

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Aktivitas mikrob tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain penggunaan lahan, teknik manajemen tanah, penggunaan pupuk, pestisida dan aktivitas antropogenik lainnya. Pembakaran hutan merupakan salah satu dari kegiatan antropogenik yang mengakibatkan rusaknya faktor fisika tanah dan juga membunuh hewan serta tumbuhan. Sistem manajemen lahan tersebut dapat merubah struktur dan pori tanah. Perubahan pori tanah akan menyebabkan perubahan lingkungan mikro sebagai habitat dari mikrob. Hal tersebut akan mengakibatkan perubahan dekomposisi komunitas dan aktivitas mikrob tanah (Sylvia *et al.*, 2005).

Aktivitas mikrob tanah mencerminkan keseluruhan aktivitas metabolisme seluruh mikrob tanah termasuk bakteri, actinomycetes, jamur, alga, protozoa, tumbuhan dan mikrofauna. Mikrob memainkan peranan penting dalam mempertahankan produktivitas tanah, seperti kesuburan dan struktur tanah (Subhani *et al.*, 2001). Aktivitas mikrob tanah dapat juga digunakan sebagai indikator dalam memonitor kualitas suatu ekosistem tanah (Winding *et al.*, 2005). Kualitas tanah dapat dimonitor secara biologi, fisika (tekstur tanah, agregat tanah) dan kimia (pH tanah, salinitas, kapasitas tukar kation) (USDA, 1996).

Gambut terbentuk dari serasah organik yang terdekomposisi secara anaerobik dimana laju penambahan bahan organik lebih tinggi daripada laju dekomposisinya. Di dataran rendah dan daerah pantai, mula-mula terbentuk gambut topogen karena kondisi anaerobik yang dipertahankan oleh tinggi permukaan air sungai, tetapi kemudian penumpukan serasah tanaman yang semakin bertambah menghasilkan pembentukan hamparan gambut ombrogen yang berbentuk kubah (*dome*). Gambut ombrogen di Indonesia terbentuk dari serasah vegetasi hutan yang berlangsung selama ribuan tahun, sehingga status keharaannya rendah dan mempunyai kandungan kayu yang tinggi (Radjagukguk, 1990).

Berdasarkan tingkat kematangannya gambut digolongkan atas fibrik, saprik, dan hemik. Fibrik memiliki tingkat pelapukan yang rendah (<33%), banyak mengandung serabut, berat jenis sangat rendah (>0,1), kadar air tinggi dan berwarna coklat. Saprik memiliki tingkat pelapukan yang tinggi (>66%),

kurang mengandung serabut, berat jenis tinggi, kadar air tidak terlalu tinggi bahkan cenderung rendah, berwarna hitam dan coklat kelam. Sedangkan hemik memiliki sifat antara fibrik dan saprik. Tingkat kematangan gambut sangat mempengaruhi kualitas, tingkat kesuburan serta menentukan sifat-sifat fisika, biologi dan kimia tanah gambut tersebut.

Penggunaan lahan gambut daerah tropis dimulai pada tahun 1900-an. Penebangan hutan, pembakaran dan pengatusan lahan dilakukan untuk tujuan pertanian dan pemukiman. Untuk tujuan perdagangan, 150.000 km² per tahun dari lahan gambut dibuka dan diambil hasil kayunya, sedangkan di beberapa negara, gambut digunakan sebagai energi sumber panas (Anonim, 2002). Hal ini tentu saja akan memberikan dampak yang sangat kuat bagi penurunan stabilitas gambut.

Di Asia Tenggara terdapat 70% dari total gambut tropik dunia terutama di Indonesia dan Malaysia. Di Indonesia lahan gambut tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya. Tidak seluruh lahan ini bisa dikembangkan, tetapi diperkirakan masih mungkin untuk dimanfaatkan seluas 5,6 juta hektar (Subagyo *et al.*, 1996).

Pemanfaatan gambut dan lahan gambut untuk pertanian dan usaha-usaha yang berkaitan dengan pertanian berkembang cukup pesat. Berbagai tanaman semusim dan tanaman tahunan dapat dibudidayakan pada lahan gambut tetapi yang paling berhasil atau menunjukkan harapan adalah tanaman sayuran, tanaman buah-buahan (seperti nanas, pepaya dan rambutan) dan tanaman perkebunan (terutama kelapa, kelapa sawit, kopi dan karet).

Ditinjau dari karakteristik biofisik, lahan gambut memiliki sifat yang menyulitkan untuk kegiatan pengembangan pertanian. Sifat-sifat tersebut antara lain: 1) Penurunan permukaan gambut jika dilakukan drainase; 2) Kekeringan tak balik jika kekeringan; 3) Ketebalan dan taraf dekomposisi; 4) Kemasaman tanah yang rendah dan kandungan asam-asam organik; 5) Kekahatan hara makro P dan K serta hara mikro Zn, Cu dan Bo; 6) Adanya lapisan pirit dan tata air yang buruk.

Walaupun banyak kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan lahan gambut, pengalaman menunjukkan bahwa dengan pengelolaan yang tepat, lahan gambut dapat menjadi lahan produktif. Beberapa upaya yang telah dilakukan

untuk memperbaiki tingkat kesuburan lahan gambut antara lain: 1) Pencucian bahan meracun; 2) penggunaan kapur atau tanah mineral sebagai amelioran; 3) Penggunaan varietas yang toleran terhadap tingkat kemasaman tanah yang tinggi; 4) Penambahan unsur hara makro dan mikro; serta 5) Penggunaan mikrob tanah.

Riau memiliki lahan gambut yang cukup luas. Menurut statistik 4.043.600 ha dari seluruh daratan di Provinsi Riau terdiri dari tanah gambut (Balai Besar Litbang SDLP Bogor *dalam* Agus dan Subiksa, 2008). Sekitar 1,83 juta hektar atau 57% dari luas lahan gambut tersebut telah berubah fungsi menjadi areal pertanian, pemukiman dan areal kosong tanpa diolah (Sukresno, 2009 *dalam* Ernawati, 2011).

Bakteri Penambat Nitrogen Non-simbiotik

Bakteri penambat nitrogen non-simbiotik, termasuk ke dalam famili Azotobacteriaceae yang terdiri dari empat genus. Keempat genus tersebut adalah Azotobacter, Azomonas, Beijerinckia, dan Derxia. Genus Azotobacter memiliki empat spesies yaitu *A. crhoococcum*, *A. beijerinkii*, *A. vinelandii* dan *A. paspali*. Genus Azomonas terdiri dari *A. agilis*, *A. insigne*, dan *A. macrocytogense*. Genus Beijerinckia terdiri dari empat spesies yaitu *B. indica*, *B. mobilis*, *B. fluminensis* dan *B. derxii*. Genus Derxia terdiri dari satu spesies yaitu *D. gumnosa* (Hamdi, 1989 *dalam* Nurhayati, 2006).

Bakteri yang hidup bebas dan memiliki kemampuan memfiksasi nitrogen dibedakan menjadi organisme aerob obligat, aerob fakultatif dan anaerob. Bakteri aerob obligat termasuk dalam genus-genus Azotobacter, Beijerinckia, Derxia, Archromobacter, Mycobacterium, Arthobacter dan Bacillus. Bakteri anaerob fakultatif antara lain termasuk genus-genus *Aerobacter*, *Klebseilla*, dan *Pseudomonas*. Bakteri pemfiksasi nitrogen yang anaerob diwakili oleh genus-genus Clostridium, Chlorobium, Chromatium, Rhodomicrobium, Rhodopseudomonas, Rhodospirillum, Desulfovibrio dan Methanobacterium (Rao, 1994).

Bakteri penambat nitrogen memiliki ciri yang tidak jauh berbeda dengan bakteri lainnya. Genus Azotobacter memiliki sifat pleomorfik, bentuk sel-sel ada yang hampir bulat seperti kokus, ada pula yang panjang seperti basil serta flagelnya peritrikhus (Dwidjoseputro, 2010). Sistem perlindungan respirasi pada

Azotobacter memerlukan banyak substrat karbon untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan pertumbuhannya. Beberapa spesies *Azotobacter* menghasilkan protein untuk mengikat nitrogenase dan melindunginya dari kerusakan oleh oksigen (Hastuti, 2007).

Beberapa spesies *Azotobacter* antara lain *Azotobacter chroococcum* mempunyai flagel peritrikhus, lendir sedang, dan memiliki pigmen hitam-coklat yang tidak larut. *A. venelandii*, *A. paspali* dan *A. agilis* memiliki flagel peritrikhus, lendir sedikit sampai sedang, berwarna hijau, pigmen fluoresens dan larut. *A. beijerinckii* tanpa flagel, lendir sedang dan pigmen kuning muda kecoklatan tidak larut. *A. macrocytogenes* berflagel polar, lendir banyak dan pigmen merah muda yang dapat larut (Rao, 1994). Widiastuti *et al.* (2010) menyatakan *Azotobacter sp.* memiliki kelebihan dibandingkan dengan bakteri penambat N atmosfer non-simbiotik lainnya, karena mampu mensintesis hormon seperti IAA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi tanah atau benih dengan *Azotobacter* efektif dapat meningkatkan hasil tanaman. Pada daerah empat musim jumlah nitrogen yang ditambat oleh *Azotobacter* berkisar antara 10-15 kg ha⁻¹ (Subba-Rao, 1999 dalam Simanungkalit *et al.*, 2006).

Genus *Derxia* memiliki sel berbentuk batang dengan ujung membulat dengan ukuran 1,0-1,2 um x 3,0-6,0 um. Memiliki sifat pleomorfik, sel-sel muda memiliki sitoplasma homogeny (George dan Garrity, 2005). Genus *Azospirillum* termasuk aerobik diazotrof, bersifat mikroaerofilik yaitu menambat nitrogen pada kondisi tekanan oksigen sangat rendah (0,007 atm atau 0,7 KPa) (Okon *et al.*, 1977 dalam Hastuti, 2007).

Genus *Beijerinckia* memiliki ciri sel tunggal, bentuk lurus atau melengkung, dan seperti buah pir yang saling bergandengan antar ujung sel satu dengan lainnya. Sel-sel berukuran panjang dan bersifat membiaskan cahaya. Pada media cair tidak terbentuk *pellicle*, namun eksudat yang dikeluarkan dapat merubah media menjadi kental dan terbentuk masa semi transparan seperti lendir berwarna putih. *Pellicle* akan terbentuk bila genus *Beijerinckia* ditumbuhkan pada media semi padat (Hamdi, 1982 dalam Hastuti, 2007).

Bakteri Pelarut Fosfat

Mikroorganisme pelarut fosfat terdiri atas bakteri (Taha *et al.*, 1969), fungi (Khan dan Bhatnagar, 1977) dan sedikit aktinomiset (Rao *et al.*, 1982; Chen *et al.*, 2002). Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang berkemampuan melarutkan P yang terfiksasi dalam tanah dan mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia sehingga dapat diserap tanaman. Bakteri pelarut fosfat yang sering dilaporkan dapat melarutkan P adalah bakteri dari genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Escheria*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Bacterium*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, dan lain lain (Alexander, 1977; Buntan, 1992; Premono, 1994; Illmer *et al.*, 1995).

Bakteri pelarut fosfat (BPF) seperti *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. merupakan mikroorganisme tanah yang mempunyai kemampuan paling besar dalam melarutkan P tidak tersedia menjadi tersedia (Subba-Rao, 1982; Widawati, 1999; Whitelaw, 2000). Keberadaan bakteri tersebut dapat mencapai 30% dari jumlah populasi yang dapat dikulturkan dari rhizosfir tanah (Whitelaw, 2000). Hal ini terjadi karena bakteri tersebut mampu mensekresikan asam-asam organik yang dapat membentuk kompleks stabil dengan kation-kation pengikat P di dalam tanah dan asam-asam organik dapat menurunkan pH dan memecahkan ikatan pada beberapa bentuk senyawa fosfat sehingga akan meningkatkan ketersediaan fosfat di dalam larutan tanah (Subba-Rao, 1982).

Mekanisme kerja bakteri pelarut fosfat sehingga mampu melarutkan P tanah dan P asal pupuk yang diberikan diduga didasarkan pada sistem sekresi bakteri berupa asam organik. Meningkatnya asam organik biasanya diikuti dengan penurunan pH sehingga terjadinya pembentukan kelat dari Ca dengan asam organik tersebut menjadi P dapat larut dan P tersedia tanah meningkat.

Dalam aktivitasnya, bakteri pelarut fosfat akan menghasilkan enzim *phosphatase*, *phytase*, dan asam-asam organik hasil metabolisme seperti asam asetat, glutamat, glioksalat, malat, propionat, glikolat, fumarat, oksalat, suksinat, tartrat, sitrat, laktat, dan α -ketoglutarat (Alexander, 1978; Subba Rao, 1994; Ilmer *et al.*, 1995). Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat melarutkan P berhubungan dengan sistem penurunan pH. Asam organik yang dihasilkan oleh BPF menyebabkan terjadinya penurunan pH tanah dan merupakan kekuatan

utama untuk mobilisasi mineral fosfat (Rodriguez dan Fraga, 1999). Asam organik yang dikeluarkan melarutkan mineral fosfat sebagai hasil pertukaran anion PO_4^{-3} dengan asam anion atau P yang dikelat oleh ion Fe dan Al (Moghimi, *et al.*, 1978).

Tetapi pelarutan P dapat pula dilakukan oleh mikroorganisme yang tidak menghasilkan asam organik, yaitu melalui : (1) mekanisme pelepasan proton (ion H^+) pada proses respirasi, (2) asimilasi amonium (NH_4^+), dan (3) adanya kompetisi antara anion organik dengan ortofosfat pada permukaan koloid yang dapat pula menyebabkan terjadinya mobilitas ortofosfat (Ilmer dan Schinner, 1995).

Penelitian dan pemanfaatan mikrob pelarut fosfat sudah mulai dilakukan sejak tahun 1930-an (Gerretsen, 1948; Waksman dan Starkey, 1981). Pemanfaatan mikroorganisme pelarut fosfat digunakan sebagai pupuk hayati untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah telah dimulai di Uni Soviet pada tahun 1947. Para peneliti di negara tersebut melakukan inokulasi tanah dengan bakteri *Bacillus megatorium* dalam bentuk inokulan yang dikenal dengan nama *Phosphobacterin*. Pemberian inokulan ini ternyata dapat meningkatkan hasil tanaman hingga 29% (Smith, *et al*, 1961).