

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lahan Pasir Vulkanik Merapi

Kerusakan lahan-lahan pertanian yang berjarak lebih dekat dengan puncak Gunung Merapi mengalami dampak kerusakan yang lebih berat dibanding lahan pertanian yang berjarak lebih jauh. Namun demikian, tingkat kerusakan lahan juga dipengaruhi oleh perubahan aliran lahar karena dasar sungai yang tertimbun, kelokan sungai, dan tebing sungai rendah. Kerusakan fisik lahan dan lingkungan akibat erupsi Gunung Merapi antara lain terhadap rumah permukiman penduduk dan bangunan lainnya, sumber air dan saluran air, kerusakan tanaman dan ternak, dsb (Wikipedia, 2011).

Sifat fisik abu Merapi yang khas adalah apabila jatuh kepermukaan tanah menyebabkan abu akan cepat mengeras dan sulit ditembus oleh air baik dari atas atau dari bawah permukaan tanah. Hal inilah yang menyebabkan BD tanah cukup tinggi. Sedangkan RPT (Ruang Pori Total) pada lapisan I yang mengandung banyak abu merapi, memiliki kondisi yang baik, hal yang sama terhadap aerasi tanah dan air tersedia. Hal ini disebabkan abu merapi memiliki kadar air yang cukup tinggi. Pada lapisan bawah kandungan air cukup tinggi, namun karena lapisan atasnya cukup keras menyebabkan air tidak dapat keluar melalui penguapan. Salah satu cara untuk menanggulangi hal ini adalah dengan penghancuran melalui pengolahan tanah (Wikipedia, 2011).

Pengolahan tanah diperlukan untuk memecahkan lapisan atas yang banyak mengandung kadar air. Cara ini sangat efektif apabila dilakukan sampai

kedalaman > 30 cm. Hal ini untuk memperbaiki permeabilitas dan pori aerasi tanah. Kaidah konservasi tanah dengan sistim pengolahan tanah inilah yang harus dilakukan untuk mempercepat perbaikan lahan.

Pengamatan lapangan di beberapa lokasi yang terpapar material erupsi Gunung Merapi menunjukkan bahwa lahan-lahan pertanian yang berjarak dekat ke puncak Gunung Merapi mengalami kerusakan lebih berat dibanding lahan pertanian yang lebih jauh dari puncak Merapi. Abu vulkanik cukup berpotensi untuk meningkatkan kesuburan tanah, karena pelapukan material yang terkandung dalam abu vulkanik akan menghasilkan hara-hara Ca, Mg, Na, K, dan unsur-unsur mikro (Cu) yang dibutuhkan tanaman. Tutupan abu volkan yang relatif tidak tebal upaya pencampuran dengan lapisan olah tanah dapat dilaksanakan oleh petani pada saat pengolahan tanah. Namun bila tutupannya > 20 cm, upaya rehabilitasi dengan alat subsoiler akan lebih dapat dilaksanakan dengan baik. Lahar dan awan panas dapat menyebabkan kerusakan ekosistem mikroorganisme tanah. Mikroorganisme tanah sebagai Ectomycorrhiza dan Endomycorriha dapat musnah saat lahan tertutup lava pijar yang sangat panas (Idjudin dkk, 2011).

Berdasarkan contoh air yang diambil di daerah Kabupaten Magelang, Sleman dan Klaten pH air cukup baik untuk pengairan hanya contoh air dari sawah Srowol Magelang yang pH nya agak masam (< 6,0). Kadar hara NH_4 dan PO_4^{2-} dalam contoh air rendah, kadar K bervariasi dari 0,12 - 0,26 mg/l, kadar Ca bervariasi dari 0,99 - 3,61 mg/l, dan Mg bervariasi dari 0,23 - 1,27 mg/l. Pada tanah lapisan bawah (tanah asli) ditemukan populasi *Rhizobium* spp. = $5,5 \times 10^5$; *Azotobacter* spp.= $3,6 \times 10^6$; total bakteri = $1,5 \times 10^9$; dan total fungi = $3,0 \times$

104 CFU/g. Dari hasil analisis biologi tersebut dapat dinyatakan bahwa di tanah tersebut terjadi penurunan keaneka ragaman dan populasi fauna tanah terutama cacing dan larva serangga tanah hingga menjadi tidak ada, selain itu juga terjadi penurunan keragaman dan populasi mikroba tanah terutama pada tanah lapisan atas, sedangkan keragaman dan populasi mikroba pada tanah lapisan bawah tidak terlalu terpengaruh (Idjudin dkk, 2011).

B. *Rhizobacteri indigenous* Sebagai Pupuk Hayati

Rhizobakteri adalah bakteri yang hidup di daerah perakaran (Rhizosfer) dan berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Rhizobakteri dapat memacu pertumbuhan tanaman atau PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*). Penggunaan *Rizobakteri* pemacu pertumbuhan tanaman atau *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) sebagai pupuk hayati merupakan satu sumbangan bioteknologi dalam usaha peningkatan produktivitas tanaman. Hal tersebut dicapai dengan mobilisasi hara, produksi hormon tumbuh, fiksasi nitrogen atau pengaktifan mekanisme ketahanan terhadap penyakit (Wei *et al.*, 1996; Thakuria *et al.*, 2004). Menurut Thuar (2004).Berbagai isolat dari *Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Enterobacter* sp., *Bacillus* sp. dan *Serratia* sp. diketahui berfungsi sebagai PGPR (Sutariati dkk, 2006).

Salah satu teknik pupuk hayati yang akhir-akhir ini berkembang pesat ialah penggunaan mikroorganisme yang berasosiasi secara alami dengan perakaran tanaman dan memiliki kemampuan untuk memperbaiki pertumbuhan

dan mengendalikan penyakit tanaman atau lebih dikenal dengan istilah *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Sutariati dkk, 2006).

Peranan PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman diduga ada hubungannya dengan kemampuan mensintesis hormon tumbuh. Isolat *Bacillus sp.* dilaporkan mampu mensintesis Asam Indol Asetat (IAA) (Thakuria et al., 2004) dan giberelin (Joo et al., 2004). Sedangkan, isolat *P. fluorescens* selain menghasilkan IAA (Thakuria et al., 2004) juga menghasilkan sitokinin (Sutariati dkk, 2006). Selanjutnya Suardi (2002) melaporkan bahwa kemampuan akar padi menembus lapisan lilin setebal 3-4 mm merupakan indikator ketahanan tanaman padi terhadap cekaman kekeringan.

Kemampuan lain dari *Rhizobakteri* adalah mampu memproduksi osmoprotektan dalam kondisi cekaman osmotik maupun cekaman kekeringan. Hartman et al, (1991) menyatakan bahwa *Azospirillum halopreferens* penghasil *Osmoprotektan* glisin, betain mampu mempertahankan aktivitas Nitrogenase (enzim yang berperan dalam fiksasi N) kurang lebih 100% pada cekaman osmotik mencapai 27 bar. Strom et al. (1989) melaporkan bahwa penambahan glisin, betain mampu memacu fiksasi N secara nyata pada *Klebsiella pneumoniae* yang ditumbuhkan pada cekaman osmotik 0,65 M NaCl. Dengan demikian pada kondisi tersebut sumbangan hasil fiksasi N pada ketersediaan N tanah relatif dapat dipertahankan.

Mikroorganisme mempunyai mekanisme adaptasi selular terhadap perubahan kondisi lingkungan agar dapat bertahan hidup. Salah satu mekanisme adaptasi selular bakteri terhadap kondisi cekaman osmotik adalah dengan

mengakumulasi senyawa osmoprotektan. Senyawa osmoprotektan berfungsi untuk mencegah kerusakan sel akibat dehidrasi dengan menjaga keseimbangan tekanan osmotik antara sitoplasma sel dan lingkungan luar. Pada beberapa spesies bakteri, glisin betain merupakan senyawa osmoprotektan yang paling efektif dalam meningkatkan toleransi terhadap cekaman lingkungan, antara lain kekeringan, osmolaritas tinggi, dan temperatur rendah. (Rachmawati,2013).

Adaptasi untuk menghadapi cekaman osmotik pada dasarnya dapat dilakukan dengan tiga macam strategi, yaitu: (1). Sintesis osmoprotektan secara *de novo*. (2). Mengambil (*uptake*) Senyawa osmoprotektan lingkungannya. (3). Mengubah komposisi dinding sel agar tidak rusak karena cekaman osmotik (Hartman *et al.*, 1991). Senyawa osmoprotektan adalah senyawa organik dengan berat molekul rendah yang dapat berupa: (1). Karbohidrat (glukosa, sukrosa, fruktosa). (2). Polioliol (gliserol, glukosilgliserol) atau (3). Turunan asam amino (glisn betain, prolin betain, prolin, glutamin betain).

Mikrobia osmotoleran adalah kelompok mikrobia yang mempunyai mekanisme osmoregulasi di dalam sistem fisiologisnya, yaitu suatu mekanisme adaptasi selular, untuk mencegah bahaya dehidrasi sel, karena ada cekaman osmotik (Le Rudulier *et al.*,1984). Sebagian besar jasad osmotoleran atau halofilik diketahui mengakumulasi glisin betain yang dikenal sebagai senyawa osmoprotektan paling potensial dan paling efisien dalam memberikan tanggapan terhadap cekaman osmotik, tidak mempengaruhi aktivitas selular dan tidak menghambat aktivitas enzim sitoplasma (Le Rudulier *et al.*,1984) sintesis glisin betain dilakukan dengan menggunakan prekursor berupa senyawa kolin dikatalisis

oleh enzim *Kolin Dehidrogenase*, yang kemudian dioksidasi menjadi glisn betain aldehyd (*Intermediate*) dikatalisis oleh enzim betain *Aldehyd Dehidrogenase*, selanjutnya dioksidasi lebih lanjut menjadi glisin betain.

Beberapa kelompok bakteri yang hidup di daerah perakaran tanaman (*Rhizobakteri*) diketahui juga mempunyai kemampuan mensintesis glisn betain, misalnya *Rhizobium melliloti* (Le Rudulier *et al.*,1984). Kajian fisiologis menunjukkan bahwa isolat-isolat *Rhizobakteri* osmotoleran mampu menghasilkan glisin betain dan tumbuh baik pada kondisi cekaman osmotik 1,0 M NaCl (Yuwono,1999 dalam Agung_Astuti,2012). Pertumbuhan tanaman padi gogo yang diinokulasikan dengan salah satu isolat mikrobia osmotoleran (isolat A-82) pada aras lengas 40% sebanding dengan pertumbuhan tanaman padi gogo yang tidak diinokulasi pada aras lengas 80%. Hal ini menunjukkan bahwa isolat mikrobia osmotoleran tersebut mempunyai potensi untuk meningkatkan toleransi tanaman padi gogo terhadap kekeringan. Isolat *Rhizobakteri* osmotoleran yang lain (A1-19) juga menunjukkan kemampuan menghasilkan IAA selain mampu mendukung pertumbuhan tanaman padi gogo pada keadaan cekaman kekeringan. Dalam penelitian terdahulu tersebut juga diketahui bahwa inokulasi dengan isolat *Rhizobakteri* osmotoleran (A1-19) secara signifikan telah meningkatkan poliferasi akar. Hasil-hasil penelitian terdahulu tersebut menunjukkan bahwa mikrobia osmotoleran yang diisolasi dari daerah perakaran tanaman rumput-rumputan mempunyai potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai pupuk hayati untuk tanaman padi. (Yuwono dalam Agung_Astuti.,2012)

Bakteri *Rhizobakteri* hidup pada perakaran terutama pada tanaman padi. Dimana bakteri tersebut membentuk osmotoleran pada akar tanaman padi dan bakteri tersebut menggerombol menjadi satu pada akar dan sampai akhirnya bakteri tersebut melepaskan diri dan bakteri tersebut membentuk akar baru sehingga akar tersebut dapat menyerap air pada daerah disekitar tanaman.

Pemanfaatan pupuk hayati berupa *Rhizobakteri* sebagai penambat nitrogen udara untuk meningkatkan ketersediaan unsur N dan P dalam tanah merupakan alternatif yang tepat. Kemampuan *Rhizobakteri* sebagai jenis bakteri penambat N dan peningkat serapan P secara terpisah telah banyak diuji. Beberapa hasil penelitian tentang *Rhizobakteri* menunjukkan bahwa jumlah N yang ditambat dari udara melalui simbiosis adalah sekitar 40 sampai 70% dari seluruh N yang diperlukan untuk pertumbuhan kedelai (Suwito, 2010). Hasil penelitian Agung-Astuti (2011) dari lahan pasir terdampak erupsi Merapi berhasil diisolasi 4 rhizobakteri yaitu MA,MB,MC,MD yang mempunyai kemampuan tahan terhadap cekaman NaCl 2,75 M dan mampu melarutkan fosfat.

Mekanisme asosiasi antara *Rhizobakteri* dan tanaman berlangsung disekitar akar tanaman, dimana sejumlah eksudat akar dalam berbagai bentuk senyawa karbon organik yang berfungsi sebagai substrat penyokong pertumbuhan dan aktivitas hidup *Rhizobakteri*. Sebaliknya *Rhizobakteri* memiliki kemampuan menghasilkan fitohormon tertentu seperti IAA, GAA dan kemampuan memfiksasi N serta menghasilkan osmoprotektan, sehingga bakteri tersebut berperan sebagai pupuk hayati bagi tanaman. Berdasarkan penelitian Ikhwan dan Muhidin(2000) telah dikaji isolat *Rhizobakteri* yang berpotensi sebagai pupuk hayati. Ini dilihat

dari kemampuannya yang dapat menghasilkan hormon pertumbuhan dan osmoprotektan yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman dari cekaman kekeringan dan mampu memfiksasi N dari udara.

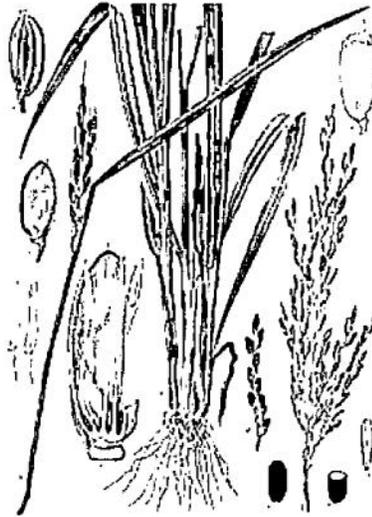
Rhizobakteri merupakan bakteri yang hidup dalam akar. Bakteri dimasukkan dalam akar tanaman bakteri tersebut mengandung eksudat yang diserap oleh akar dan dibawa ke tanaman sehingga bakteri tersebut menjadi koloni, koloni tersebut berkembangbiak yang yang berpengaruh pada tanaman sehingga tanaman tersebut menjadi mati atau hidup. Respon tanaman terhadap kekeringan dimulai dengan diterimanya signal-signal stres yang mampu menginisiasi siklus-siklus transduksi dalam tanaman yang menyebabkan berbagai perubahan fisiologi. Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu *drought escape* atau lolos dari kekeringan, *dehydration postponment* atau penundaan terhadap proses dehidrasi, dan *dehydration tolerance* atau toleransi terhadap proses dehidrasi (Turner, 2003). Pada saat terjadi kekeringan, akan terjadi perubahan metabolisme dalam akar tanaman yang menghasilkan signal-signal biokimia pada tunas dan secara otomatis menyebabkan penurunan kecepatan tumbuh, konduksi stomata, fotosintesis, dan tekanan osmotik dalam jaringan/sel tanaman (Bressan, 1998). Salah satu mekanisme alami yang melindungi sel-sel tanaman dari ancaman kekeringan, salinitas, suhu rendah dan faktor stres lainnya adalah akumulasi asam amino dan amida, serta gula yang berperan dalam meningkatkan tekanan osmotik sel (Bohnert *et al.*, 1995). Kuznetsov *et al.* (1999) melaporkan bahwa akumulasi

asam amino asparagin, prolin dan arginin dalam sel tanaman kapas meningkat sebagai reaksi terhadap suhu tinggi dan defisiensi air.

Aspek-aspek tersebut merupakan indikator terjadinya perubahan metabolisme nitrogen. Peningkatan prolin selain berkorelasi dengan defisiensi air, juga berkorelasi dengan salinitas (Kuznetsov and Shevyakova, 1997). Berkaitan dengan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, Nepomuceno *et al.*, (1998) menerangkan bahwa dengan mempertahankan potensial air dalam sel-selnya, genotipa-genotipa kapas toleran terhadap kekeringan mampu mempertahankan laju fotosintesa, tingkat varietas tahan kekeringan, waktu tanam, kepadatan populasi, pemupukan N, serta penjadwalan dan pengaturan volume air irigasi.

C. Tanaman Padi

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban. Meskipun terutama mengacu pada jenis tanaman budidaya, padi juga digunakan untuk mengacu pada beberapa jenis dari marga (genus) yang sama, yang biasa disebut sebagai padi liar. Padi diduga berasal dari India atau Indocina dan masuk ke Indonesia dibawa oleh nenek moyang yang migrasi dari daratan Asia sekitar 1500 SM. Produksi padi dunia menempati urutan ketiga dari semua serealia, setelah jagung dan gandum. Namun demikian, padi merupakan sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia Klasifikasi padi (Wikipedia,2013):



Tanaman padi memiliki klasifikasi yaitu plantae, sub divisi mangnoliophyta, ordo poales, famili poaceae, genus oryza dan memiliki spesies O. Sativa. Padi termasuk dalam suku padi-padian atau *poaceae*. Terna semusim, berakar serabut, batang sangat pendek, struktur serupa batang terbentuk dari rangkaian pelepah daun yang saling menopang daun sempurna dengan pelepah tegak, daun berbentuk lanset, warna hijau muda hingga hijau tua, berurat daun sejajar, tertutupi oleh rambut yang pendek dan jarang, bagian bunga tersusun majemuk, tipe malai bercabang, satuan bunga disebut *floret* yang terletak pada satu spikelet yang duduk pada panikula, tipe buah bulir atau kariopsis yang tidak dapat dibedakan mana buah dan bijinya, bentuk hampir bulat hingga lonjong, ukuran 3mm hingga 15mm, tertutup oleh palea dan lemma yang dalam bahasa sehari-hari disebut sekam, struktur dominan padi yang biasa dikonsumsi yaitu jenis *enduspermium*. (Wikipedia, 2013).

Setiap bunga padi memiliki enam kepala sari (*anther*) dan kepala putik (*stigma*) bercabang dua berbentuk sikat botol. Kedua organ seksual ini umumnya

siap bereproduksi dalam waktu yang bersamaan. Kepala sari kadang-kadang keluar dari palea dan lemma jika telah masak. Dari segi reproduksi, padi merupakan tanaman berpenyerbukan sendiri, karena 95% atau lebih serbuk sari membuahi sel telur tanaman yang sama. Setelah pembuahan terjadi, zigot dan inti polar yang telah dibuahi segera membelah diri. Zigot berkembang membentuk embrio dan inti polar menjadi endosperm. Pada akhir perkembangan, sebagian besar bulir padi mengandung pati dibagian endosperm. Bagi tanaman muda, pati dimanfaatkan sebagai sumber gizi. (Wikipedia, 2013).

D. Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri

Identifikasi yaitu untuk mengetahui sifat-sifat morfologi bakteri, maka bakteri dapat diperiksa dalam keadaan hidup maupun mati. Pemeriksaan bakteri ini perlu karena untuk mengenal bakteri itu sendiri. Karakterisasi adalah mengidentifikasi sifat-sifat utama yang relevan yang dimiliki oleh subjek yang diteliti. Selain itu, proses ini juga dapat melibatkan proses penentuan (definisi) dan pengamatan pengamatan pengamatan yang dimaksud seringkali memerlukan pengukuran atau perhitungan yang cermat. Proses pengukuran dapat dilakukan dalam suatu tempat yang terkontrol, seperti laboratorium, atau dilakukan terhadap objek yang tidak dapat diakses atau dimanipulasi seperti bintang atau populasi manusia. Karakterisasi dilakukan pada isolat bakteri yang telah lolos seleksi dengan cara melakukan berbagai pemeriksaan laboratoris agar isolat bakteri tersebut dapat dikelompokkan dalam suatu golongan (Feliatra. 1999).

Karakterisasi yang umumnya dilakukan meliputi adalah karakterisasi morfologi. Karakterisasi morfologi bertujuan untuk mengamati baik morfologi koloni maupun morfologi sel bakteri pada isolat bakteri yang telah lolos seleksi. Ketika ditumbuhkan dalam media yang bervariasi, mikroorganisme akan menunjukkan penampakan makroskopis yang berbeda-beda pada pertumbuhannya. Perbedaan ini disebut dengan karakteristik kultur, yang digunakan sebagai dasar untuk memisahkan mikroorganisme dalam kelompok taksonomik (Capuccino and Sherman, 1992). Isolat bakteri yang diperoleh diamati morfologi koloni dengan melihat bentuk koloni, warna, tepian dan elevasi pada medium agar lempeng, agar tegak dan agar miring. Sedangkan morfologi sel ditentukan dengan melihat olesan biakan yang sudah diwarnai dibawah mikroskop dan melihat bagaimana bentuk sel, sifat gram dan kemampuan membentuk spora dari bakteri tersebut (Pelczar & Chan 1988).

Dari kajian pustaka yang telah dilakukan maka diduga Isolat dari vulkanik Merapi yang telah di karakterisasi tersebut adalah *Rhizobakteri* dan kompatibel pada akar tanaman padi yang tahan cekaman kekeringan serta mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi.