

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Kopi

Tanaman kopi merupakan tanaman yang dapat mudah tumbuh di Indonesia. Kopi merupakan tanaman dengan perakaran tunggang yang mulai berproduksi sekitar berumur 2 tahun atau lebih. Jenis kopi Robusta dapat tumbuh pada kondisi suhu antara 21-24° C dan curah hujan antara 1500-2500 mm per tahun. Daerah Bodongjaya termasuk ke dalam kecamatan Sumberjaya yang memiliki topografi didominasi perbukitan dengan ketinggian yang bervariasi antara 839-914 meter di atas permukaan laut, dan memiliki jenis tanah Inceptisol (Hairiyah dkk., 2002). Kondisi topografi yang berlereng menyebabkan kandungan bahan organik rendah akibat erosi dan pencucian hara. Oleh karena itu dibutuhkan pembudidayaan tanaman kopi secara berkelanjutan guna menjaga penurunan kualitas lahan.

Salah satu ordo tanah yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah Inceptisol. Inceptisol berasal dari kata Inceptum yang berarti permulaan dari Sols (solum) yang berarti tanah, sehingga Inceptisol berarti tanah pada tingkat perkembangan permulaan (Sandrawati, 2007). Inceptisol merupakan tanah muda dan mulai berkembang, profil memiliki horizon yang dianggap pembentukannya agak lambat sebagai hasil alterasi bahan induk. Menurut Munir (1996) dalam Sandrawati (2007) mendeskripsikan Inceptisol sebagai tanah yang memiliki

karakteristik dari kombinasi sifat-sifat, tersedianya air untuk tanaman lebih dari setengah tahun, satu atau lebih horizon pedogenik dengan sedikit akumulasi bahan selain karbonat atau silika amorf, tekstur lebih halus dari pasir berlempung dengan beberapa mineral lapuk dan kemampuan tanah menahan kation fraksi lempung yang sedang sampai tinggi. Kisaran kadar C organik dan KTK Inceptisol sangat lebar, demikian juga dengan kejenuhan basanya.

Produktifitas tanaman kopi dipengaruhi oleh kadar bahan organik di dalam tanah (Tandisau, 2003). Kandungan bahan organik yang tinggi mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kopi hingga batas tertentu. Sedangkan penurunan bahan organik menurunkan kemampuan tanah memegang air, mengurangi daya tahan tanah dari pengaruh aliran permukaan dan pencucian hara. Kehilangan bahan organik terjadi salah satunya melalui proses oksidasi biologis yang dilakukan oleh organisme tanah untuk memperoleh energi selain dari erosi. Selain itu erosi terjadi pada tanah lapisan atas yang umumnya mengandung bahan organik lebih tinggi dan meninggalkan tanah lapisan bawah yang kandungan bahan organiknya lebih rendah. Kondisi ini bila tidak cepat diatasi maka menyebabkan produktifitas kopi terus menurun (Tandisau, 2003).

Bahan organik di dalam tanah berfungsi dalam pembentukan dan kemantapan agregat maupun struktur tanah, meningkatkan kemasaman tanah (pH), permeabilitas tanah, kapasitas tukar kation (KTK) serta jumlah maupun aktifitas organisme tanah sehingga dapat memacu pertumbuhan akar serta meningkatkan penyerapan air. Pada kondisi pH tanah rendah tanaman kopi akan keracunan beberapa unsur misalnya Al dan Mn karena kelarutan unsur ini sangat tinggi,

sedangkan pada kondisi pH yang tinggi maka beberapa unsur seperti fosfor tidak tersedia untuk tanaman karena membentuk kompleks bersama Ca dan Mg. Kandungan bahan organik di dalam tanah rendah menyebabkan ketersediaan hara esensial bagi tanaman tidak tersedia dan produksi kopi menurun. Bahan organik berpengaruh terhadap ukuran biji kopi (Pujiyanto, 1996 dan Wilson, 1985 *dalam* Tandisau, 2003).

B. Pengaruh Pola Tanam terhadap Ketersediaan Hara di Dalam Tanah

Alih guna lahan hutan menjadi perkebunan monokultur mengakibatkan lahan terdegradasi serta kandungan bahan organik turun secara drastis setelah beberapa tahun (Suprayogo, 2001). Serasah tanaman merupakan mulsa permukaan tanah yang penting melindungi tanah dari daya kinetis hujan dan aliran permukaan, serta sumber bahan organik tanah. Menurut Suprayogo (2001) menyatakan bahwa kerusakan struktur tanah diawali dengan penurunan kestabilan agregat tanah akibat pukulan air hujan dan kekuatan limpasan permukaan. Penurunan kestabilan agregat tanah dipengaruhi penurunan kandungan bahan organik di dalam tanah, aktivitas perakaran tanaman dan mikroorganisme tanah. Hal ini dapat di atasi dengan menerapkan pola tanam tumpangsari.

Menurut Beets (1982) *dalam* Turmudi (2002) menyatakan bahwa keuntungan secara agronomis dari pelaksanaan sistem tumpangsari dapat dievaluasi dengan cara menghitung nisbah kesetaraan lahan (NKL), nilai ini menggambarkan efisiensi lahan yaitu jika nilainya > 1 berarti menguntungkan. Lahan yang ditumpangsaikan lebih rendah mengalami erosi atau pencucian hara, karena permukaan tanah akan tertutup tanaman tumpangsari. Tumpangsari mampu

meningkatkan kandungan bahan organik serta menurunkan tingkat kehilangan hara akibat pencucian. Tumpangsari tanaman legum tinggi menyumbangkan bahan organik dan N ke dalam tanah.

Tumpang sari tanaman legum mampu memberikan bahan organik ke dalam tanah dalam jumlah yang tinggi. Selain itu tanaman legum bersama bakteri *Rizhobium* mampu membentuk bintil akar yang dapat meningkatkan kandungan N di dalam tanah akibat fiksasi N_2 secara langsung dari udara. Menurut Turmudi (2002) menyatakan bahwa unsur N hasil fiksasi dimanfaatkan oleh bakteri maupun tanaman inangnya untuk pertumbuhan dan sebagian diteruskan ke perakaran yang lebih dalam untuk dimanfaatkan oleh tanaman lain. Selain itu penambahan pupuk organik seperti pupuk kandang ke lahan mampu meningkatkan ketersediaan hara untuk tanaman.

Pupuk kandang mengandung hampir semua unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman (Nugroho, 1998). Pupuk kandang dapat mempertahankan bahan organik tanah, meningkatkan aktifitas biologis tanah dan juga meningkatkan ketersediaan air tanah. Semakin konsentrasi air di dalam tanah maka absorpsi dan transportasi unsur hara maupun air akan lebih baik, sehingga laju fotosintesis untuk dapat menghasilkan cadangan makanan bagi pertumbuhan tanaman lebih tinggi sehingga produksipun akan meningkat (Ifradi, 1998).

Tanaman dapat mengabsorpsi unsur hara melalui tiga cara yaitu mekanisme intersepsi, aliran massa dan difusi. Mekanisme intersepsi sebenarnya merupakan pertukaran langsung antara hara dengan akar. Dengan demikian semakin banyak akar yang bersentuhan dengan hara maka semakin banyak hara diserap oleh akar.

Mekanisme kedua adalah aliran massa yaitu mekanisme yang diakibatkan transpirasi, pada saat yang bersamaan ikut terangkut bersama ion yang larut dari daerah yang jauh ke daerah yang terjangkau akar. Mekanisme difusi terjadi akibat selisih konsentrasi yang terjadi di sekitar akar.

C. Tumpangsari Legum-Legum-Legum, Legum-Non Legum-Legum dan Non Legum-Non Legum-Non Legum dan Pupuk Kandang terhadap Nitrogen di Dalam Tanah

Tumpangsari tanaman legum tinggi menyumbangkan bahan organik ke dalam tanah. Bahan organik di dalam tanah mampu meningkatkan tanaman ketersediaan unsur hara untuk tanaman. Sebagian besar nitrogen dalam tanah adalah berada dalam bentuk anorganik. Dengan demikian dekomposisi nitrogen merupakan sumber utama nitrogen tanah, selain itu nitrogen dapat diperoleh melalui pengikatan dari udara oleh bintil akar tanaman. Organisme masuk melalui akar rambut kemudian nitrogen di udara yang diikat oleh bakteri *Rhizobium* akan mengalami beberapa perubahan yaitu digunakan oleh tanaman inang kemudian masuk ke dalam tanah dan digunakan tanaman berikutnya.

Menurut Rosmarkam (2002) menyatakan bahwa N diserap dalam bentuk NO_3^- atau NH_4^+ dari tanah. Kehilangan nitrogen tanah dalam bentuk N_2 , N_2O , NO dan NH_3 . Gas-gas ini terbentuk akibat aktifitas mikroba tanah dan reaksi kimia. Denitrifikasi, reaksi kimia, penguapan amoniak, kehilangan akibat pencucian dan kehilangan melalui panen merupakan beberapa mekanisme yang menyebabkan kehilangan nitrogen di dalam tanah. Pada tanah bera dan gundul kehilangan dalam bentuk pencucian mungkin lebih besar. Oleh karena itu penerapan pola tanam tumpang sari mampu mengatasi penurunan bahan organik di dalam tanah.

D. Pengaruh Tumpangsari Legum-Legum-Legum, Legum-Non Legum-Legum dan Non Legum-Non Legum-Non Legum dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan Fosfor di Dalam Tanah

Tanaman umumnya mengabsorpsi P dalam bentuk ion orthofosfat primer H_2PO_4^- dan sebagian kecil dalam bentuk sekunder HPO_4^{2-} . Persoalan fosfor di dalam tanah adalah tidak semua fosfor dapat segera tersedia untuk tanaman. Unsur P sukar tercuci oleh air hujan atau air pengairan (Marschner, 1986 *dalam* Rosmarkam, 2002). Hal ini diduga disebabkan karena P bereaksi dengan ion lain dan membentuk senyawa yang tingkat kelarutannya berkurang, sehingga menjadi senyawa yang tidak mudah tercuci. Ketersediaan fosfor terbaik adalah kisaran pH 6 sampai 7. Kalsium fosfat mulai mengendap pada kisaran pH 6,0 selain itu pada pH rendah P di ikat ion Al dan Fe sehingga tidak tersedia untuk tanaman. Diatas pH 7,0 kecenderungan P membentuk kompleks dan mengurangi ketersediaan serta kelarutan fosfor (Purbayanti, 1984).

Kelarutan Fe dan Al di dalam tanah masam relatif lebih besar jika dibandingkan dengan tanah alkali yang menyebabkan ketersediaan P berkurang. Sedangkan pada pH tinggi unsur fosfat yang larut akan menjadi tidak larut disebabkan diikat oleh kalsium. Bahan organik tanah dapat mempengaruhi ketersediaan fosfat melalui peningkatan pH.

Pencucian hara oleh air hujan menyebabkan kandungan bahan organik di dalam tanah rendah sehingga ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman rendah. Di dalam tanah P sukar tercuci oleh air hujan, hal ini diduga disebabkan P bereaksi dengan ion lain dan membentuk senyawa yang tingkat kelarutannya berkurang, sehingga sukar tercuci (Marschner, 1986 *dalam* Rosmarkam, 2002).

Konsentrasi P pada tanah yang diolah lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang tidak diolah. Pengolahan tanah membantu pencucian unsur yang meracuni tanaman dan unsur yang memfiksasi unsur hara, sehingga unsur hara esensial tersedia bagi tanaman (Fahmi, 2006).

E. Pengaruh Tumpangsari Legum-Legum-Legum, Legum-Non Legum-Legum dan Non Legum-Non Legum-Non Legum dan Pupuk Kandang terhadap Kalium di Dalam Tanah

Sumber utama kalium adalah bahan organik dan kerak bumi yang mengandung asam dan mineral kalium. Ion K terdapat pada persenyawaan berbagai batuan induk, mineral dan larutan garam. Berdasarkan ketersediaan bagi tanaman maka kalium di dalam tanah dapat digolongkan ke bentuk relatif tidak tersedia, bentuk lambat tersedia dan bentuk tersedia. Sebagian besar dari kalium tanah adalah dalam bentuk tidak tersedia. Kalium di dalam larutan tanah lebih mudah diserap oleh tanaman dan juga peka terhadap pencucian. Absorpsi kalium dari larutan hara menyebabkan keseimbangan terganggu untuk sementara. Keadaan ini tidak bertahan lama, karena sebagian dari kalium dapat dipertukarkan segera bergerak ke dalam larutan tanah, sehingga keadaan keseimbangan kembali seperti semula.

Pupuk kandang mengandung bahan organik mempengaruhi hara N, P dan K di dalam tanah menjadi tersedia akibat peningkatan pH tanah. Menurut Soemarno (1993) dalam Nugroho (1999) menyatakan bahwa bahan organik mempunyai peranan penting dalam menentukan ketersediaan kalium dalam tanah.

Menurut Rosmarkam (2002) menyatakan bahwa kalium tergolong unsur yang mobil dalam tanaman maupun dalam sel. Kalium merupakan hara makro yang dibutuhkan untuk tanaman dalam jumlah besar. Ketersediaan kalium di dalam

tanaman memiliki kemampuan untuk mengurangi laju transpirasi, sehingga kehilangan air dari dalam tanaman dapat diperkecil. Menurut Mengel dan Kirby (1979) *dalam* Nugroho (1999) menyatakan bahwa tanaman yang mendapat suplai kalium dalam jumlah yang cukup akan lebih tahan terhadap kondisi kekurangan air.

F. Pengaruh Tumpangsari Legum-Legum-Legum, Legum-Non Legum-Legum dan Non Legum-Non Legum-Non Legum dan Pupuk Kandang terhadap KTK dan C organik di Dalam Tanah

Bahan organik di dalam tanah mampu meningkatkan ketersediaan hara, meningkatkan pH tanah dan meningkatkan KTK. Menurut Hakim dkk. (1986) menyatakan bahwa sekitar setengah dari kapasitas tukar kation berasal dari bahan organik. Kapasitas tukar kation suatu tanah dapat didefinisikan sebagai suatu kemampuan koloid tanah menjerap dan mempertukarkan kation. Bahan organik mampu meningkatkan pH tanah serta meningkatkan koloid liat. Pertukaran kation terjadi pada permukaan koloid tanah.

KTK di dalam tanah sangat beragam, bahkan pada tanah yang sejenis. Besarnya KTK tanah dipengaruhi oleh reaksi tanah atau pH tanah, tekstur tanah, jenis mineral liat, kandungan bahan organik dan pemupukan (Hakim dkk., 1986). Menurut Hakim dkk. (1986) menyatakan bahwa KTK tanah berbanding lurus dengan jumlah butir liat. Sehingga semakin tinggi jumlah liat suatu jenis tanah maka KTK tanah tinggi. Kemasaman tanah rendah menyebabkan KTK tanah rendah. Menurut Hakim dkk. (1986) menyatakan bahwa pada pH rendah hanya muatan permanen liat dan sebagian muatan koloid organik memegang ion yang dapat digantikan melalui pertukaran kation sehingga KTK tanah rendah.

Bahan organik merupakan bahan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, secara kimia, fisika dan biologi. Bahan organik merupakan sumber hara tanaman, disamping itu bahan organik adalah sumber energi dari sebagian besar organisme tanah. Karbon merupakan bahan organik yang utama. Karbon ditangkap berasal dari CO₂ di udara. Kemudian bahan organik didekomposisi kembali dan membebaskan sejumlah karbon.

Sumber dan komposisi bahan organik sangat menentukan kecepatan dekomposisi dan senyawa yang dihasilkan. Menurut Hakim dkk. (1986) menyatakan bahwa bahan organik sebagian besar tersusun dari karbon, sedangkan nitrogen lebih sedikit. Nilai C/N bahan organik menentukan reaksi di dalam tanah, C/N bahan organik tinggi akan menyebabkan persaingan N antara tanaman dan mikroba maka terjadi imobilisasi. Menurut Hakim dkk. (1986) menyatakan bahwa kedalaman lapisan tanah dan pengaruh iklim mempengaruhi bahan organik di dalam tanah. Kadar bahan organik terbanyak ditemukan pada lapisan atas tanah dan menurun jika kedalaman semakin meningkat. Hal tersebut diakibatkan akumulasi bahan organik terkonsentrasi pada bagian atas. Selain itu kondisi tanah yang bersuhu dingin maka kandungan bahan organiknya tinggi. Kelembaban efektif meningkat kadar bahan organik dan N meningkat. Hal ini disebabkan hambatan kegiatan organisme tanah pada suhu tinggi.