurunkan bobot segar tajuk. Hal ini diduga air tersedia menyebabkan protoplasma sel tanaman mengandung air yang lebih banyak sehingga bobot tanaman semakin tinggi. Selain itu, tersedianya air pada protoplasma akan membantu pertumbuhan dan perkembangan sel serta membentuk jaringan yang aktif membelah. Hasil ini sejalan dengan parameter tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun. Daun sebagai tempat terjadinya fotosintesis menunjukkan hasil pada kadar lengas 40% memiliki nilai terendah baik pada jumlah maupun luasannya, sehingga pertumbuhan tersebut mempengaruhi berat segar secara keseluruhan tajuk tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Herlina (1996) kekurangan air akan menekan pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai yang dicerminkan dari daun-daun yang lebih kecil, berkurangnya diameter batang dan bobot tanaman. Perkembangan bobot segar tajuk dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 disajikan pada gambar 16.



Gambar 16. Bobot segar tajuk a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas  
Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih.

Pada gambar 16 (a) menunjukkan bahwa semua pelaku metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai mengalami kenaikan bobot segar tajuk dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9. Pada minggu ke-9, isolat *Rhizobacteri* yang diaplikasikan pada benih kedelai cenderung meningkatkan bobot segar tajuk dikarenakan *Rhizobacteri* tersebut mampu memfiksasi N<sub>2</sub> sehingga N tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan. Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman diperlukan untuk pembentukan bagian vegetatif tanaman. Namun, hasil ini tidak menunjukkan ada beda nyata pada perlakuan inokulum. Gambar 16 (b) menunjukkan bahwa bobot segar tajuk pada perlakuan kadar lengas semakin meningkat dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9 dan tersebut kadar lengas 80% memiliki bobot segar tajuk yang nyata lebih tinggi. Pada kadar lengas 40% menunjukkan tingkat kenaikan bobot segar tajuk terendah. Menurut Sunaryo (2009), berat segar tajuk suatu tanaman tergantung pada air yang terkandung dalam organ-organ tanaman baik pada batang, daun dan akar, sehingga berat segar tajuk tanaman lebih tinggi.

### **5. Bobot Kering Tajuk**

Bobot kering tajuk menunjukkan akumulasi bahan kering dari hasil fotosintesis tanaman sebagai hasil akhir dari proses fotosintesis berupa fotosintat pada tanaman yang sudah tidak mengandung air. Berat kering tanaman menunjukkan status hara dari tanaman dan sangat tergantung pada laju

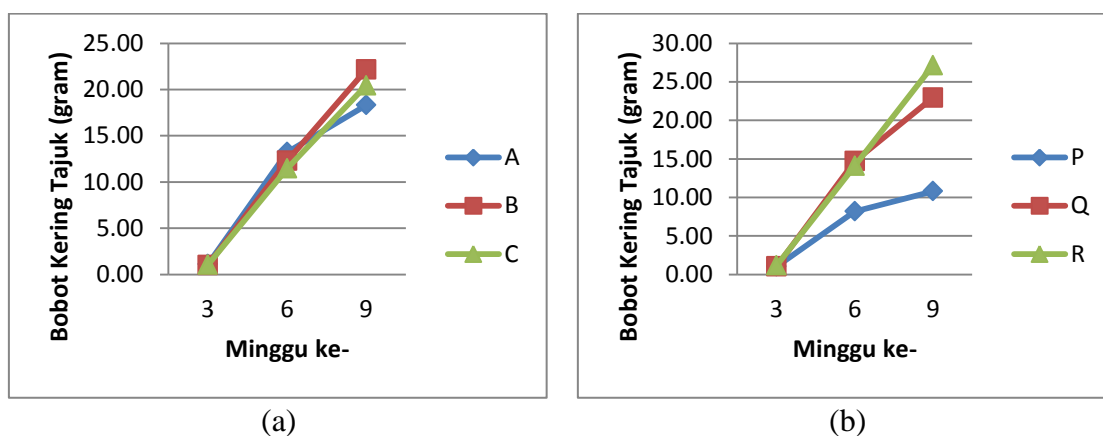


fotosintesis dan respirasi. Produksi berat kering tergantung pada penyerapan, penyinaran matahari serta pengambilan CO<sub>2</sub> dan air (Dwidjoseputro, 1998).

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot kering tajuk menunjukkan bahwa perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi pada benih kedelai dengan berbagai kadar lengas saling mempengaruhi bobot kering tajuk pada minggu ke-6 (lampiran 12.m). Dilihat dari tabel 8, rerata parameter bobot kering tajuk nyata lebih tinggi pada perlakuan tanpa aplikasi inokulum dengan kadar lengas 80% (17,84 gram), namun tidak ada beda nyata dengan perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media pada lembab pada benih pada kadar lengas 60% (15,72 gram) dan 80% (13,47 gram), serta perlakuan tanpa aplikasi inokulum pada kadar lengas 60% (14,50 gram), dan perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media cair rendam pada benih pada kadar lengas 60% (13,87 gram). Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi inokulum memberi pengaruh yang sama, sehingga pada minggu ke-9 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dengan kadar lengas dan tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi pada benih kedelai, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.n). Kadar lengas 80% memiliki bobot kering tajuk nyata tertinggi (27,56 gram), namun tidak berbeda nyata dengan kadar lengas 60% (22,96 gram) dan ada beda nyata dengan kadar lengas 40% (10,79 gram). Hal ini disebabkan keterbatasan air sebagai salah satu faktor dalam proses fotosintesis serta metabolisme pada tanaman yang akan mengurangi tingkat

kecepatan pertumbuhan. Hasil bobot kering merupakan keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis mengakibatkan peningkatan berat kering tanaman karena pengambilan CO<sub>2</sub> sedangkan respirasi mengakibatkan penurunan berat kering karena pengeluaran CO<sub>2</sub> (Gardner dkk.,1991). Sejalan dengan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun dan bobot segar tajuk, kadar lengas 40% memberi pengaruh nyata lebih rendah. Ukuran daun yang kecil menyebabkan hasil fotosintesis kecil, sehingga biomasa yang dihasilkan juga sedikit. Hal ini sejalan dengan penelitian Barus dan Yusuf (2004) pengaruh lamanya waktu penyiraman menunjukkan pengurangan yang nyata terhadap berat kering tanaman, semakin lama penyiraman semakin tinggi pengurangan berat kering tanaman.

Perkembangan bobot kering tajuk selama 9 minggu dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Pertumbuhan bobot kering tajuk (a) faktor metode aplikasi inokulum (b) faktor kadar lengas

Keterangan:

A: tanpa inokulum

B: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media padat lembab pada benih

C: aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media cair rendam benih.

P: kadar lengas 40%

Q: kadar lengas 60%

R: kadar lengas 80%

Pada gambar 17 (a) menunjukkan bahwa bobot kering tajuk dari minggu ke-3 hingga minggu ke-9 mengalami kenaikan. Kenaikan cenderung lebih rendah pada perlakuan tanpa aplikasi. *Rhizobacteri* mampu memfiksasi  $N_2$  sehingga N tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan. Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman diperlukan untuk pembentukan bagian vegetatif tanaman. Sehingga mampu memberi tingkat bobot kering. Namun, hasil ini tidak menunjukkan ada beda nyata pada perlakuan inokulum. Gambar 17 (b) menunjukkan bahwa bobot kering tajuk pada perlakuan kadar lengas semakin meningkat dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9 dan tersebut kadar lengas 80% memiliki bobot kering tajuk yang nyata lebih tinggi. Pada kadar lengas 40% menunjukkan tingkat kenaikan bobot kering tajuk terendah.

## 6. Umur Berbunga

Fase pembungaan terjadi perubahan fisiologis atau biokimia pada mata tunas dari pertumbuhan vegetatif mengarah pada pertumbuhan generatif. Fase ini akan berlangsung produksi biji pada tanaman kedelai Detam-1. Produksi biji merupakan peristiwa fisiologis dan morfologis yang mengarah kepada pembungaan dan pembuahan (Gardner *et al.*, 1991).

Berdasarkan hasil sidik ragam umur berbunga menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dengan kadar lengas dan tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.s). Rerata umur berbunga pada

tabel 7 menunjukkan bahwa tingkat umur berbunga oleh perlakuan kadar lengas 40% memiliki umur berbunga yang nyata lebih baik (28,04 hst), namun ada beda nyata dengan kadar lengas 60% (31,48 hst) dan kadar lengas 80% (34,07 hst). Umur berbunga pada penelitian ini lebih cepat dibandingkan dengan deskripsi umur berbunga kedelai Detam-1 (lampiran 1) yaitu 35 hst. Salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi induksi pembungaan adalah stress air. Semakin rendah kadar lengas pada tanaman kedelai Detam-1, maka umur berbunga semakin cepat. Hal ini diduga karena tanaman yang kekurangan air akan memproduksi hormon asam absisat (ABA) yang tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Prawiranata dkk. (1994) kenaikan konsentrasi hormon asam absisat (ABA) menyebabkan sel-sel penjaga kehilangan air dan stomata mulai menutup, dengan menutupnya stomata laju transpirasi berkurang dan tanaman dapat menghemat air yang ada di dalam tubuhnya, sehingga tanaman dapat mempertahankan hidupnya. Selanjutnya dengan konsentrasi hormon ABA yang tinggi akan menghambat aktivitas auksin dan sitokinin menyebabkan pertumbuhan vegetatif terhambat. Dengan demikian hasil fotosintesis tidak dapat digunakan untuk perkembangan vegetatif, oleh sebab itu penggunaannya diarahkan untuk perkembangan organ reproduktif seperti pembungaan.

#### **E. Komponen Hasil Tanaman Kedelai Detam-1**

Produktivitas suatu tanaman merupakan hasil akhir dari kegiatan budidaya tanaman. Nilai rerata dari komponen hasil tanaman kedelai meliputi jumlah polong per tanaman, Bobot kering polong per tanaman, Bobot biji per tanaman, Bobot 100 biji, dan hasil (ton/ha) dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 6. Rerata jumlah polong per tanaman, Bobot kering polong per tanaman, Bobot biji per tanaman, Bobot 100 biji, hasil

Perlakuan	Jumlah polong per tanaman (buah)	Bobot kering polong per tanaman (gram)	Bobot biji per tanaman (gram)	Bobot 100 biji (gram)	Hasil (ton/ha)
<b>Aplikasi inokulum:</b>					
Tanpa Inokulum	70,33 a	26,13 a	16,51 a	14,06 a	0,73 a
<i>Rhizobacteri</i> padat lebab pada benih	78,74 a	27,04 a	17,52 a	13,84 a	0,78 a
<i>Rhizobacteri</i> cair rendam benih	72,22 a	27,31 a	18,03 a	13,00 a	0,80 a
<b>Kadar lengas:</b>					
40%	51,30 r	18,80 r	12,62 q	13,18 p	0,56 q
60%	74,30 q	25,85 q	16,20 q	13,57 p	0,71 q
80%	95,70 p	35,83 p	23,24 p	14,18 p	1,03 p
interaksi	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Keterangan: angka yang diikuti huruf tidak sama menunjukkan ada beda nyata berdasarkan uji F taraf  $\alpha$  5% dan uji DMRT.  
 (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan.

### 1. Jumlah Polong per Tanaman

Jumlah polong merupakan indikator seberapa besar kemampuan tanaman dalam membentuk buah.

Berdasarkan hasil sidik ragam jumlah polong per tanaman menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.t). Rerata jumlah polong per tanaman pada tabel 9 menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi berpengaruh sama terhadap jumlah polong. Pada perlakuan aplikasi Inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada benih memiliki jumlah polong cenderung lebih banyak (78,74 buah), diikuti

aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi cair rendam pada benih (72,22 buah) dan perlakuan tanpa aplikasi inokulum (70,33 buah).

Pada perlakuan kadar lengas memberikan pengaruh yang berbeda terhadap jumlah polong per tanaman. Kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata lebih tinggi terhadap jumlah polong per tanaman (95,70 buah), namun ada beda nyata dengan perlakuan kadar lengas 60% (74,30 buah) serta kadar lengas 40% memiliki jumlah polong nyata lebih rendah (51,30 buah). Hal ini diduga adanya pengaruh proses fotosintesis selama pertumbuhan dengan hasil berupa fotosintat yang disimpan dalam polong lebih tinggi pada kadar lengas 80%. Proses ini terjadi pada daun dengan bahan dasar yaitu karbon dioksida dan air yang dibantu oleh sinar matahari. Pembentukan polong pada tanaman kedelai dipengaruhi oleh proses fotosintesis. Kadar lengas yang tinggi memberikan jumlah polong yang tinggi pula, artinya semakin rendah air yang diberikan maka semakin rendah pula polong yang terbentuk. Hal ini didukung dengan parameter tinggi tanaman, luas daun, dan umur berbunga yang menunjukkan bahwa kadar lengas 40% memberi hasil yang kecil, sehingga berpengaruh terhadap jumlah polong yang terbentuk. Menurut Suhartono dkk. (2008), hasil fotosintesis berupa senyawa kompleks seperti karbohidrat, lemak, protein dan oksigen yang disimpan pada batang, buah, biji maupun polong. Pada tanaman kedelai, timbunan hasil proses fotosintesis disimpan dalam polong tanaman, sehingga perbedaan jumlah polong dapat disebabkan oleh adanya perbedaan pemberian air pada masa pertumbuhan vegetatif hingga perkembangan generatif. Hal ini sejalan dengan pernyataan Harnowo (1993), bahwa cekaman air dapat menghambat aktivitas

fotosintesis dan distribusi asimilat ke dalam organ reproduktif. Pemberian air yang berbeda akan menimbulkan respon tanaman yang berbeda pula.

## **2. Bobot Kering Polong**

Bobot kering polong menunjukkan akumulasi bahan kering hasil dari fotosintesis setelah fase vegetatif berakhir.

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot kering polong menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.u). Rerata bobot kering polong pada tabel 9 menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih berpengaruh sama terhadap bobot kering polong. Pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam benih cenderung lebih tinggi (27,31 gram), diikuti perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat pada benih (27,04 gram) dan tanpa inokulum (26,13 gram).

Pada perlakuan kadar lengas memberikan pengaruh yang berbeda terhadap bobot kering polong. Kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap bobot kering polong (35,83 gram), namun ada beda nyata dengan perlakuan kadar lengas 60% (25,85 gram) dan kadar lengas 40% (18,80 gram). Pada bobot kering polong menunjukkan bahwa semakin rendah kadar lengas yang diberikan maka semakin kecil pula bobot polong. Hal ini diduga adanya akumulasi bahan kering tanaman berasal dari fotosintesis yang dilakukan oleh

suatu tanaman. Hal ini berarti hasil biji kering tanaman kedelai bergantung pada fotosintat yang tersedia dan distribusinya, khususnya selama fase pengisian biji. Semakin sedikit fotosintat yang didistribusikan maka semakin sedikit pula proses pengisian polong yang menyebabkan sedikit biji yang terbentuk atau biji yang dihasilkan memiliki ukuran yang cenderung lebih kecil sehingga bobot polong berkurang. Hasil ini sejalan dengan parameter jumlah polong per tanaman. Menurut Gardner *et al.* (1991), setelah memasuki fase generatif, laju fotosintesis akan dialihkan sebagian besar untuk pengisian buah. Hasil tanaman serealia (biji-bijian) ditentukan oleh fotosintesis yang terjadi setelah pembungaan.

### **3. Bobot Biji per Tanaman**

Bobot biji per tanaman merupakan indikator seberapa banyak biji yang mampu dihasilkan oleh tanaman atas aplikasi inokulum dan berbagai kadar lengas.

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot biji per tanaman menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.v). Rerata bobot biji per tanaman pada tabel 9 menunjukkan bahwa masing-masing metode aplikasi inokulum memberi pengaruh yang sama terhadap bobot biji per tanaman. Pada perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media cair rendam benih cenderung lebih tinggi (18,03 gram), diikuti perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri*



*indigenous* Merapi media padat pada benih (17,52 gram) dan tanpa inokulum (16,51 gram).

Pada variabel jumlah polong menunjukkan bahwa kadar lengas memberikan pengaruh yang berbeda terhadap bobot kering polong. Kadar lengas 80% memberikan hasil yang nyata tinggi terhadap bobot biji per tanaman (23,24 gram) dan ada beda nyata dengan perlakuan kadar lengas 60% (16,20 gram) dan kadar lengas 40% (12,62 gram). Hasil biji kering per tanaman tersebut menurun seiring dengan rendahnya kadar lengas. Semakin sedikit air yang diberikan selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman maka semakin rendah berat biji yang dihasilkan oleh tanaman. Hasil ini sejalan dengan parameter jumlah polong dan bobot kering polong. Menurut Gardner *et al.* (1991), kekurangan air selama periode pengisian mengurangi hasil biji karena terjadinya penurunan laju fotosintesis akibat kekurangan air. Hal ini sejalan dengan pendapat Harnowo (1993) yang mengemukakan bahwa cekaman air menghambat fotosintesis dan distribusi asimilat ke dalam organ reproduktif. Menurut Slatyer (1971) hasil biji kering tanaman termasuk kedelai bergantung pada fotosintat yang tersedia dan distribusinya, khususnya selama fase pengisian biji. Hasil biji kering tanaman kedelai pada tingkat cekaman air yang lebih tinggi terjadi karena jumlah fotosintat yang tersedia dan distribusinya ke dalam biji berkurang.

#### **4. Bobot 100 Biji**

Bobot 100 biji merupakan karakter yang menunjukkan ukuran biji kedelai. Karakter ini mengindikasikan ukuran biji kedelai. Semakin besar ukuran biji

kedelai, maka bobot 100 biji juga akan semakin besar, namun jumlah bijinya sedikit.

Berdasarkan hasil sidik ragam bobot 100 biji menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas, serta tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi dan kadar lengas (lampiran 12.w). Rerata bobot 100 biji pada tabel 9, menunjukkan bahwa masing-masing metode aplikasi inokulum memberi pengaruh yang sama terhadap bobot 100 biji. Kadar lengas tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap bobot 100 biji. Hasil bobot 100 biji pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai bobot 100 biji pada penelitian ini memiliki bobot yang lebih rendah dari deskripsi bobot 100 biji kedelai Detam-1 yaitu 14,84 gram (lampiran 1).

Terdapat faktor lain yaitu genetis tanaman, sehingga bobot 100 biji pada tanaman kedelai Detam-1 memiliki bobot yang tidak beda nyata pada masing-masing perlakuan. Menurut Soegito dan Arifin (2004), mengatakan bahwa setiap varietas memiliki keunggulan genetis yang berbeda-beda, tergantung kepada sifat varietas tanaman itu sendiri. Dikaitkan dengan perolehan hasil biji, genotipe-genotipe yang berbiji besar tersebut ternyata memiliki hasil bijinya yang juga lebih tinggi (Hakim, 2010). Selain faktor genetis, bobot 100 biji juga dipengaruhi terserang hama penyakit maupun kerusakan saat panen.

## 5. Hasil Kedelai Detam-1

Hasil ton/ha diperoleh dari konversi bobot biji per tanaman. Pengamatan hasil tanaman kedelai bertujuan untuk mengetahui hasil panen kedelai yang diperoleh per hektar.

Berdasarkan hasil sidik hasil hasil kedelai Detam-1 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi dan kadar lengas dan tidak ada beda nyata pada perlakuan metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi, namun ada beda nyata pada perlakuan kadar lengas (lampiran 12.x). Rerata hasil dapat dilihat pada tabel 9, menunjukkan bahwa hasil kedelai Detam-1 masing-masing perlakuan metode aplikasi inokulum berpengaruh sama, namun perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media cair rendam benih cenderung lebih tinggi (0,80 ton/ha), diikuti perlakuan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenous* Merapi media padat pada benih (0,78 ton/ha) dan tanpa inokulum (0,73 ton/ha).

Pada variabel hasil kedelai Detam-1 menunjukkan bahwa kadar lengas memberikan pengaruh yang berbeda. Kadar lengas 80% memberikan hasil tertinggi (1,03 ton/ha), namun ada beda nyata dengan perlakuan kadar lengas 60% (0,71 ton/ha) dan kadar lengas 40% (0,56 ton/ha). Hasil tersebut menurun seiring dengan rendahnya kadar lengas. Namun hasil tersebut masih lebih rendah dari potensi hasil kedelai Detam-1 yaitu 3,45 ton/ha. Hal ini diduga kekurangan air selama stadia vegetatif menyebabkan organ vegetatif tanaman tidak terbentuk optimum sehingga hasil fotosintesis tidak sebanyak dengan tanaman yang organ vegetatifnya terbentuk optimum, ini berpengaruh pada stadia tanaman selanjutnya

yaitu stadia pembungaan dan pengisian polong. Selain itu, terjadinya kekurangan air pada stadia pembungaan menyebabkan hasil fotosintesis yang digunakan untuk pembentukan bunga tidak optimal sehingga menyebabkan sedikitnya bunga yang terbentuk yang akan mempengaruhi proses pembentukan biji. Hasil ini sejalan dengan parameter jumlah polong, bobot kering polong, dan bobot biji per tanaman. Menurut Somaatmadja (1985) menyatakan bahwa terjadi kekurangan air pada masa pembentukan bunga, pembentukan dan pengisian polong akan menyebabkan sedikit biji yang terbentuk, biji yang dihasilkan kecil – kecil sehingga bobot dari biji berkurang. Kedelai sangat sensitif terhadap kondisi kekeringan yang mengakibatkan penurunan hasil dan kualitas biji (Misoumi *et al.*, 2011 dan Shafii *et al.*, 2011), mengurangi jumlah polong berisi serta menurunkan hasil biji kedelai (Soepandi *et al.*, 1997).

Berdasarkan uraian di atas, dapat dinyatakan bahwa parameter pengamatan pertumbuhan dan hasil kedelai menunjukkan bahwa masing-masing metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi pada benih kedelai memiliki respon yang berbeda terhadap kadar lengas.

Metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media cair rendam pada benih kedelai pada kadar lengas 80% dan 60% serta metode aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi padat lembab pada benih kedelai dengan kadar lengas 40% memiliki pengaruh yang sama tinggi terhadap panjang akar. Pada perlakuan tanpa aplikasi inokulum pada kadar lengas 80% dan 60%, serta aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi media padat lembab pada

benih kedelai dengan kadar lengas 60% dan 80% dan aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi cair rendam benih kedelai dengan kadar lengas 60% memiliki pengaruh yang sama tinggi terhadap bobot kering tajuk.

Aplikasi inokulum *Rhizobacteri indigenus* Merapi padat lembab dan cair rendam pada benih meningkatkan bobot kering akar pada minggu ke-9. Kadar lengas 80% memiliki jumlah nodul, bobot nodul dan diameter nodul pada minggu ke-9, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, umur berbunga, jumlah polong pertanaman, bobot kering polong per tanaman, bobot biji per tanaman dan hasil tertinggi dibandingkan kadar lengas 60% dan 40%.