

IV. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Tanah Mediteran di daerah Simo, Boyolali

1. Lokasi Pengamatan Kedelai di tanah Mediteran Simo Boyolali

Dari hasil observasi pada tanggal 2 September 2015, dapat dinyatakan lokasi penelitian, pada lahan kedelai yang tahan kering di daerah Simo Boyolali, dengan jenis tanah Mediteran, yang merupakan milik petani setempat. Letak lahan tersebut tidak jauh dari perumahan penduduk, batasan lahannya dari batas sebelah utara lahan berbatasan dengan pemukiman penduduk yang dibatasi oleh jalan raya dan pohon Kapas serta pohon Jati, batasan Selatan merupakan tanaman Tebu, batasan Timur merupakan tanaman Padi, dan batasan Barat adalah pohon Sengon. Kondisi Tanah di lahan Meditera tersebut, sangat kering bahkan sampai terlihat retakan tanah.



Gambar 1. Retakan tanah 6-10 cm

Pada lahan tersebut tidak ada aliran irigasi, petani setempat juga tidak melakukan penyiraman karena pengairan pada lahan tersebut menggunakan air hujan yang turun saja yaitu merupakan lahan dengan sistem tadah hujan, tidak ada

pengairan tambahan selain itu. Tanaman kedelai hanya terkena hujan pada awal tanam sampai 2 MST saja, setelah itu tidak memperoleh air sama sekali baik dari irigasi ataupun hujan karena kemarau panjang.

Lahan tersebut berukuran 500 m² dengan bagian penelitian yang terdiri dari 3 blok penelitian yaitu blok A, Blok B dan blok C. Luasan setiap bloknya yaitu: Blok A dengan luasan 2,95x470 m², blok B dengan luasan 3,85 x 2,45 m², blok C dengan luasan 4,30 x 2,45 m², skema lahan terlampir pada Lampiran 1.

Pola tanam yang dilakukan petani dari musim sebelumnya yaitu padi-padi-kedelai. Varietas kedelai yang ditanam yaitu varietas Petek. Jumlah populasi setiap bloknya yaitu, pada blok A berjumlah 309 tanaman kedelai, blok B berjumlah 313 tanaman, dan pada blok C 350 tanaman.

2. Sifat Tanah Mediteran Simo, Boyolali

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh macam-macam faktor diantaranya ialah: Suhu, udara, matahari, air dan unsur-unsur hara tanah. Unsur komponen tanah yang diamati yaitu sifat biologi dan kimia. Komponen biologi merupakan komponen mikroorganisme kompleks yang berada di tanah sedangkan komponen kimia merupakan komponen unsur-unsur yang terkandung dalam tanah. Komponen kimia berperan penting dalam menentukan sifat dan ciri tanah. Beberapa sifat kimia tanah berupa derajat keasaman (pH), C organik, N-Total, dan C/N ratio. Dari sampel tanah Mediteran Simo, Boyolali sehingga diperoleh data yang tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan laboratorium Kl-kl, Bo, N, C/N, dan pH di Tanah Mediteran Simo, Boyolali

Blok	BO	N	C/N	pH
A	0,80 %	0,33 %	1,36 %	7,6
B	1,51 %	0,79 %	1,11 %	7,7
C	1,96 %	2,78 %	0,40 %	7,6
Rerata	1,42 %	1,30 %	0,96 %	7,6

b. Kandungan bahan organik tanah

Bahan organik tanah adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu kompleks yang dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman atau binatang yang terdapat dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika dan kimia (Kononova, 1961). Bahan organik mencakup semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan, baik yang hidup maupun yang sudah mati pada bagian tahapan dekomposisi.

Bahan organik lebih mengacu pada bahan sisa (tanaman dan tumbuhan) yang mengalami perombakan atau dekomposisi baik sebagian maupun keseluruhan. Pengukuran kandungan bahan organik dengan metode *walkey and black* yaitu dengan ditentukannya berdasarkan kandungan C. Hasil perhitungan kandungan bahan organik pada tanah Mediteran di Simo, Boyolali dapat di lihat pada tabel 1 yaitu, tanah Mediteran di Simo Boyolali memiliki kandungan bahan organik dengan rerata 1,42 %, jika jika dilihat pada pendapat Bohn *et al* (1979) yakni kandungan bahan organik tanah sangat beragam, berkisaran antara 0,5%-5% pada tanah-tanah mineral, kandungan bahan organik dikelompokkan berdasarkan kandungannya, sangat rendah apabila berkisaran antara < 1,72%, rendah 2,1%, sedang 3,4%-5,1%, tinggi 6,0%, dan sangat tinggi > 8,6%. Bahan organik berperan sebagai granulator yaitu memperbaiki struktur tanah. Menurut

Arsyad (1989) peranan bahan organik dalam pembentukan agregat yang stabil terjadi karena tanah mudah untuk membentuk kompleks dengan bahan organik, selain itu Bahan organik juga dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah diantaranya jamur dan cendawan, bahan organik digunakan sebagai penyusun tubuh dan sumber energi. *Miselia* atau hifa cendawan tersebut mampu menyatukan butir tanah menjadi agregat sedangkan bakteri berfungsi sebagai penyatu agregat. Kondisi kandungan bahan organik yang rendah dapat dipengaruhi dari berbagai faktor, diduga salah satu faktor yang mempengaruhi adalah sejarah tanah, tanah Mediteran di daerah Simo, Boyolali selalu ditanami padi dengan menggunakan pupuk kimia.

a. Kandungan Nitrogen (N)

Nitrogen memberikan pengaruh besar terhadap perkembangan pertumbuhan. Fungsi N adalah memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman dan pembentukan protein. Gejala-gejala kebanyakan unsur N adalah memperlambat kematangan tanaman, batang lemah dan mudah roboh, dan mengurangi daya tahan terhadap penyakit (Hardjowigeno, 2003).

Nitrogen tanah berasal dari bahan organik tanah, pengikatan N di udara oleh *Rhizobium* sp yang bersimbiosis dengan tanaman, *Azotobacter*, atau penambahan pupuk N. Apabila kandungan N yang terkandung dalam tanah berbentuk NO_3 , maka akan mudah tercuci oleh air hujan, sehingga apabila terlalu banyak hujan maka N akan yang terkandung dalam tanah akan rendah (Hardjowigeno, 2003). Kriteria N dalam tanah berdasarkan standar Internasional yaitu <0,1 termasuk kriteria sangat rendah, 0,1-0,21 berkriteria rendah, 0,22-0,51

berkriteria sedang, 0,52-0,75 berkriteria tinggi sedangkan $>0,75$ termasuk kedalam kriteria sangat tinggi (Hardjowigeno, 2003). Pada hasil analisis tanah Mediteran di Simo, Boyolali memiliki kandungan Nitrogen dengan rerata 1,3 % (tabel 1). Jika dibandingkan pada kriteria kandungan N Standar Internasional maka tanah tersebut termasuk kedalam kriteria tanah yang memiliki kandungan N sangat tinggi. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai N yaitu bahan organik, menurut Kemas (2005) jika bahan organik tinggi maka kandungan N akan tinggi, begitu pula sebaliknya. Namun hal ini tidak sesuai dengan kondisi pada tanah Mediteran Simo, Boyolali karena pada kandungan bahan organik sedang, sedangkan kandungan N tinggi (tabel 1). kandungan N yang tinggi dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah tersebut. Tanah Mediteran Simo, Boyolali memiliki tekstur yang sedikit liat sehingga unsur yang berada di tanah tidak mudah terlindi dan tertahan di tanah, selain itu juga dilihat dari sejarah pratanam yang selama ini selalu ditanami padi dan kondisi tanah selalu di memberikan penambahan unsur N pada pemupukan, sehingga N dalam tanah menumpuk. Hal ini juga yang dapat memengaruhi tanah sehingga tanah menjadi bongkahan yang keras.

b. Kandungan C/N Ratio

Kandungan C/N Ratio adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas bahan organik. Bahan organik yang masih mentah maka ditunjukkan dengan nisbah N/C tinggi. C/N digunakan untuk penanda kemudahan perombakan bahan organik dan kegiatan jasad renik. Jika kadar C/N tinggi berarti ketersediaan C sebagai sumber energi berlebihan menurut bandingan dengan

ketersediaan N. Apabila ketersediaan karbon terbatas (kadar C/N terlalu rendah) maka akan kekurangan senyawa sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan mikroorganisme untuk mengikat Nitrogen bebas. Pada tabel 1 dapat dilihat kadar C/N pada tanah Mediteran di Simo, Boyolali yaitu dengan rerata 0,96 %. Menurut Hardjowigeno (2003) kondisi C/N dengan kadar kecil dari 5 maka masuk kepada kriteria sangat rendah. Jika dibandingkan hasil analisis Hardjowigeno (2003), dengan hasil analisis tanah Mediteran di Simo, Boyolali maka tanah tersebut masuk pada kriteria N/C rendah. Hal ini selaras karena kandungan N total yang sangat tinggi yaitu 1,3 %

c. pH Tanah

pH tanah sangat berpengaruh dalam pertumbuhan tanaman, seperti ketersediaan unsur hara. Reaksi tanah menunjukkan derajat keasaman dan kealkalisan tanah dinyatakan dalam pH. pH menunjukkan banyaknya konsentrasi H di dalam tanah. Jika kadar ion H^+ maka akan semakin asam tanah tersebut, sedangkan jika OH^- ketika kandungan H^+ tinggi maka tanah tersebut mempunyai tingkat keasaman yang tinggi, selain H^+ juga terdapat OH^- di tanah yang jumlahnya berbanding terbalik dengan H^+ . Pada tanah masam jumlah ion H^+ lebih tinggi dari pada OH^- , sedangkan pada tanah alkalis jumlah ion OH^- yang lebih tinggi dari pada H^+ , dan pada kondisi netral kedua ion tersebut mempunyai komposisi jumlah yang sama. Rerata pH pada tanah Mediteran di Simo, Boyolali 7,6 dikategorikan agak basa. Kondisi tanah yang agak basa ini akan berpengaruh pada daya serap tanaman sehingga tanaman sulit untuk menyerap unsur hara. Menurut Suharno (2014) budidaya Kedelai dilakukan pada kondisi tanah dengan

pH netral 5,5-6,5, selain dari kondisi tanaman hal ini juga berkaitan dengan kondisi tanamn yang bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sp. Menurut Danu dan Hanafiah (2015) *Rhizobium* sp tidak dapat hidup pada pH lebih kecil dari 4,3 karena bakteri ini peka terhadap keasaman. Menurut Danu dkk (2015) tanaman kedelai sebaiknya dibudidayakan pada pH <5,0 agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam pertumbuhan dan produksi tanaman pada setiap jenis varietas kedelai. Jika dibandingkan dari referensi tanah Mediteran memiliki pH yang cukup tinggi dibandingkan dengan kondisi pH standar untuk hidup tanaman kedelai sehingga dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik.

a. Hasil Kadar lengas tanah

Lengas tanah merupakan fase cair pada tanah. Tanah memiliki kemampuan menyerap dan menahan air, keberadaan lengas tanah dipengaruhi oleh pengikat spesifik yang berhubungan dengan tekanan air. Pemenuhan air bagi tanaman tergantung pada ketersediaan air di wilayah sekitar perakaran. Kadar lengas tanah pada kondisi dilapangan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kadar Lengas Tanah Mediteran Simo, Boyolali

Blok	Lapisan 1 (0-10 cm)	Lapisan 2 (10-20 cm)	Lapisan 3 (20-30 cm)	Rearata
A	15,01 %	18,39 %	26,93 %	20,11 %
B	7,12 %	14, 61 %	25,39 %	16,25 %
C	8,94 %	19,97 %	29,33 %	19,41 %
Rerata	10,35 %	19,18 %	27,21 %	18,92 %

Pengukuran kadar lengas tanah Mediteran di Simo, Boyolali dilakukan dengan pengambilan sampel pada setiap Bloknnya per 3 lapisan (Lampiran VII).

Pengukuran Kadar lengas kapasitas lapang guna untuk mengetahui ketersediaan air pada tanah, yang untuk mengetahui keadaan air normal. Kondisi normal pada tanah yaitu kondisi unsur makro terisi air dan mikro terisi udara.

Kondisi kadar lengas berpengaruh pada kondisi perakaran memberikan efek pada kesuburan tanaman, karena kadar lengas merupakan kemampuan tanah mengikat partikel air dalam tanah. Dari tabel 2 dapat dilihat rerata kadar lengas pada setiap blok per lapisannya, kondisi kadar lengas pada lapisan 0-10 cm memiliki kadar lengas 10,35% , lapisan 10-20 cm yaitu 17,65 %, dan 20-30 cm yaitu 27,21 %. Kadar lengas terbesar dimiliki oleh lapisan 20-30 cm. Hal ini kemungkinan dipengaruhi dari kondisi tanah yang kering dan kemarau sehingga pada lapisan atas terjadi penguapan yang besar sehingga pada lapisan atas kadar lengas yang dimiliki kecil yaitu 10,35%.

Untuk mengetahui seberapa air yang harus tersedia di tanah dan kondisi air yang tersedia di lapangan maka perlu mengetahui kadar lengas kapasitas lapang, kadar lengas kondisi lapangan, dan kadar lengas kering angin, data dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Kadar Lengas Tanah Mediteran

Blok	Kl-KL	KL dilapangan	Kl-Ka	Air tersedia(teori) Kl-kl – Kl-ka	Air tersedia (kondisi lapangan) KL lapangan – K-Ka
A	34,48%	20,11%	20,05%	14,43%	0,06%
B	38,80%	16,26%	13,80%	25,00%	2,46%
C	31,33%	19,41%	17,00%	14,33%	2,41%
Rerata	34,87%	18,92%	16,95%	17,92%	1,97%

Jika dilihat pada tabel 3 kondisi kadar lengas kondisi di lapangan 18,92% dan pada ketersediaan airnya yaitu 1,97% pada tanah Mediteran Simo, Boyolali ini memiliki kondisi ketersediaan air yang sangat kecil karena dari kemampuan mengikat air dan kondisi air pada kapasitas lapang yaitu memiliki kemampuan tersedia yaitu 17,92%. Perbandingan pada kondisi air tersedia dengan kondisi air di lapangan sangat tinggi, maka dapat disimpulkan kondisi tanah mengalami cekaman yang tinggi karena hanya mampu memenuhi kurang dari satu persennya saja. Jika dihubungkan dengan tanaman kondisi tanaman berada pada kondisi kritis karena rerata panjang perakaran hanya mampu mencapai 0-11 cm sedangkan kondisi kadar lengas terbesar pada kedalaman 20-30 cm. Hal ini memberikan efek pada kondisi pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai tersebut kurang optimal karena penyerapan hara tergantung pada kondisi perakaran. Namun kedelai tetap masih bertahan hidup dan berbuah dan baik, hal ini diduga adanya peranan dari *rhizobakteri* dan mikoriza sehingga tanaman kedelai dapat bertahan hidup.

B. Karakterisasi *Rhizobium* sp, *Rhizobakteri* dan Mikoriza

1. *Rhizobium* sp.

Rhizobium sp. berasal dari dua kata yaitu *Rhizo* yang artinya akar dan *bios* yang berarti hidup. *Rhizobium* sp. adalah bakteri yang bersifat aerob, bentuk batang, koloninya berwarna putih berbentuk sirkulasi, merupakan penghambat nitrogen yang hidup di dalam tanah dan berasosiasi simbiotik dengan sel akar legume, bersifat host spesifik satu spesies *Rhizobium* sp. cenderung membentuk

nodul akar pada satu spesies tanaman legume saja. Bakteri *Rhizobium* sp. adalah organotrof, aerob, tidak berspora, pleomorf, gram negatif dan berbentuk batang.

a. Karakterisasi Nodul akar kedelai Petek Simo, Boyolali

Nodul akar merupakan organ simbiosis yang mampu melakukan fiksasi N₂ dari udara, sehingga nitrogen yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh tanaman *leguminosa*. Sumber nodul akar diperoleh dari akar kedelai Petek yang tumbuh di daerah Simo, Boyolali. Aktivitas Nodulasi dapat diamati berdasarkan: Sebaran nodul, jumlah Nodul, diameter nodul, berat nodul, dan bentuk nodul. Berikut sebaran nodul jumlah nodul, diameter nodul, berat nodul dan bentuk nodul tersaji pada tabel 4.

Tabel 4. Nodul Akar Tanaman Kedelai Petek di Simo, Boyolali pada tanah Mediteran

Blok	Sebaran	Jumlah Nodul	Diameter nodul (cm)	Berat Nodul (gram)	Bentuk Nodul
Nodul Blok A	Akar pokok	4,7	0,06-0,15	0,07	<i>Irregular</i>
Nodul Blok B	Akar pokok	3,8	0,03-0,36	0,28	<i>Irregular</i>
Nodul Blok C	Akar pokok	6,67	0,09-0,44	0,08	<i>Irregular</i>
Rerata	Akar pokok	5,06	0,09-0,15	0,14	<i>Irregular</i>

1. Sebaran Nodul

Dari tabel 4, dapat dilihat sebaran nodul akar kedelai varietas Petek di tanah Mediteran Simo, Boyolali, terdapat di akar pokok. Sebaran nodul akar menunjukkan letak terbentuknya nodul akar yang ada dalam sistem perakaran kedelai. Sebaran nodul akar menunjukkan letak terbentuknya nodul akar yang ada

dalam sistem perakaran kedelai, pengamatan sebaran nodul dilakukan dengan mengambil gambar akar yang terdapat di akar primer maupun di akar sekunder. Gambar sebaran nodul akar kedelai dapat dilihat pada gambar 2 yang menunjukkan nodul akar terdapat di akar primer dan sekunder, nodul akar terlihat paling banyak berada pada akar primer yaitu pada pangkal akar.



Gambar 2. Sebaran Nodul Akar kedelai Petek Simo, Boyolali

2. Jumlah Nodul

Pada tabel 4 Jumlah nodul *Rhizobium* sp di tanah Mediteran Simo Boyolali memiliki jumlah nodul dengan rata-rata pada setiap tanamannya sebanyak 5,6 buah. Nodul pada penelitian Noveta (2007), kedelai memiliki jumlah nodul 16,89 buah sedangkan pada penelitian Solihin (2006) dalam Noveta (2007), menunjukkan bahwa jumlah nodul dengan inokulasi sebesar 40-60 buah nodul. Jumlah nodul pada akar kedelai Petek di Simo, Boyolali memiliki perbandingan yang lebih sedikit dari pada penelitian Noveta (2007) dan Solihin (2006) dalam Noveta (2007) yaitu, 5,6 buah nodul. Hal ini diduga dipengaruhi dari kondisi lingkungan yang kurang mendukung yaitu kondisi kedelai yang tercekam kekeringan dan kondisi tanah mediteran yang keras dengan konsentrasi pH yang tinggi yaitu 7,6 sehingga pada perkembangan dan pembentukan nodul rendah. Perkembangan nodul akan baik jika dalam kondisi air yang cukup, menurut Danu dkk. (2015) peningkatan pH akan meningkatkan jumlah pembintilan

dan pH dengan hasil pembintilan yang lebih besar pada tanaman kedelai adalah 6,8 pada varietas Detam 1 dan efektifitas pemfiksasian yang tinggi dibandingkan varietas lain.

Selain itu kondisi pola tanaman pada lahan tersebut juga diduga mempengaruhi perkembangan perbintilan karena menurut Panday (1994) dalam Suharno (2014) kondisi tanah yang sebelumnya telah ditanami kedelai akan memiliki populasi *Rhizobium* sp. yang lebih tinggi yaitu 5-30 bintil/tanaman. Sedangkan tanah yang sebelumnya tidak ditanami kedelai akan memiliki pembintilan 1-10 bintil/tanaman. Kondisi pola tanamn di tanah Meditera Simo, Boyolali yaitu Padi-Padi-Kedelai sehingga tanah tersebut telah memiliki riwayat ditanami kedelai sebelumnya..

3. Diameter Nodul

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dalam satuan sentimeter. Rerata diameter nodul pada tabel 4 menunjukkan antara 0,09-0,15 cm. Diameter nodul berkaitan dengan aktivitas *Rhizobium* sp, jika nodul semakin aktif maka akan semakin besar nodul yang terbentuk. Hasil penelitian Noveta (2007) diameter nodul dengan perlakuan menggunakan serbuk gergaji dan macam pengemas yaitu 0,18 cm dan 0,21 cm. jika dibandingkan terdapat perbedaan antara penelitian Noveta dan kedelai di Simo, Boyolali. Hal ini diduga karena pengaruh dari perlakuan selain itu kondisi tanah Mediteran yang berada pada cekaman kekeringan dan pH tanah yang tinggi yaitu 7,6. Hasil penelitian Danu dkk. (2015) menyatakan peningkatan pH akan mempegaruhi diameter nodul yaitu pada pH 6,8 memiliki diameter nodul 0,71. Sedangkan pada perkembangan nodul

di tanah Mediteran di Simo, Boyolali yang memiliki pH yang tinggi yaitu 7,6 namun diameter nodul yang dimiliki yaitu 0,009-0,15. Perbedaan ini diduga dipengaruhi kondisi tanah yang memiliki pH yang agak basa yaitu 7,6 dan memiliki kadar lengas yang tinggi dan berada pada cekaman kekekringan karena memiliki ketersediaan air 1,97% dari 17,92%, sehingga nodul terhambat pada perkembangannya.

4. Berat Nodul

Berat nodul dipengaruhi oleh jumlah dan diameter nodul. Semakin besar jumlah dan diameter nodul maka nodul akan semakin berat. Berat nodul yang dimiliki pada kedelai di tanah Mediteran Simo, Boyolali dengan rerata $\pm 0,14$ gram, dengan bentuk *irregular* (tidak beraturan). Nodul pada kedelai Petek di Simo, memiliki kondisi nodul yang banyak namun kecil-kecil. Menurut Panday (1994) dalam Suharno (2014) Nodul akan berkembang baik dan aktif jika kondisi air terpenuhi, tanah tidak terlalu asam atau basa pH antara 5,5 dan 6,5, tanah serta mengandung unsur hara yang cukup. Kondisi tanah di Simo, sangat kering air tersedia hanya pada saat tanam sampai umur 2 minggu setelah tanam serta memiliki konsentrasi pH yang agak basa yaitu 7,6. Hal ini diduga yang mempengaruhi kondisi nodul, karena perkembangan nodul dapat berkembang dengan baik apabila dalam kondisi kebutuhan air terpenuhi serta konsentrasi pH 5,5-6,5 sehingga nodul *Rhizobium* sp. pada kedelai Petek di Simo memiliki jumlah nodul yang banyak namun berat nodul hanya $\pm 0,14$. Selain itu kondisi kadar lengas yang tinggi dan dengan cekaman yang tinggi yang mana tanah

Mediteran hanya memenuhi 1,97% dari 17,92% juga memengaruhi perkembangan nodul.

b. Karakterisasi Koloni *Rhizobium* sp

Untuk dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasi suatu mikroorganisme maka harus mempelajari karakteristiknya terlebih dahulu. Karakteristik berdasarkan berdasarkan bentuk koloni, diameter koloni, serta warna koloni, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. *Rhizobium* sp Hasil Pengamatan Berdasarkan Bentuk koloni, Diameter, dan Warna

No	Nama Bakteri	Bentuk koloni	Diameter koloni (cm)	Warna koloni
1	R1	<i>Circular</i>	0,1-0,3	Pink Coklat tengah
2	R2	<i>Circular</i>	<0,1	Pink titik
3	R3	<i>Irregular</i>	0,1-0,3	Pink Bunga semu
4	R4	<i>Myceloyd</i>	0,3	pink pucat
5	R5	<i>Circular</i>	0,3-0,5	pink transparent
6	R6	<i>Circular</i>	0,3	Pink jelas
7	R7	<i>Culed</i>	0,5	Pink jelas
8	R8	<i>Circular</i>	0,3	Pink coklat
9	R9	<i>Circular</i>	0,3	Pink salm Pink mengkilat
10	R10	<i>Circular</i>	0,3-0,5	transparan
11	R11	<i>Circular</i>	0,3	pink pucat
12	R12	<i>Irregular</i>	0,3	Pink
13	R13	<i>Irregular</i>	0,1-0,2	Pink putih
14	R14	<i>Rhizoid</i>	0,1-0,2	pink
15	R15	<i>Irregular</i>	0,1-0,8	Pink zona
16	R16	<i>Irregular</i>	0,3	pink bunga
17	R17	<i>Irregular</i>	0,2-0,3	Pink bunga zona
18	R18	<i>Circular</i>	0,3	Pink titik tengah

Isolasi dilakukan dengan mengambil nodul dari akar kedelai di tanah Mediteran Simo, Boyolali. Pengamatan dilakukan berdasarkan bentuk, diameter

dan warna maka ditemukan 18 isolat dapat dilihat pada tabel yang bersumber dari sampel blok A, B dan C (Lampiran II).

Hasil pengamatan bentuk koloni dari nodul akar kedelai di Simo, Boyolali yaitu berbentuk *Circular*, *Culed* dan *Irregular*, dengan warna dan diameter berbeda-beda. Untuk memastikan isolat pada tabel 5 benar-benar isolat *Rhizobium* sp. maka dilanjutkan dengan uji sel yaitu berdasarkan bentuk dan sifat gram sehingga hasil cat grap tersaji pada tabel 6.

Tabel 6. Sifat gram dan bentuk sel isolat *Rhizobium* sp. pada kedelai Petek di tanah Mediteran Simo Boyolali

Nama Sampel	Ulangan 1		Ulangan 2	
	Sifat Gram	Bentuk sel	Sifat Gram	Bentuk sel
R1	Negatif	Kokus	Negatif	Kokus
R4	Negatif	Kokus	Negatif	Kokus
R5	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R6	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R7	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R8	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R9	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R10	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R12	Positif	Kokus	Positif	Kokus
R13	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R14	Negatif	Basil	Negatif	Basil
R15	Negatif	Kokus	Negatif	Kokus
R17	Negatif	Kokus	Negatif	Kokus
R18	Negatif	Kokus	Negatif	Kokus

Hasil cat gram pada tabel 6 menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap isolatnya, negatif kokus, negatif basil dan positif kokus. Berdasarkan *Bergey's manual of Determinative Bacteriology* oleh Jhon G. Holt *et. al* (1994) Sifat sel *Rhizobium* sp. yaitu negatif dan berbentuk batang, hal yang sama dikemukakan

oleh Pelczar dan Chan (1988) secara umum sel-sel bakteri *Rhizobium* sp. berbentuk batang, aerobik dan bersifat gram negatif. Jika dibandingkan pada hasil cat gram pada isolat *Rhizobium* sp. pada tanah Mediteran Simo, Boyolali yang termasuk ke dalam *Rhizobium* sp. hanya 8 isolat yaitu yang memiliki bentuk sel batang dan bersifat negatif yaitu R5, R6, R7, R8, R9, R10, R13, dan R14.

Selanjutnya pengamatan secara mikroskopis yang mengamati berdasarkan Elevasi koloni, bentuk tepi dan struktur dalam. Hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel 7.

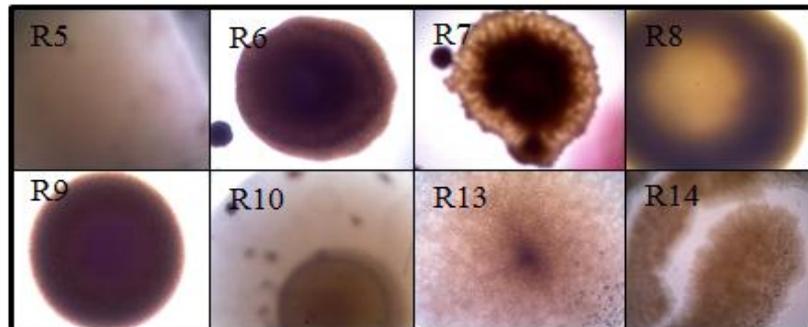
Tabel 7. Deskripsi Isolat *Rhizobium* sp, di Tanah Mediteran Simo, Boyolali

Nama Bakteri	Elevasi	Bentuk Tepi	Struktur dalam
R5	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Transparent</i>
R6	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Coarsely granular</i>
R7	<i>Umbonate</i>	<i>Crenate</i>	<i>Arborescent</i>
R8	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Translucent</i>
R9	<i>Effuse</i>	<i>Lobate</i>	<i>Coarsely granular</i>
R10	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Transparent</i>
R13	<i>Conuex Rugose</i>	<i>Ramose</i>	<i>Filamentous</i>
R14	<i>Conuex Papillate</i>	<i>Undulate</i>	<i>Finely granular</i>

Kedelapan isolat mempunyai kesamaan bentuk koloni (*Circular*). Elevansi lima dari delapan bakteri tersebut yaitu berbentuk tipis dan rata (*Effuse*), sedangkan yang lainnya bergelombang (*Umbulate*), berkert dan berlipat (*Regose*), dan cembung (*Conuex Papillate*). Menurut Elkan (1987), bentuk elevasi *Rhizobium* sp. secara umum berbentuk datar (*Plate*), Cembung (*Conuex*), dan Krucut (*Pulvinate*).

Struktur dalam dari *Rhizobium* sp. pada kedelai Petek di tanah Mediteran Simo, Boyolali yakni: Tiga dari delapan isolat yang ditemukan berbentuk

(*Translucent*), dua berbentuk (*Coarsely granula*), dan tiga lainnya berbentuk (*Arborescent*), (*Filamentous*), dan (*Finely granular*).



Gambar 3. Delapan Isolat *Rhizobium* sp. pada kedelai Petek di tanah Mediteran Simo, Boyolali

Struktur dalam *Rhizobium* sp. secara umum menurut Elkan (1987) adalah tidak dapat ditembus cahaya (*Opaque*), dan (*Translucent*). Sedangkan hasil penelitian Dwi (2005) Struktur dalam isolat *Rhizobium* sp. yang terdapat di kedelai Edamame memiliki (*Arborescent*) dan (*Finely granular*). Hal ini menunjukkan terdapat beberapa isolat *Rhizobium* sp. kedelai Petek yang terdapat di Simo Boyolali, dengan hasil penelitian Elkan dan Dwi, namun ada beberapa isolat yang berbeda yaitu (*Coarsely granula*) dan (*Filamentous*). Perbedaan ini kemungkinan disebabkan strain isolat *Rhizobium* sp. pada kedelai Petek yang hidup di Simo, Boyolali berbeda dengan strain *Rhizobium* sp. yang telah diteliti oleh Elkan dan Dwi serta menunjukkan karakteristik khusus dari kedelai varietas Petek di tanah Mediteran dengan cekaman kekeringan. Kedelai Petek di Simo meskipun dalam kondisi yang ekstrim karena memiliki pH yang agak basa yaitu 7,6 serta kondisi air yang tersedia sangat rendah dari pada kondisi air kapasitas lapang, namun kedelai tetap bisa tumbuh dan hidup sampai pemanenan dan

menghasilkan. Hal ini berpengaruh dengan adanya peranan *Rhizobium* sp. di tanah Mediteran Simo, Boyolali dibuktikan dengan ditemukannya 8 isolat *Rhizobium* sp. Berdasarkan sejarah tanam di lahan Mediteran, Simo, Boyolali yaitu dengan siklus padi-padi-kedelai hal ini diduga sebagai sumber dari mana *Rhizobium* sp. berasal.

2. *Rhizobakteri* Osmotoleran

Pada penelitian ini *Rhizobakteri* diambil dari akar kedelai yang hidup di tanah Mediteran, Simo, Boyolali yang mana pada lahan tersebut ditanami padi sebelumnya. Isolasi dilakukan dengan menggunakan media spesifik LBA dengan cekaman NaCl, diawali dari uji *screening* dengan cekaman NaCl 1 M, 1,5 M, 1,75 dan 2 M. Sampel yang disolasikan yaitu sampel A1,A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 dengan cekaman NaCl 2 M. Hasil solasi dan karakterisasi pada awal berdasarkan bentuk koloni, warna dan diameter ditemukan 7 isolat yang berbeda yang tumbuh pada waktu 48 jam, yang diberi kode Rb1, Rb2, Rb3, Rb4, Rb5, Rb6, Rb7 yang tumbuh pada sampel A1, A3, A5, A6, A7, A9, B2, B3, B6, C2. Selanjutnya pada 120 jam tumbuh 4 isolat, yang diberi kode Rb8, Rb9, Rb10, Rb11 yang bersumber dari sampel A2, B5, B7, C5, C6, dan C10. Pada usia 168 jam pertumbuhan bakteri masih ada pada sampel namun dengan bakteri yang sama dengan 11 bakteri yang sudah ada. Dalam hal ini masih ada beberapa sampel yang belum tumbuh pada cekaman NaCl 2 M sehingga konsentrasi diturunkan menjadi 1,75 dan ternyata dapat tumbuh namun bakteri yang tumbuh tidak berbeda dengan bakteri yang didapatkan. Jadi didapatkan 11 isolat yang berbeda

pada tahapan pengamatan berdasarkan bentuk koloni, diameter, dan warna (Lampiran III).

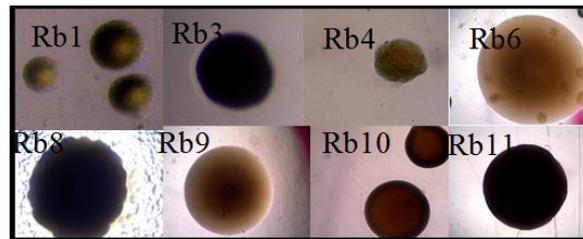
Tabel 8. Delapan Isolat *Rhizobakteri* pada cekaman 2 M

No	Nama Bakteri	Bentuk	Diameter	Warna	Lendir
1	Rb.1	<i>Circular</i>	< 0,1 cm	Putih cream pekat	+
2	Rb.2	<i>Circular</i>	0,1 cm	Putih cream pekat	+
3	Rb.3	<i>Circular</i>	0,2 cm	putih	+
4	Rb.4	<i>Circular</i>	0,1 cm	putih cream	+
5	Rb.5	<i>Circular</i>	0,3 cm	putih cream	+
6	Rb.6	<i>Irregular</i>	0,3 cm	putih cream	+
7	Rb.7	<i>Circular</i>	0,1 cm	Putih susu	+
8	Rb.8	<i>Circular</i>	0,1 cm	Putih susu	+
9	Rb.9	<i>Circular</i>	0,1 cm	Putih susu	+
10	Rb.10	<i>Circular</i>	0,1 cm	Putih Cream	+
11	Rb.11	<i>Circular</i>	0,1 cm	Putih	+

Bentuk koloni pada isolat *Rhizobakteri* di tanah Mediteran Simo, Boyolali yaitu berbentuk *Circular* dan *Irregular*, sedangkan diameternya memiliki ukuran yang berbeda-beda dapat dilihat pada lampiran III. Untuk warna koloni yaitu Putih krem pekat, Putih krem, Putih dan Putih susu hal ini sesuai dengan pendapat Holt, *et. al.* (1994) bahwa *Rhizobakteri* memiliki warna yaitu Putih atau kuning, pada hasil pengamatan *Rhizobakteri* memiliki warna putih krem pekat, putih krem, putih dan putih susu. Hal ini menunjukkan ada beberapa strain *Rhizobakteri*.

Selanjutnya pengamatan secara morfologis mikroskopis yaitu berdasarkan elevasi, bentuk tepi, dan struktur dalam maka dari 13 isolat didapatkan hanya 8

isolat yang berbeda. Untuk visualisasi dapat dilihat pada gambar 4 sedangkan deskripsi 8 isolat *Rhizobakteri* disajikan pada tabel 6.



Gambar 4. Delapan isolat *Rhizobakteri* tanah Mediteran di Simo, Boyolali

Tabel 9. Deskripsi 8 isolat *Rhizobakteri* secara morfologis Mikroskopis

No	Nama Bakteri	Elevasi	Bentuk Tepi	Struktur dalam
1	Rb1	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Opaque</i>
2	Rb3	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Opaque</i>
3	Rb4	<i>Raised with Concave Bevelfed edge</i>	<i>Csiliate</i>	<i>Wavy enteriaced</i>
4	Rb6	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Trnslucent</i>
5	Rb8	<i>Umbonate</i>	<i>Undulate</i>	<i>Opaque</i>
6	Rb9	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Coarsely granular</i>
7	Rb10	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Translucent</i>
8	Rb11	<i>Effuse</i>	<i>Entire</i>	<i>Opaque</i>

Dari tabel 9, dapat dilihat koloni *Rhizobakteri* memiliki bentuk elevasi yaitu enam dari delapan berbentuk (*Effuse*), sedangkan dua lainnya berbentuk (*Umbonate*), dan (*Raised with Concave Bevelfed edge*), dan bentuk tepi (*Entire*) namun dari keenam isolat tersebut berbeda dalam struktur dalam yaitu (*Opaque*, *Wavy enteriaced*, *Trnslucent*, *Coarsely granular*).

Selanjutnya adalah pengamatan berdasarkan bentuk dan sifat gram sel. Karakterisasi sel dilakukan dengan cara pengecatan garm, yang mana organisme yang dapat menahan kompleks pewarna primer ungu kristal iodium sampai pada akhir prosedur (sel-sel tampak biru gelap atau ungu) disebut gram positif sedangkan organisme yang kehilangan kompleks warna ungu kristal pada pembilasan, dan terwarnai dengan safranin sehingga sel nampak merah disebut gram negatif (Hadioetomo dan Ratnasari, 1985).

Dari delapan isolat hasil pengamatan dilakukan karakterisasi sel meliputi bentuk sel dan sifat sel, yang tersaji dalam tabel 9.

Tabel 10. Deskripsi Karakterisasi Sel Isolat *Rhizobakteri* pada Kedelai Petek di Tanah Mediteran Simo Boyolali

No	Nama Sampel	Sifat gram	Bentuk
1	RB.1	Negatif	Kokus
2	RB.3	Negatif	Kokus
3	RB.4	Negatif	Kokus
4	RB.6	Negatif	Kokus
5	RB.8	Negatif	Kokus
6	RB.9	Negatif	Kokus
7	RB.10	Negatif	Kokus
8	RB.11	Negatif	Kokus

Tabel 10, menunjukkan bahwa kedelapan isolat memiliki bentuk sel kokus dan bersifat gram negatif dengan ditunjukkan warna merah. Menurut Jhon G. Holt *et. al.*(1994) beberapa genus dari *Rhizobakteri* memiliki bentuk batang atau basil, lurus, batang sedikit bengkok, kokus, dan *pulmp Vibrioid*. Genus *Rhizobakteri* yang memiliki sifat gram negatif dan berbentuk kokus yaitu, dari genus *Azotobacter* dan *Acetobakter*. Dari kedua genus tersebut yang dapat bertahan

dengan pH yang tinggi yaitu dari genus *Azotobacter* dapat tumbuh dengan pH antara 4,8-8,5 sedangkan *Acetobacter* pH optimumnya yaitu antara 5,4-6,3.

Jika dibandingkan antara hasil pengamatan isolat di tanah Meditera Simo, Boyolali dan pendapat Jhon, G. Holt *et. al.* merupakan ciri-ciri dari *Rhizobakteri* dengan genus *Azotobacter* karena memiliki kesamaan gram dan bentuk sel dan tumbuh dengan pH optimum yaitu antara 4,8-8,5 yang mana kondisi tanah Mediteran di Simo, Boyolali memiliki pH 7,6.

Dari hasil pengamatan delapan isolat *Rhizobakteri* memiliki sel yang berbentuk kokus dan memiliki sifat gram negatif namun memiliki diameter, warna, struktur dalam, bentuk tepi dan elevasi yang berbeda-beda.

Hasil Penelitian Agung-Astuti (2012) yaitu isolat *Rhizobacteri indigenus* lahan pasir vulkanik Merapi memiliki sifat gram negatif, dengan bentuk *Bacill* dan *Coccus*, selain itu juga pada hasil penelitian Erma (2013) sifat gram *Rhizobateri* bersifat negatif dan memiliki bentuk yang kokus dan basil. Hal ini sesuai dengan pengamatan pada *Rhizobakteri* yang bersumber dari tanah Mediteran Simo, Boyolali memiliki bentuk sel kokus dan bersifat negatif.

Terdapat kemiripan antara hasil penelitian *Rhizobacteri indigenus* lahan pasir vulkanik Merapi yang tahan terhadap cekaman hingga $< 2,25$ M bersifat osmotoleran, dengan tanaman kedelai di tanah Mediteran Simo, Boyolali dengan cekaman 2 M sehingga diduga *Rhizobakteri* yang ditemukan di Simo, Boyolali osmotoleran terhadap cekaman sehingga tanaman kedelai tetap hidup dan berbuah dengan baik meski dalam keadaan cekaman kekeringan. Kondisi tanah Mediteran

Simo, Boyolali selain berada pada cekaman kekeringan, pH dengan konsentrasi agak basa yaitu 7,6, serta kondisi ketersediaan air rendah yaitu 1,97 dari 17,92%, kedelai tetap tumbuh baik, ini di duga karena adanya peranan *Rhizobakteri* hal ini dibuktikan dengan ditemukannya 8 isolat *Rhizobakteri* yang tahan pada cekaman 2 M, hal ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 11. Isolat *Rhizobakteri* di tanah Mediteran Simo, Boyolali

Kode	Ø Koloni (cm)	Elevansi	Bentuk Tepi	Struktur dalam	Bentuk koloni	Warna	Lendir	Bentuk sel	gram sel
Rb1	<0,1-1	Effuse	Entire	Opaque	Circular	Putih cream pekat	+	Kokus	-
Rb3	0,1-0,2	Effuse	Entire	Opaque	Circular	Putih cream pekat	+	Kokus	-
Rb4	0,1	Raised with Concave Bevelfed edge	Csiliate	Wavy enteriaced	curled	Putih cream	+	Kokus	-
Rb6	0,1-0,2	Effuse	Entire	Trnslucent	Circular	Putih cream	+	Kokus	-
Rb8	0,1-0,2	Umbonate	Undulate	Opaque	Circular	Putih susu	+	Kokus	-
Rb9	0,1-0,2	Effuse	Entire	Coarsely granular	Circular	Putih susu	+	Kokus	-
Rb10	<0,1-0,1	Effuse	Entire	Translucent	Circular	Putih cream	+	Kokus	-
Rb11	<0,1-0,1	Effuse	Entire	Opaque	Circular	Putih	+	Kokus	-

Dari tabel 11, dapat dilihat koloni *Rhizobakteri* rata-rata berdiameter antara <0,1-0,2 cm, untuk elevasi enam dari delapan berbentuk (*Effuse*), sedangkan dua lainnya berbentuk (*Umbonate*), dan (*Raised with Concave Bevelfed edge*) juga sama dari bentuk koloni (*Circular*), dan bentuk tepi (*Entire*) namun dari keenam isolat tersebut berbeda dalam struktur dalam yaitu (*Opaque*, *Wavy enteriaced*, *Trnslucent*, *Coarsely granular*). Untuk warna koloni yaitu Putih kream pekat, Putih kream, Putih dan Putih susu.

Menurut Le Redulier *et al.*, (1984) *Rhizobakteri* merupakan salah satu bakteri yang hidup di daerah perakaran mempunyai kemampuan mensintesis senyawa osmotoleran glisin betanin.

Mekanisme asosiasi antara *Rhizobakteri* dan tanaman berlangsung di sekitar akar tanaman, yaitu sejumlah eksudat akar dalam berbagai bentuk senyawa karbon organik, akan berfungsi sebagai substrat penyokong pertumbuhan dan aktivitas hidup *Rhizobakteri*. Sedangkan *Rhizobakteri* memiliki kemampuan menghasilkan fitohormon tertentu, seperti IAA, GAA dan kemampuan memfiksasi N serta menghasilkan senyawa osmoprotektan sehingga tanaman dapat bertahan pada kondisi cekaman kekeringan

3. Mikoriza

Mikoriza bersimbiosis melalui perakaran tanaman dan secara obligat bergantung pada tanaman hidup untuk perkembangannya. Untuk membuktikan asosiasi mikoriza pada akar tanaman maka dilakukan pengamatan persentase infeksi mikoriza pada akar dan menghitung jumlah spora yang terdapat di sekitar perakaran tanaman. Pengambilan sampel akar untuk mengamati infeksi mikoriza akar yang digunakan akar sekunder.

Tabel 12. Rerata Infeksi dan Jumlah Spora Mikoriza

Blok	Rata-rata Infeksi	Rata-rata Spora Mikoriza x10 ⁶
A	21,0 %	20,23 Spora/ml
B	15,0 %	22,26 Spora/ml
C	10,0 %	18,90 Spora/ml
Rerata	15,3 %	20,46 Spora/ml

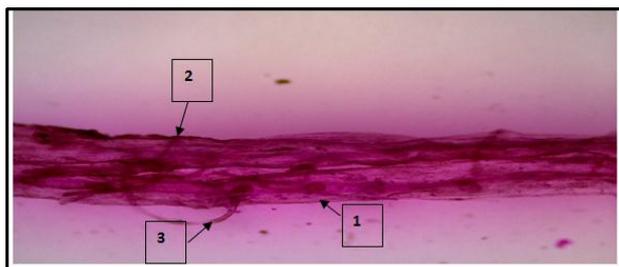
1. Infeksi Mikoriza

Kedelai Petek di Simo Boyolali, menurut tabel 10 ternyata memiliki interaksi dengan mikoriza yang ditandai dengan adanya spora yang terdapat pada tanah yang memiliki rata-rata 15,3 %. Hal tersebut diduga berasal dari tanaman yang inang yang terinfeksi. Berdasarkan penelitian Della (2013) infeksi mikoriza dapat menginfeksi 77,5% pada tanaman kedelai. Menurut Kabirun (1990), Mikoriza mempunyai peran yang sangat penting dalam peningkatan produktifitas tanaman, yaitu meningkatkan penyerapan air dan beberapa hara tanaman, menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan tanaman, dapat mengurangi cekaman tanaman oleh air, dan dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan nodulasi serta penyematan Nitrogen oleh *Rhizobium sp* pada kedelai. Selain itu hasil penelitian dari Husnul Jannah (2011) menyatakan bahwa, tanaman kedelai pada lahan kering yang diinokulasi mikoriza memberikan respon yang menguntungkan baik pada fase vegetatif maupun pada fase generatif selain itu inokulasi mikoriza juga meningkatkan vigor benih kedelai dan meningkatkan hasil biji serta kadar protein masing-masing 1,7 ton ha.

Dengan adanya infeksi yang terdapat pada kedelai Petek di Simo, Boyolali pada tabel 10 membuktikan bahwa, tanaman kedelai Petek tersebut berasosiasi dengan Mikoriza sehingga tanaman kedelai dapat bertahan hidup dan berbuah dengan baik meskipun dalam kondisi cekaman dan ketersediaan air rendah yaitu 1,97 dari kemampuan 17,92 dengan demikian mikoriza di tanah Mediteran dapat dikembangkan sehingga dapat diaplikasikan untuk budidaya kedelai pada tanah kondisi minimum air. Sehingga tanaman kedelai Petek dapat bertahan hidup

dengan kondisi cekaman, dan dapat tumbuh dengan baik sehingga meningkatkan penyerapan air dan beberapa hara tanaman seperti Cu dan Zn, terutama Fosfat karena mengandung Fosfatase, menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan tanaman, bertindak sebagai pengendali hayati patogen tanaman terbawa tanah, dapat mengurangi cekaman tanaman oleh air, kemasaman, salinitas, suhu, dan logam berat dalam tanah, dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan nodulasi serta penyematan Nitrogen oleh *Rhizobium* sp. pada kedelai.

Selanjutnya untuk mengetahui seberapa infeksi Mikoriza pada akar kedelai maka Infeksi pada akar kedelai petek yang diamati dapat dilihat pada gambar 5.



Keterangan:

1. Vesikel
2. Hifa *Internal*
3. Hifa *Eksternal*

Gambar 5. Bentuk visual Mikoriza pada akar Kedelai Petek dengan perbesaran 400 kali.

Pada gambar 5 dapat dilihat terdapat vesikel, ditandai dengan no 1 terlihat vesikel berada pada bagian dalam akar, berbentuk bulat hal ini sesuai dengan pendapat Suhardi (1990) dalam Fatmah (2003), vesikel dapat ditemukan baik di dalam maupun diluar lapisan kortikal parenkim yaitu vesikel merupakan struktur dalam mikoriza yang berbentuk bola dan ini merupakan pembekakan hifa yang terdapat didalam dan antara sel-sel korteks, jumlah vesikel akan bertambah dengan bertambah tuanya mikoriza dan tanaman.

Nomor 2 pada gambar 5 menunjukkan sebuah Hifa *Internal*, terlihat seperti benang bercabang yang berada di dalam akar. Menurut Baon (1996) dalam Fatmah (2003), karakteristik hifa internal seperti cabang pohon di dalam korteks sel, dan berfungsi untuk meningkatkan 2-3 *plasmolemma* akar berperan pembentukkan hara dan makanan antara inang dan jamur.

Hifa *Eksternal* terlihat pada gambar 5 yang ditunjukkan pada no 3, terlihat seperti benang halus yang mencuat pada akar. Hifa *Eksternal* merupakan bagian luar mikoriza yang berfungsi sebagai penetrasi ke dalam tanah, guna menyerap unsur hara kemudian ditransfer menuju arbuskul dan diberikan ke tanaman inang (Fatmah, 2003).

Infeksi pada akar dapat ditandai dengan adanya Arbuskul, Vesikel, Hifa *Internal* dan Hifa *Eksternal*. Jumlah vesikel bertambah banyak dengan semakin bertambah tuanya tanaman dan hifa *Eksternal* akan bertambah panjang dengan beriringnya waktu sehingga berfungsi untuk melakukan penetrasi ke dalam tanah guna penyerapan unsur hara.

2. Jumlah Spora Mikoriza

Selain dari persentase infeksi Mikoriza jumlah spora sangat efektif digunakan untuk mengetahui perkecambahan spora yang telah dihasilkan oleh cendawan mikoriza arbuskula. Produksi spora akan meningkat jika metabolisme tanaman cukup baik. Pada penelitian Aryan (2015) jumlah spora pada kedelai yang tidak diinokulasi Mikoriza maka spora berjumlah nol persen sedangkan kedelai yang diinokulasikan dengan Mikoriza maka terdapat jumlah spora yaitu

sejumlah 234-265 spora/100 gram tanah. Di tanah Mediteran di Simo Boyolali, memiliki asosiasi dengan Mikoriza hal ini dibuktikan dengan adanya spora Mikoriza dengan rerata Jumlah Spora Mikoriza dapat dilihat pada tabel 10 yaitu 20,46 Spora/ml dengan tanpa pemberian inokulum Mikoriza hal ini diduga Mikoriza yang menginfeksi berasal dari sejarah tanam sebelumnya.

C. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai

Pertumbuhan tanaman yang dianalisis terdiri dari 10 sampel tanaman untuk setiap bloknya, yang terdiri A, B C sehingga jumlah tanaman 30 sampel tanaman. Pertumbuhan yang diamati yaitu tinggi tanaman, berat segar tanaman, berat kering tanaman, panjang akar, berat segar akar, dan berat kering akar.

Tabel 13. Pertumbuhan Tanaman Kedelai Petek, Simo, Boyolali

Blok	Tinggi Tanaman (cm)	Berat Segar Tanaman (g)	Berat Kering Tanaman (g)	Panjang Akar (cm)	Berat Segar Akar (g)	Berat Kering Akar (g)
A	73,75	7,92	6,32	13,66	0,39	0,29
B	71,50	6,26	4,80	12,00	0,41	0,27
C	73,18	5,06	3,87	10,00	0,53	0,34
Rerata	72,81	6,41	5,00	11,89	0,44	0,30

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diamati dan diukur untuk mengetahui pertumbuhan vegetatif pada tanaman. Tinggi tanaman juga merupakan ukuran tanaman yang diamati sebagai indikator pertumbuhan (Sitompul dan Guritno, 1995). Panjang batang diukur menggunakan benang dan penggaris dari batas terbawah pertumbuhan sampai batas teratas pertumbuhan tanaman yaitu pada daun terakhir

yang tumbuh (Sastrahidayat, 2011). Gambar 6 berikut merupakan gambar tinggi tanaman kedelai di lahan dan setelah pemanenan.



Gambar 6. Tinggi Tanaman Kedelai Petek

Pada tabel 11 menunjukkan tinggi tanaman sebesar 72,81 cm. Hasil penelitian Suhartina (2005), kedelai Varietas Petek memiliki rerata tinggi tanaman 40 cm. Jika dilihat dari hasil pengamatan varietas Petek yang di tanah Mediteran Simo, Boyolali dapat dilihat terdapat selisih tinggi yaitu sebesar 32,81 cm. Menurut Sri Suryanti dkk. (2015) cekaman kekeringan pada fase vegetatif menyebabkan daun dan diameter batang mengecil, tanaman menjadi pendek dan bobot kering tanaman menjadi ringan, namun hal ini berbanding terbalik dengan hasil pengamatan tinggi tanaman kedelai Petek daerah Simo, Boyolali yang berada dalam kondisi cekaman kekeringan. Hal ini diduga adanya peranan Mikoriza yang menginfeksi pada tanaman yang memberikan efek pada pertumbuhan kedelai Petek di Simo, Boyolali. Menurut Husnul (2011) inokulasi mikoriza dapat meningkatkan tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa Mikoriza. Hal tersebut dikarenakan oleh sistem perakaran pada tanaman kedelai yang bersimbiosis dengan mikoriza lebih baik yaitu adanya hifa mikoriza yang sangat halus dan panjang dibandingkan bulu-bulu akar, sehingga

akar tanaman kedelai menyerap air dan unsur hara lebih banyak. Selain itu sistem tanam juga mempengaruhi karena di lahan ini menggunakan sistem sebar, yang mana ketika terjadi kerapatan pada setiap populasi pertanamannya, jarak tanam rapat akan memperkecil jumlah cahaya yang dapat mengenai tubuh tanaman, sehingga aktifitas auksin meningkat dan terjadilah pemanjangan sel-sel. Akibat lebih jauh terlihat pada jumlah cabang yang terbentuk. Jarak tanam rapat, kesempatan membentuk internodia/ruas menjadi berkurang karena unsur hara dan air. Kompetisi yang terjadi utamanya adalah kompetisi dalam memperoleh cahaya, unsur hara dan air. Beberapa penelitian tentang jarak tanam menunjukkan bahwa semakin rapat jarak tanam, maka semakin tinggi tanaman tersebut (Budiastuti, 2000).

2. Berat segar tanaman (g)

Berat segar menunjukkan kandungan air yang ada pada tanaman, ketika tanaman berada dalam cekaman kekeringan maka tanaman akan merespon dengan mengatur pembukaan dan penutupan stomata. Penutupan stomata akan menjadikan daun menggulung sehingga transpirasi akan berkurang dan tanaman mampu bertahan pada kondisi air yang terbatas (Mackill *et al.*, 1996 dalam Agung_Astuti, 2014). Berdasarkan perhitungan hasil pengamatan berat segar tanaman kedelai Petek di Simo, Boyolali dapat dilihat pada tabel 11 rerata berat segar tanaman kedelai Petek yaitu 6,41 gram. Kondisi ketersediaan air sangat berpengaruh bagi penyerapan unsur bagi tanaman, kedelai Petek di Simo tengah mengalami kekeringan ekstrim karena air tidak memenuhi antara kondisi air

tersedia dan air yang dibutuhkan, air hanya memenuhi 1,97% dari kemampuan 17,92% (tabel 3).

3. Berat kering tanaman (g)

Berat kering tanaman adalah berat suatu tanaman setelah melewati beberapa tahapan proses pengeringan. Berat kering tanaman menjadi salah satu parameter pertumbuhan tanaman. Berat kering tanaman mengindikasikan pola tanaman mengakumulasi produk dari proses fotosintesis, selain itu juga merupakan integrasi dengan faktor lingkungan lainnya (Anonim, 2013). Rerata berat kering tanaman kedelai Petek tersaji pada tabel 13 dapat dilihat bahwa rerata berat kering tanaman sebesar 5,00 gram. Menurut Dwijoseputro (1992) semakin tinggi berat kering menunjukkan bahwa pertumbuhan vegetatif tanaman berjalan dengan baik, apabila respirasi lebih besar dari fotosintesis, maka berat kering akan berkurang karena produksi berat kering tergantung pada penyerapan, penyinaran matahari serta pengambilan CO₂, dan air. Dengan kondisi tanaman yang berada pada cekaman kekeringan dan kemarau panjang maka menyebabkan kedelai kurang optimal pada pertumbuhannya.

4. Panjang akar (cm)

Akar merupakan bagian dari tanaman yang memiliki fungsi menyerap air dan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk melakukan fotosintesis, selain itu akar juga memiliki fungsi untuk menopang pertumbuhan tanaman. Semakin berkembangnya akar tanaman semakin banyak pula air dan unsur hara yang mampu diserap oleh tanaman (Wuryaningsih dkk., 2010).

Akar merupakan organ vegetatif utama yang memasok air, mineral dan bahan-bahan yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pertumbuhan akar yang kuat umumnya diperlukan untuk kekuatan dan pertumbuhan tajuk tanaman. Apabila akar mengalami kerusakan karena gangguan secara biologis, fisik atau mekanis sehingga mengurangi fungsinya maka pertumbuhan tajuk juga akan terganggu.

Panjang akar merupakan hasil perpanjangan sel-sel di belakang meristem ujung, sedangkan lebar akar yang lebih daripada pembesaran sel-sel ujung merupakan hasil dari meristem lateral atau pembentukan kambium, yang memulai pertumbuhan sekunder dari meristem kambium. Pertumbuhan panjang dan lingkaran akar umumnya beranalogi dengan pertumbuhan panjang dan lingkaran pada tajuk, tetapi pada percabangan lateral tidak terdapat analogi antara bagian tajuk dengan akar. Percabangan akar muncul dari lingkaran tepi yang jauh di dalam jaringan tua atau jaringan yang berdiferensiasi, berbeda dengan percabangan tajuk yang muncul dari ujung dan berasal dari permukaan (Intan, 2007).

Dari pengamatan pada tanaman kedelai Petek di daerah Simo, Boyolali rerata Panjang akar yang tersaji pada tabel 13 dapat dilihat panjang akar tanaman kedelai Petek 11,89 cm. Pada umumnya panjang akar antara 20-30 cm sehingga dengan kondisi akar yang tidak terlalu panjang dan berkembang diduga hal ini dipengaruhi oleh kondisi kekerasan tanah dan ketersediaan air yang kurang yang mempunyai kadar legas tinggi serta ketersediaan air yang memenuhi 1,97% dari 17,92%. Menurut Hasanah dkk. (2008) pada saat kondisi kering akar tanaman akan mempertahankan hidup dengan cara memperkuat akar yang ada dari pada

pembentukan akar baru, sehingga akar akan tampak menjadi lebih besar dan pendek pada kondisi tanah yang kering. Selain itu kondisi tanah sangat kering dan sampai mengalami keretakan sehingga membuat akar tidak memungkinkan untuk menembus tanah. Hal ini disebabkan oleh tanah yang kalis dan terjadi penguapan sehingga lapisan atas tanah menjadi sangat kering dengan kadar lengas pada lapisan atas 10,35%, sedangkan lapisan bawah lebih besar yaitu 27,21% hal ini dipengaruhi gaya kapiler tanah.

5. Berat segar akar (g)

Pertumbuhan tanaman tidak hanya terjadi pada bagian atas (tajuk) tanaman, tetapi juga terjadi pada bagian bawah (akar) tanaman. Akar menentukan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan air, pertumbuhannya ditentukan oleh area daun yang aktif melakukan fotosintesis karena akar bergantung pada penangkapan energi oleh daun. Pada saat suplai energi terbatas, maka energi yang ada digunakan oleh jaringan tanaman yang paling dekat dengan lokasi fotosintesis. Oleh karena itu akar menerima energi hanya pada saat ada kelebihan energi yang diproduksi melalui fotosintesis yang tidak digunakan untuk pertumbuhan tajuk tanaman.

Proses pertumbuhan tajuk dan akar merupakan proses yang saling berkaitan satu sama lain. Apabila terjadi gangguan pada salah satunya maka akan menyebabkan gangguan pada bagian lainnya. Misalnya pada kondisi kekurangan air dan nitrogen, pertumbuhan tajuk lebih mengalami hambatan daripada bagian akar. Hal ini disebabkan akar bertugas lebih banyak untuk mencari air dan sumber N dari dalam tanah untuk didistribusikan ke bagian tajuk. Pada saat ketersediaan

air memadai maka pertumbuhan tajuk kembali ke arah normal sehingga distribusi fotosintat ke akar juga kembali normal.

Berat segar akar menunjukkan banyaknya akar yang dimiliki tanaman untuk menyerap air dan unsur hara, sehingga kapasitas pengambilan air dan nutrisi tanah dapat diketahui melalui pengukuran berat segar akar. Rerata berat segar akar ditunjukkan pada tabel 13 yaitu 0,44 gram.

6. Berat kering akar (g)

Pengukuran berat kering akar dilakukan untuk melihat indikasi kelancaran transport dan penyerapan hara tanaman. Pada kondisi cekaman kering hasil asimilat akan lebih banyak didistribusikan ke perakaran dibandingkan bagian atas tanaman. Hal tersebut merupakan respon terhadap kekeringan. Berdasarkan hasil pengamatan rerata berat kering kedelai Petek yang hidup di tanah Mediteran, Simo, Boyolali dapat dilihat pada tabel 13 rerata berat kering akar 0,30 gram.

7. Proliferasi akar

Proliferasi sangat berpengaruh terhadap serapan hara dan jumlah mikoriza yang menginfeksi akar. Semakin banyak pola percabangan akar yang terjadi maka akan semakin banyak pula mikoriza yang meninfeksi. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan skor dari 5+ untuk kategori sangat lebar, luas dan panjang hingga 1+ untuk yang termasuk kategori terkecil.

Berikut hasil pengamatan proliferasi akar pada tanaman kedelai Petek di Simo, Boyolali dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Proliferasi Akar kedelai Petek Simo, Boyolali

Blok	Ploriferasi per sampel										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Blok A	1+	2+	1+	2+	1+	2+	1+	1+	1+	2+	1,4+
Blok B	2+	2+	2+	2+	1+	2+	2+	1+	1+	1+	1,6+
Blok C	1+	1+	2+	1+	2+	1+	2+	1+	1+	2+	1,4+
Rerata											1,47+

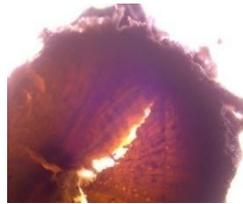
Rerata ploriferasi akar yaitu 1,4+ ini menunjukkan kurang baiknya pembentukan percabangan pada akar pada kedelai Petek yang tumbuh di tanah Mediteran tersebut. Pola percabangan pada kedelai Petek Simo, Boyolali ini dapat dikategorikan kurang baik karena dalam skors tidak mencapai 2+ sedangkan hasil terbaik adalah 5+, dengan kondisi pengembangan akar yang kurang baik namun tanaman dapat tumbuh dengan baik. Hal ini di sebabkan kondisi tanah yang sangat keras dan minimnya ketersediaan air, menurut Hasanah dkk. (2008) pada saat kondisi kering akar tanaman akan mempertahankan hidup dengan cara memperkuat akar yang ada dari pada pembentukan akar baru, sehingga ploriferasinya tidak terlalu luas.



Gambar 7. Ploriferasi Akar (A dan B:2+, C:1+)

Dari Gambar 7 dapat dilihat pengembangan akar tidak terlalu baik bahkan pada gambar ke A dan C terlihat adanya pembekakan di bagian pertengahan akar,

penebalan tersebut jika diiris melintang dan diamati dibawah mikroskop maka akan muncul kenampakan seperti berikut:



Gambar 8. Irisan melintang penebalan Akar

Diduga dengan kondisi tanah Mediteran di Simo, Boyolali yang kering dan tidak ada pengairan selama kemarau panjang membuat kondisi akar untuk mempertahankan hidupnya dengan cara mempertebal jaringan epidermis sehingga nampak pada Gambar 8 terdapat penebalan di bagian pigir akar. Fungsi jaringan epidermis atau jaringan pelindung berfungsi membatasi penguapan, dan sebagai daran penyimpanan dan penyerapan.

Meski kondisi akar pada panjang, berat, dan ploriferasinya tidak terlalu baik namun pertumbuhan kedelai tetap baik dilihat dari pertumbuhan tanaman, tanaman kedelai petek dengan kondisi di tanah Mediteran Simo, Boyolali memiliki tinggi relatif lebih tinggi dari pada tanaman Petek pada umumnya yaitu selisih 32,81 cm. Ini diduga adanya peranan *Rhizobakteri* dan Mikoriza. *Rhizobakteri* dapat membuat tanaman tahan terhadap cekaman ini dibuktikan ketahanan rerata isolat *Rhizobakteri* yang diberi cekaman NaCl dapat bertahan hingga cekaman NaCl 2 M dapat dilihat pada tabel 11. Selain itu menurut Fatmah (2003) akar yang terinfeksi juga dapat meningkatkan serapan unsur hara dan

mengurangi cekaman pada kadar lengas tertentu, akar kedelai Petek Simo Boyolali terbukti terinfeksi dapat dilihat pada gambar 5 dan tabel 10 sehingga diduga kondisi tanaman kedelai Petek di tanah Mediteran Simo Boyolali karena adanya asosiasi antara *Rhizobakteri* dan Mikoriza.

8. Hasil Kedelai

Pengamatan hasil, dilakukan pada saat pemanenan, Hasil kedelai Petek yang hidup di daerah Simo, Boyolali yang diambil dari 3 blok yang hasil masing-masing blok dikeringkan dengan menggunakan sinar Matahari, lalu ditimbang dan dihitung menggunakan perbandingan hasil pada kadar air 11%. Hasil tanaman secara keseluruhan tersaji pada tabel 15.

Tabel 15. Rerata Jumlah Polong, berat polong, jumlah biji, dan berat biji Tanaman Kedelai

Blok	Jumlah Polong /tanaman (buah)	Berat Polong /tanaman (gram)	Jumlah Biji /tanaman (biji)	Berat Biji /tanaman (gram)	Berat 100 Biji	Hasil ton/ha
A	47,00	12,22	86,10	6,15	7,18	0,34
B	46,00	11,62	101,20	6,63	6,58	0,73
C	38,40	9,85	71,40	5,90	6,75	0,73
Rerata	43,80	11,23	86,23	6,03	6,83	0,60

Dari tabel 15 dapat dilihat rerata jumlah polong adalah 43,80 polong, dengan rerata berat 6,03 gram, sedangkan rerata jumlah biji 83,23 biji pertanamannya, dengan rerata berat biji 7,80 gram. Berat 100 bijinya yaitu 6,83 gram dan dengan hasil 0,60 ton/ha.

Menurut Suyatmo dan Musalamah (2010) jumlah polong kedelai Petek setiap tanamannya yaitu 25 polong, dengan berat biji pertanamannya 9,60 gram.

Jika dilihat dari hasil pengamatan pemanenan kedelai Petek di daerah Simo Boyolali dan Hasil Penelitian Suyatmo dan Mursalamah dari jumlah polong terlihat lebih banyak pada kedelai Petek di Simo Boyolali yaitu selisih 23, 80 Polong/tanaman namun dari berat biji lebih rendah. Untuk berat 100 biji kedelai Petek di Simo lebih kecil yaitu 6,83 gram dan Petek pada kondisi normal mempunyai berat 100 biji 8,3 gram meskipun selisihnya tidak besar namun berat kedelai Petek di Simo lebih rendah.

Untuk hasil dari kedelai Petek di Simo dapat dilihat di tabel 15 hasil biji pada kadar air 11% yaitu 0,60 ton/ha dengan populasi total pada 3 blok yaitu 973 tanaman, sedangkan apabila luasan lahan tersebut ditanami dengan jarak tanam menggunakan jarak 20 x 20 cm sesuai dengan pendapat Sumarno dan Harnoto (1998), ketika tanah dalam keadaan kurus atau kurang air maka jarak tanam kedelai yaitu 20 x 20 cm dengan jumlah populasi perhektarnya 500.000 tanaman/hektar. Jika luasan blok diakumulasikan pada jarak tanam maka jumlah populasi tanaman seharusnya berjumlah 846 tanaman dengan hasil, sehingga di sini terjadi kerapatan populasi sehingga terjadi persaingan dalam penerimaan cahaya matahari sesuai dengan pendapat Budiastuti (2000) jarak tanam rapat akan memperkecil jumlah cahaya yang dapat mengenai tubuh tanaman, sehingga aktifitas auksin meningkat dan terjadilah pemanjangan sel-sel. Akibat lebih jauh terlihat pada jumlah cabang yang terbentuk. Jarak tanam rapat, kesempatan membentuk internodia/ruas menjadi berkurang karena unsur hara dan air. Kompetisi yang terjadi utamanya adalah kompetisi dalam memperoleh cahaya,

unsur hara dan air. Beberapa penelitian tentang jarak tanam menunjukkan bahwa semakin rapat jarak tanam, maka semakin tinggi tanaman tersebut.

Hasil tanaman kedelai Petek di Simo kurang optimal diduga merupakan pengaruh dari kondisi tanaman selama pertumbuhannya. Hasil kedelai Petek di Simo, banyak namun kecil-kecil, hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan sehingga perkembangan polong dan biji terpengaruh, karena periode pengisian biji merupakan kondisi kritis dalam masa pertumbuhan kedelai. Menurut Sri Suryanti dkk (2015) kondisi kedelai yang berada dalam cekaman kekeringan pada setiap fase pertumbuhan berpengaruh terhadap penurunan hasil dan berpengaruh besar pada periode kritis tanaman, yaitu fase pembungaan, pembentukan biji dan pengisian polong. Cekaman kekeringan pada saat proses pembentukan bunga akan mengurangi jumlah bunga yang terbentuk sehingga jumlah polong juga akan berkurang secara nyata. Di lapangan, cekaman kekeringan selama fase pengisian polong menurunkan hasil kedelai 55 %. Dengan demikian tanaman kedelai di Simo meskipun memiliki jumlah polong yang lebih banyak dari pada kedelai Petek pada umumnya namun dengan kondisi tercekam kekeringan mempengaruhi hasil biji yang dihasilkan. Namun demikian kondisi kedelai di Simo dapat bertahan hidup dengan baik ini diduga adanya Asosiasi Rhizobium, Rhizobakteri dan Mikoriza melihat dari kondisi kedelai yang tidak ada pengairan sejak berusia 2 minggu setelah tanam sampai pemanenan namun kedelai masih dapat bertahan hidup di tanah Mediteran dengan cekaman kekeringan tidak ada pemupukan dan penyiangan dapat tumbuh dan berbuah dengan baik meskipun tidak seoptimal hasil kedelai Petek pada umumnya. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya

infeksi Mikoriza pada akar kedelai serta terdapat 8 isolat *Rhizobakteri* yang dapat bertahan pada cekaman 2 M.