

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* L)

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan pohon yang tumbuh tinggi dan berbatang cukup besar. Batang tanaman ini mengandung getah yang dikenal dengan nama lateks. Daun karet terdiri dari tangkai daun utama dan tangkai anak daun, akar tanaman karet merupakan akar tunggang. Akar ini mampu menopang batang tanaman yang tumbuh tinggi dan besar. Ukuran biji besar dengan kulit keras, warnanya coklat kehitaman dengan bercak-bercak berpola yang khas (Nazaruddin dan Paimin, 2005).

Sesuai dengan habitat aslinya di Amerika Selatan, terutama di Brazil yang beriklim tropis, maka karet juga cocok ditanam di daerah-daerah tropis lainnya. Suhu harian yang diinginkan tanaman karet rata-rata 25-30°C. Apabila dalam jangka waktu panjang suhu harian rata-rata kurang dari 20°C, maka tanaman karet tidak cocok di tanam di daerah tersebut. Pada daerah yang suhunya terlalu tinggi, pertumbuhan tanaman karet tidak optimal (Setiawan, 2000).

Tanah-tanah yang kurang subur seperti podsolik merah kuning yang terhampar luas di Indonesia dengan bantuan pemupukan dan pengelolaan yang baik bisa dikembangkan menjadi perkebunan karet dengan hasil yang memuaskan. Selain jenis podsolik merah kuning, tanah latosol dan aluvial juga bisa dikembangkan untuk penanaman karet. Karet dapat tumbuh pada pH 3,8-8,0 walaupun amat dikehendaki pH 5,0-6,5 (Nazaruddin dan Paimin, 2005). Pada pH rendah (lebih kecil daripada pH 4,5) unsur Al dan Fe tersedia bagi tanaman, sedangkan kedua unsur tersebut amat beracun bagi tanaman. Kekurangan unsur hara mudah diatasi dengan cara pemupukan (Tatik, 2007).

Boerhendhy dan Agustina (2006) mengemukakan bahwa tanaman karet juga memberikan kontribusi yang sangat penting dalam pelestarian lingkungan. Upaya pelestarian lingkungan akhir-akhir ini menjadi isu penting mengingat kondisi sebagian besar hutan alam makin memprihatinkan. Pada tanaman karet, energi yang dihasilkan seperti oksigen, kayu, dan biomassa dapat digunakan untuk mendukung fungsi perbaikan lingkungan seperti rehabilitasi lahan, pencegahan erosi dan banjir, pengaturan tata guna air bagi tanaman lain, dan menciptakan iklim yang sehat dan bebas polusi. Pada daerah kritis, daun karet yang gugur mampu menyuburkan tanah. Daur hidup tanaman karet yang demikian akan terus berputar dan berulang selama satu siklus tanaman karet paling tidak selama 30 tahun. Oleh karena itu, keberadaan pertanaman karet sangat strategis bagi kelangsungan kehidupan, karena mampu berperan sebagai penyimpan dan sumber energi.

Klon karet adalah tanaman karet yang didapat dari hasil perbanyakan vegetatif atau aseksual. Jadi, bukan tanaman yang dikembangkan dari biji. Klon memiliki kelebihan dibanding tanaman yang dikembangkan melalui biji. Kelebihan klon antara lain tumbuhnya tanaman lebih seragam, umur produksinya lebih cepat, dan jumlah lateks yang dihasilkan juga lebih banyak (Nazaruddin dan Paimin, 2005).

2.2 Sifat Kimia dan Fisika Tanah Bekas Tambang Bauksit

Hasil kajian Sembiring (2008) tentang sifat kimia dan fisika tanah pada areal bekas tambang bauksit di Pulau Bintan menunjukkan bahwa kandungan nitrogen (N) jauh dibawah syarat kadar nitrogen yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, kandungan fosfor (P) dan kalium (K) juga sangat rendah. Rendahnya kandungan N, P, dan K pada tanah bekas tambang bauksit dikarenakan dalam kegiatan penambangan bauksit, lapisan tanah atas yang

mengandung bauksit dicuci dengan air sehingga tanah yang mengandung nitrogen, fosfor dan kalium larut dalam air waktu pencucian, hal ini dapat menurunkan kandungan nitrogen, fosfor dan kalium pada tapak tersebut (Sembiring, 2008). Selain itu akibat pencucian tersebut juga mengakibatkan berkurangnya kation kalsium, magnesium, kalium, atau natrium, karena ion-ion positif yang melekat pada koloid tanah berkurang maka kation pembentuk asam seperti hidrogen dan aluminium akan menggantikannya yang membuat tanah menjadi asam (Novizan, 2005).

Buckman dan Brady (1969) mengatakan bahwa derajat keasaman tanah menentukan bentuk ion yang terdapat pada tanah tersebut. Bentuk ion H_2PO_4^- umumnya lebih tersedia bagi tanaman dengan bentuk ortofosfat sekunder HPO_4^{2-} . Bentuk H_2PO_4^- terbanyak pada larutan yang bersifat asam. Selain memiliki keasaman tanah yang tinggi kandungan bahan organik tanah pada areal bekas tambang bauksit juga tergolong minim. Menurut Novizan (2005) tanah yang memiliki pH rendah, ketersediaan unsur makro cenderung sedikit. Pada tanah asam banyak ditemukan aluminium yang selain bersifat racun juga mengikat fosfor, sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Pada tanah asam unsur mikro menjadi mudah larut sehingga ditemukan unsur mikro, seperti Zn, Mn, Cu, Fe dalam jumlah yang terlalu besar, akibatnya juga menjadi racun bagi tanaman.

Karakteristik umum yang paling menonjol pada lahan bekas tambang bauksit adalah lahan yang rusak berat yang membuat terjadi erosi yang berat, lapisan tanah yang tipis atau bahkan hilang. Tanah bekas tambang bauksit biasanya padat dan sukar diolah, mempunyai struktur, tekstur, porositas, dan kerapatan bongkah yang tidak mendukung sehingga mempengaruhi perkembangan sistem perakaran dan mengganggu pertumbuhan tanaman. Pengaruh penambangan bauksit terhadap sifat fisik tanah berpengaruh pada kemampuan tanah menahan air dan kemampuan tanah menahan erosi.

Menurut Novizan (2005) tekstur tanah sangat berperan dalam proses penyediaan dan penyimpanan unsur hara. Tanah bertekstur pasir sangat mudah diolah, tanah jenis ini memiliki aerasi (ketersediaan rongga udara) dan drainase yang baik. Namun, tekstur pasir memiliki luas permukaan kumulatif yang relatif kecil sehingga kemampuan menyimpan airnya sangat rendah atau tanahnya lebih cepat kering. Kemampuan menyimpan unsur hara pada tekstur pasir juga sangat rendah, sehingga unsur hara yang diberikan melalui pemupukan cepat hanyut terbawa air keluar dari area perakaran. Tekstur liat memiliki sifat yang berlawanan dengan pasir, yakni sukar diolah serta aerasi dan drainasenya buruk, tetapi kemampuannya dalam menyimpan air dan unsur hara sangat tinggi. Sementara itu, tekstur debu memiliki sifat diantara tekstur pasir dan liat.

Menurut Sembiring (2008), kemampuan tanah menahan air sangat rendah pada bekas tambang bauksit karena lapisan atas tidak mempunyai humus, serasah, dan tanaman kayu yang mempunyai akar masuk ke dalam tanah. Selain itu, areal bekas tambang bauksit yang belum tertutup vegetasi mempengaruhi kemampuan tanah dalam menahan erosi. Pukulan air hujan yang langsung ke permukaan tanah menyebabkan butir-butir tanah akan hancur dan selanjutnya akan menutup pori-pori tanah dan membuat tanah menjadi padat. Pori-pori tanah yang tertutup dan menjadi padat ini membuat air hujan yang masuk ke dalam tanah akan sedikit dan membuat aliran permukaan menjadi besar. Aliran permukaan yang besar mengakibatkan erosi yang tinggi pada lahan yang tidak bervegetasi (Sembiring, 2008).

2.3 Bahan Organik Kotoran Ayam dan Pertumbuhan Tanaman Karet.

Bahan organik memegang peranan penting dalam pertumbuhan tanaman khususnya dalam penyediaan media pertumbuhan dan perkembangan akar. Bahan organik memiliki fungsi untuk menjaga kelembaban tanah, menstabilkan temperatur tanah, memperbaiki aktivitas mikroorganisme, membuat aerasi tanah menjadi lebih baik, memperbaiki struktur

tanah dan mengurangi erosi. Sedangkan menurut Novizan (2005) manfaat dari bahan organik yang diberikan ke tanah yaitu berupa pupuk organik diantaranya (i) pupuk organik mampu menyediakan unsur hara makro dan mikro, (ii) memperbaiki granulasi tanah berpasir dan tanah padat sehingga dapat meningkatkan kualitas aerasi, memperbaiki drainase tanah, dan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air, (iii) mengandung asam humat (humus) yang mampu meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, (iv) penambahan pupuk organik dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, dan (v) pada tanah asam, penambahan pupuk organik dapat membantu meningkatkan pH tanah.

Kotoran hewan merupakan bahan organik yang dapat menyediakan sejumlah besar nutrisi penting bagi tumbuhan walaupun kandungan nutrisi pada kotoran hewan bervariasi tergantung pada jenis, umur hewan dan makanannya (Edward & Walker, 1997). Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah umumnya dalam bentuk pupuk kandang yang banyak mengandung unsur hara N, P, K, Ca, Mg, S, dan Bo. Salah satu jenis pupuk kandang yang sering digunakan dalam budidaya pertanian adalah pupuk kandang yang berasal dari kotoran ayam (Soepardi, 1983). Menurut Baherta (2009), pupuk kandang terbaik bagi pertumbuhan tanaman adalah pupuk kandang kotoran ayam dengan aneka manfaat, seperti (i) menyediakan hara makro dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, Ca, Mg, dan Si, (ii) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, proses pertukaran kation tidak saja berguna jika ditinjau dari segi penyediaan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman, tetapi juga berguna sebagai tempat penyimpanan sementara unsur hara tambahan, dan (iii) bereaksi dengan ion logam untuk membentuk senyawa kompleks, sehingga ion logam yang meracuni tanaman atau menghambat penyediaan hara seperti Al, Fe dan Mn dapat dikurangi.

Menurut Sarief (1986) bahwa kotoran ayam memiliki nisbah C/N yang rendah, sehingga akan mempercepat proses mineralisasi dan memperkecil tekanan nitrat di dalam tanah. Dengan demikian ketersediaan unsur hara yang diperoleh dari kotoran ayam lebih cepat. Menurut Sutedjo (2002) pupuk kandang kotoran ayam mengandung hara yang lebih tinggi dari pupuk kandang kotoran hewan lainnya. kandungan unsur hara dari pupuk kandang ayam lebih tinggi karena bagian cair (urin) bercampur dengan bagian padat. Perbandingan pupuk kotoran ayam dengan hewan ternak lainnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2.3.1. Perbandingan unsur makro dan mikro pupuk kandang kotoran ayam dengan pupuk kandang hewan ternak lainnya.

Jenis Hewan	Unsur Makro (%)					Unsur Mikro (ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Ayam	1,72	1,82	2,18	9,23	0,86	610	3475	160	501
Sapi	2,04	0,67	0,82	1,29	0,48	528	2497	56	239
Kambing	2,43	0,73	1,35	1,95	0,56	468	2891	42	291
Domba	2,03	1,42	1,61	2,45	0,62	490	2188	23	225

Sumber : Edward & Walker (1997)

Kandungan unsur hara dalam kotoran ternak yang penting untuk tanaman antara lain unsur nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Ketiga unsur inilah yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman. Ketiga jenis unsur hara ini sangat penting diberikan karena masing-masing memiliki fungsi yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman (Lingga, 1991). Unsur makro lainnya seperti magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) serta unsur mikro seperti Seng (Zn), Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu) juga tersedia didalam kotoran ayam.

Menurut Sarief (1986) nitrogen merupakan unsur utama bagi pertumbuhan tanaman sebab merupakan penyusun semua protein dan asam nukleat, dengan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan. Nitrogen merupakan unsur penting untuk pembentukan protein, merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, dan pembentukan klorofil sehingga berpengaruh pada warna hijau daun. Berat basah tanaman dipengaruhi oleh unsur N yang diserap tanaman, kadar air dan kandungan unsur hara yang ada dalam sel-sel jaringan tanaman.

Unsur nitrogen mampu berperan sebagai penyusun dari banyak senyawa esensial seperti protein, asam amino, amida, asam nukleat, nukleotida, koenzim dan banyak senyawa penting untuk metabolisme, penyusun klorofil, penyusun hormon sitosin dan auksin dan komponen utama bahan kering tumbuhan (Sarief, 1986). Asam amino merupakan komponen penyusun protein, sedangkan protein merupakan senyawa penting dalam penyusunan protoplasma secara keseluruhan. Asam amino dan protein dimanfaatkan untuk proses metabolisme tanaman dan akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan organ-organ seperti batang, daun, dan akar menjadi lebih baik (Lakitan, 1995; Gardner *et al.*, 1991). Unsur nitrogen akan meningkatkan warna hijau daun, mendorong pertumbuhan batang dan daun (Marschner, 1995). Nitrogen erat kaitannya dengan sintesis klorofil (Sallisbury dan Ross, 1995) serta sintesis protein dan enzim (Schaffer 1996). Enzim rubisco berperan sebagai katalisator dalam fiksasi CO₂ yang dibutuhkan tanaman untuk fotosintesis (Sallisbury dan Ross 1995; Schaffer 1996). Oleh karena itu peningkatan kandungan nitrogen tanaman dapat berpengaruh terhadap fotosintesis baik lewat kandungan klorofil maupun enzim fotosintetik, sehingga meningkatkan fotosintat (bobot segar dan bobot kering) yang terbentuk. Pada struktur klorofil, nitrogen merupakan unsur yang terletak pada cincin tetra pirol yang mengikat atom magnesium yang berada di pusatnya, kehadiran klorofil akan mempengaruhi proses fotosintesis sehingga akan berpengaruh juga pada pertumbuhan tanaman. Nitrogen merupakan bahan dasar penyusun hormon auksin dan sitokinin, yang mana fungsi utama hormon auksin yaitu merangsang pemanjangan batang sedangkan fungsi dari hormon sitokinin yaitu merangsang pembelahan dan pertumbuhan sel (Campbell, 2009). Menurut Mengel dan Kirkby (1978), unsur nitrogen berkorelasi sangat erat dengan perkembangan jaringan meristem sehingga sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Amoniak sebagian besar diasimilasi membentuk asam glutamat (*glutamic acid*), yang berfungsi sebagai konstituen dasar dalam biosintesis asam-asam amino dan asam nukleat (DNA dan RNA), dimana senyawa tersebut berperan dalam pembelahan sel.

Menurut Gardner *et al.* (1991), defisiensi nitrogen membatasi pembesaran sel dan pembelahan sel. Kekurangan nitrogen akan menurunkan aktivitas pertumbuhan seluruh tanaman, yang dicerminkan oleh berkurangnya jumlah daun serta tanaman karet menjadi kerdil. Pada tanaman karet yang belum bercabang, gejala awal tampak pada daun tua yang terletak pada payung daun yang lebih rendah, hanya jika defisiensi yang berat akan terlihat pada daun-daun yang muda.

Fungsi fosfor pada tanaman adalah sebagai penyusun metabolit dan senyawa kompleks, mempengaruhi perkembangan akar, kualitas akar, dan ketahanan terhadap penyakit (Soepardi, 1983). Fosfor berperan penting pada pembentukan inti sel dan dalam proses pembelahan sel untuk perkembangan jaringan meristem, juga berperan dalam pemecahan karbohidrat untuk energi, penyimpanan dan peredarannya ke seluruh bagian tanaman dalam bentuk ADP dan ATP. Unsur fosfor merupakan komponen penting penyusun senyawa ATP yang berperan sebagai sumber energi pada reaksi gelap fotosintesis dan nukleoprotein, sistem informasi genetik (DNA dan RNA), membran sel (fosfolipid), dan fosfoprotein. Menurut Shorrocks (1964) dan Iskandar (1984) kekurangan fosfor dalam tanaman karet muda akan mengurangi jumlah daun yang selanjutnya berakibat pada pertumbuhan tanaman yang kurang baik. Hal ini dapat pula menyebabkan pengecilan ukuran

diameter batang. Kekurangan fosfor di dalam tanah akan mengurangi nitrogen. Kekurangan nitrogen di dalam tanah dapat membuat pertumbuhan terhambat, daun menjadi kuning tua dan mati. Dalam metabolisme tanaman, proses fotosintesis dan respirasi tidak akan berlangsung jika tidak tersedia energi dari ATP (suasana aerobik) atau NADPH (suasana anaerobik). Senyawa fosfor berperan penting dalam perubahan-perubahan karbohidrat dan senyawa-senyawa terkait glikolisis, metabolisme asam-asam amino, oksidasi biologis dan reaksi-reaksi metabolisme lainnya, yang terutama terkait dengan fungsi utamanya sebagai pembawa energi kimiawi.

Menurut Leiwakabessy (1988) dan Soepardi (1983), kalium merupakan unsur mineral yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang paling banyak setelah unsur nitrogen. Menurut Lingga (2004) unsur K berfungsi menguatkan vigor tanaman yang dapat mempengaruhi besar lingkaran batang. Pembelahan sel terjadi dalam jaringan meristematis pada titik tumbuh batang, akar dan kambium. Apabila sel di daerah ini mulai membesar maka akan membentuk vakuola-vakuola yang secara aktif mengabsorpsi air dan unsur hara dalam jumlah besar. Akibat adanya absorpsi air dan unsur hara menyebabkan terjadinya pemanjangan sel sehingga dinding sel tebal karena penumpukan selulosa. Sementara fungsi kalium dalam kloroplas berperan sebagai penjaga pH agar tetap tinggi. Kalium berperan penting dalam fotosintesis karena secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan indeks luas daun, sehingga meningkatkan asimilasi CO₂ serta meningkatkan translokasi dan asimilasi hasil fotosintesis (Suntoro, 2002).

Kalium merupakan unsur yang mobile di dalam tanaman dan segera akan ditranslokasikan ke jaringan meristematis yang muda. Kekurangan K dapat meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit dan kerusakan pada bagian batang (Nyakpa dkk, 1988). Gejala yang terlihat pada tanaman yang mengalami defisiensi kalium yaitu daun mengering, terbakar pada bagian sisinya, dan permukaan daun memperlihatkan gejala klorotik yang merata. Hal tersebut dapat menekan persediaan karbohidrat atau mengurangi hasil fotosintesis sehingga produksi tanaman menurun (Soepardi, 1983). Kekurangan unsur kalium pada tanah dapat menghambat proses fotosintesis pada tanaman, meningkatkan penguapan pada tanaman, batang mudah patah oleh angin, dan terganggunya perubahan protein dan asam amino yang dibutuhkan tanaman (Dwidjoseputro, 1983).

Menurut Novizan (2005) peran magnesium bagi tanah dan tanaman adalah sebagai unsur pembentuk warna hijau pada daun (klorofil), regulator (pengatur) dalam penyerapan unsur lain, seperti P dan K, merangsang pembentukan senyawa lemak dan minyak, membantu translokasi pati dan distribusi fosfor didalam tanaman dan aktifator berbagai jenis enzim tanaman. Menurut Novizan (2005) gejala defisiensi magnesium mudah dilihat pada daun yang lebih tua, jika terjadi defisiensi gejalanya disekitar tulang daun tua akan berwarna kuning. Sedangkan menurut Salisbury (1995) gejala defisiensi magnesium yaitu daun dengan bercak warna atau klorosis, ujung dan tepi daun melengkung ke bawah atau atas; tangkai pipih.

Menurut Novizan (2005) fungsi kalsium bagi tanaman yaitu membentuk dinding sel yang sangat dibutuhkan dalam proses pembentukan sel baru. Tercukupi kebutuhan kalsium akan menghasilkan tanaman yang tegar. Selain itu unsur kalsium juga dapat mempertahankan integritas sel-sel karena perannya dalam sintesis Ca-pektat yang menyusun lamella tengah sel-sel, mempertahankan permeabilitas membran, pembentukan dan peningkatan kandungan protein dalam mitokondria (Hanafi, 2007).

Menurut Novizan (2005) fungsi seng cukup penting, antara lain sebagai katalisator dalam pembentukan protein, mengatur pembentukan asam indoleasetik (asam yang berfungsi sebagai zat pengatur tumbuh tanaman), dan berperan aktif dalam transformasi karbohidrat. Menurut Lingga (2004) unsur besi berfungsi untuk pernapasan dan pembentuk hijau daun, aktifator dalam proses biokimia di dalam tanaman, seperti fotosintesis dan respirasi dan unsur

mangan dan tembaga berfungsi sebagai pembentuk sel-sel klorofil.

Unsur belerang dibutuhkan tanaman dalam pembentukan asam-asam amino sistin, sistein dan metionin. Disamping itu belerang juga merupakan bagian dari biotin, tiamin, koenzim A dan glutathionin (Marschner, 1995). Belerang juga berfungsi sebagai aktivator, kofaktor atau regulator enzim dan berperan dalam proses fisiologi tanaman. Unsur belerang merupakan bagian penting dari ferodoksin, suatu kompleks Fe dan belerang yang terdapat dalam kloroplas dan terlibat dalam reaksi oksidoreduksi dengan transfer elektron serta dalam reduksi nitrat dalam proses fotosintesis (Tisdalle *et al.*, 1990). Akan tetapi kelebihan unsur-unsur mikro tersebut akan menyebabkan tumbuhan keracunan (Novizan, 2005).

2.4 Bahan Organik Kotoran Sapi dan Pertumbuhan Tanaman Karet.

Kesuburan tanah, juga memegang peranan penting pada pertumbuhan dan produksi tanaman karet. Oleh karenanya pembudidayaan tanaman karet sebaiknya diusahakan pada tanah-tanah yang memiliki derajat keasaman (pH) antara 5-6 dengan topografi yang landai. Sebenarnya tanaman karet merupakan tanaman perkebunan yang paling toleran terhadap kesuburan tanah yang rendah dibandingkan dengan tanaman perkebunan lainnya seperti kopi, cokelat, teh dan tembakau (Rajagukguk, 2009).

Untuk dapat mendukung pertumbuhan dengan baik, karet memerlukan tanah yang subur. Kesuburan tanah salah satunya dapat dilihat dari ketersediaan unsur haranya. Jika tanah tidak dapat menyediakan unsur hara yang cukup bagi tanaman, pemberian pupuk perlu dilakukan untuk memenuhi kekurangan tersebut, baik melalui daun maupun melalui tanah (Hermanto *cit* Oktrianti *et al.*, 2009). Pengaruh rendahnya unsur hara akan berakibat pada pertumbuhan tanaman. Lakitan (1995), mengatakan jika ketersediaan unsur hara kurang dari jumlah yang dibutuhkan tanaman, maka tanaman akan terganggu metabolismenya secara visual terlihat dari penyimpangan-penyimpangan pada pertumbuhannya. Gejala kekurangan unsur hara ini dapat berupa pertumbuhan akar, batang, atau daun yang terhambat (kerdil) dan klorosis atau nekrosis pada berbagai organ tanaman. Tanaman yang kekurangan unsur N pertumbuhan vegetatifnya akan terhambat yaitu pertumbuhan cabang, daun dan juga batang yang akan mempengaruhi diameter batang. Sedangkan kekurangan unsur P, tanaman akan kerdil dan kekurangan unsur K akan mempunyai batang yang lemas dan pendek (Soedjarjo *et al cit* Oktrianti *et al.*, 2009).

Apabila selama pertumbuhan tanaman, lingkungan tanah sebagai media tumbuh berada dalam keadaan yang menguntungkan maka tanaman akan dapat mengadakan proses fotosintesis dengan optimal dan berpengaruh pada tanaman secara keseluruhan termasuk tinggi tanaman (Oktrianti *et al.*, 2009). Sebab macam dan jumlah unsur hara serta air yang dapat diserap tanaman sangat tergantung pada kesempatan tanaman tersebut untuk mendapatkannya dari tanah (Sitompul dan Guritno *cit* Oktrianti *et al.*, 2009). Menurut Aisyah *cit* Oktrianti *et al.*, (2009), pemupukan juga sangat berpengaruh pada sifat dan jenis tanah yang akan dipupuk. Dari analisa tanah akan diketahui keadaan tanah baik dari segi kesuburan fisik, kesuburan kimia dan sebagainya.

Pemenuhan kebutuhan unsur hara bagi tanaman salah satunya dapat diperoleh dari pupuk kandang. Pupuk kandang adalah pupuk yang berupa kotoran padat dan cair dari ternak. Kotoran ini dapat tercampur dengan sisa-sisa makanan ataupun alat kandang. Sumber bahan organik tanah yang berasal dari sisa padatan dan cairan limbah ternak ini banyak mengandung unsur hara N, P, K, Ca, Mg, S, dan Bo. Pupuk kandang sebagai sumber bahan organik tanah mempunyai kandungan hara yang berbeda-beda tergantung dari macam hewan, umur hewan, macam makanan, perlakuan, dan penyimpanan pupuk sebelum dipakai (Buckman and Brady *cit* Indrasari dan Syukur, 2006).

Salah satu jenis pupuk kandang yang sering digunakan dalam perkebunan adalah pupuk kandang kotoran sapi. Selain baik digunakan karena sifatnya yang dingin, kandungan Nitrogen dan Kaliumnya juga cukup tinggi jika dibandingkan dengan kotoran hewan lain, hal ini dikarenakan kotoran sapi bercampur dengan urin sapi. Menurut Sutedjo (2002), pupuk sapi mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman seperti N 0,60%, P 0,15%, K 0,45% dan air 86%. Kemudian Sutedjo (2002) mengatakan, bahwa rata-rata kandungan unsur hara dalam kotoran sapi yaitu bahan padat (feses) mengandung N sebesar 0,40%, P_2O_5 sebesar 0,20%, K_2O sebesar 0,10% sedangkan bahan cair (urin) mengandung N sebesar 1,00%, P_2O_5 sebesar 0,20% dan K_2O sebesar 1,35%. Senyawa Nitrogen akan merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu menambah tinggi tanaman (Buckman and Brady *cit* Wuryaningsih, 1994).

Selain mengandung Nitrogen, di dalam urin sapi terkandung pula berbagai jenis mineral dan hormon yang diekstrak dari makanan yang dicerna dari dalam usus. Ada 2 jenis hormon penting yang dikandung urin sapi yaitu auksin dan giberelin (GA). Kandungan auksin yang terdapat dalam urin sapi berasal dari salah satu zat yang terkandung dalam pakan hijau. Zat ini dapat dicerna tubuh sapi dan akhirnya terbuang bersama air kemihnya. Bagi tanaman auksin berperan secara alami dalam proses pertumbuhan dan differensiasi sel sehingga meningkatkan pertumbuhan vegetatif yang dapat mempengaruhi perkembangan generatif (Gardner, *et al cit* Sioktriani (2007)). Auksin di dalam tubuh tanaman berperan terhadap pertumbuhan, pembesaran dan perpanjangan sel, fototropisme, geotropisme, dominansi pucuk, pengguguran bagian-bagian tanaman, pembungaan dan pembentukan buah serta berperan aktif dalam inisiasi akar.

Pupuk kandang sapi sebagai sumber bahan organik memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan pupuk anorganik seperti (1) pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah (2) meningkatkan nilai tukar kation (3) memperbaiki struktur tanah (4) meningkatkan aerasi dan kemampuan tanah dalam memegang air (5) menyediakan lebih banyak macam unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro lainnya (Tisdale dan Nelson *cit* Sumadi, 2009). Selain itu, menurut Simbolo *cit* Sumadi (2009), pemakaian pupuk kandang sapi dalam jangka waktu panjang akan menyebabkan porositas tanah cenderung meningkat dan kerapatan padatan menurun dibandingkan dengan pemakaian pupuk kimia yang menyebabkan peningkatan kepadatan permukaan tanah.

Kotoran sapi yang diberikan ke dalam tanah akan mengalami dekomposisi yang berakhir dengan mineralisasi dan terbentuk bahan yang relatif resisten yaitu humus. Humus yang tersusun dari selulosa, lignin dan protein mempunyai kandungan C-organik umumnya 58% sehingga dapat dipahami bahwa pemberian kotoran sapi akan meningkatkan jumlah humus dalam tanah yang berarti juga meningkatkan C-organik tanah (Syukur dan Harsono *cit* Sumadi, 2009). Suhardjo (1990), menambahkan bahwa kandungan C dalam bahan organik yang tinggi (57%) memungkinkan bahan organik untuk menyerap air 2-4 kali lipat dari bobotnya. Karena kandungan air tersebut maka humus dapat menjadi penyangga bagi ketersediaan air. Tanah-tanah yang banyak mengandung bahan organik memerlukan air lebih banyak untuk disimpan sebagai persediaan. Dengan demikian kelembaban tanah akan terjaga lebih baik. Bahan organik juga dapat menstabilkan suhu tanah karena dapat menyerap panas lebih tinggi dan sebaliknya dapat juga menjadi isolator panas karena mempunyai daya hantar panas rendah. Karena itu walaupun permukaan tanah mendapat panas yang lebih tinggi dari sinar matahari, tetapi tanah bagian bawah tidak terlalu berpengaruh, sehingga variasi panas pada penampang yang disinari matahari cukup tinggi (Suhardjo, 1990).

Kandungan nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) dalam kotoran sapi potong tertera dalam tabel di bawah ini :

Tabel 2.4.1. Kandungan N, P dan K dalam kotoran sapi potong

Berat badan sapi (kg)	N (%)	P (%)	K(%)
277	28,1	9,1	20,0
340	42,2	13,6	30,0
454	56,2	18,2	39,9
567	70,3	22,7	49,9

Sumber : Vanderholm *cit* Prihandini dan Purwanto, (2007)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Gedoan *et al.*, (2011), pertumbuhan jarak pagar pada lahan pasca bekas tambang timah di Bangka yang diberi pupuk organik menunjukkan pertumbuhan awal yang paling baik adalah aksesori Jember berupa diameter batang, berat kering tanaman, berat kering tajuk dan berat kering akar, sedangkan untuk tinggi tanaman pada aksesori Madiun. Sementara itu, dalam penelitian yang dilakukan oleh Tola *et al.*, (2007), penggunaan pupuk bokhaski kotoran sapi berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman jagung. Begitu juga halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Dahlan *et al.*, (2011), penggunaan kompos sapi pada tanaman melon menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap tinggi tanaman. Hal ini disebabkan karena pupuk kandang memiliki kandungan unsur hara dan bahan organik yang dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Ketersediaan unsur hara dalam tanah, berpengaruh pada struktur tanah dan tata udara tanah sehingga mempengaruhi kemampuan akar dalam menyerap unsur hara. Penyerapan yang baik oleh akar akan menentukan pertumbuhan vegetatif yang baik pula (Dahlan *et al.*, 2011).

2.5 Fotosintesis, Kandungan Klorofil, dan Konduktansi Stomata

Fotosintesis merupakan suatu proses dimana energi cahaya dikonversi menjadi energi kimia yang dapat digunakan untuk biosintesis karbohidrat. Proses fotosintesis terbagi menjadi dua tahapan, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Reaksi terang disebut juga dengan siklus Hill dan terjadi pada bagian tilakoid kloroplas. Reaksi penting pada tahapan ini adalah proses pembentukan energi berupa ATP dan NADPH melalui fotolisis air dan fotofosforilasi. Produk lain yang dihasilkan dari reaksi terang adalah gas O₂ yang akan berdifusi ke atmosfer. ATP dan NADPH yang dihasilkan akan digunakan untuk tahapan selanjutnya, yaitu reaksi gelap atau siklus Calvin-Benson yang terjadi di stroma. CO₂ atmosfer akan difiksasi oleh RuBP dan direduksi menjadi gula oleh ATP dan NADPH (Campbell *et al.*, 2009).

Laju fotosintesis dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti kadar air (Mokhatar *et al.*, 2011) dan intensitas cahaya (Senevirathna *et al.*, 2003). Laju fotosintesis menurun seiring meningkatnya defisit air pada media tumbuh. Hal ini disebabkan oleh menurunnya laju difusi CO₂ ke ruang antar sel daun akibat pengecilan bukaan stomata (Jaleel, *et al.*, 2009).

Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga dan bakteri fotosintetik. Senyawa ini yang berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah tenaga cahaya matahari menjadi tenaga kimia. Ada 3 fungsi utama klorofil. Pertama, memanfaatkan energi matahari. Kedua, memicu fiksasi CO₂ menjadi karbohidrat, dan yang ketiga menyediakan dasar energetik bagi ekosistem secara keseluruhan. Karbohidrat yang dihasilkan fotosintesis melalui proses anabolisme diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat, dan molekul organik lainnya. Pada tanaman tingkat tinggi ada 2 macam klorofil yaitu klorofil *a* (C₅₅H₇₂O₅N₄Mg) yang berwarna hijau tua dan klorofil *b* (C₅₅H₇₀O₆N₄Mg) yang berwarna hijau muda. Klorofil *a* dan klorofil *b* paling kuat menyerap cahaya di bagian merah (600-700 nm), sedangkan yang paling sedikit cahaya hijau

(500-600 nm). Sedangkan cahaya berwarna biru dari spektrum tersebut diserap oleh karotenoid.

Klorofil terikat secara kovalen pada membran tilakoid kloroplas. Klorofil merupakan molekul ampifilik dengan rantai fitol karbon yang sangat bersifat hidrofobik, sedangkan bagian cincin porfirin bersifat hidrofilik (Kimball, 1998). Molekul klorofil mengandung suatu cincin tetrapirrol (porfirin) dengan atom Mg sebagai inti porfirin. Klorofil tidak larut dalam air, melainkan larut dalam senyawa pelarut organik seperti etanol, metanol, aseton dan kloroform. Klorofil bersifat fluoresen, artinya dapat menerima sinar dan mengembalikannya dalam gelombang yang berlainan. Biosintesis klorofil dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor genetik, cahaya, suhu, air, dan unsur N, Mg, Fe, dan Mn. Cekaman kekeringan dapat mengubah rasio produksi klorofil a, klorofil b dan karotenoid. Kandungan klorofil menurun secara signifikan seiring meningkatnya defisit air pada media tumbuh (Jaleel, *et al.*, 2009).

2.6. Hipotesis Penelitian

- 1) Aplikasi bahan organik kotoran Ayam dan Sapi pada tanah bekas tambang bauksit berpengaruh secara signifikan terhadap tinggi tanaman, diameter batang, berat basah dan berat kering *Hevea brasiliensis* L. Klon PB 260.
- 2) Aplikasi bahan organik kotoran Ayam dan Sapi pada tanah bekas tambang bauksit berpengaruh secara signifikan terhadap laju fotosintesis dan kandungan klorofil *Hevea brasiliensis* L. Klon PB 260.
- 3) Aplikasi bahan organik kotoran ayam dan sapi pada tanah bekas tambang bauksit berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan akar *Hevea brasiliensis* L. Klon PB 260.