

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Agroforestri

Lundgren dan Raintree (1982) dalam Hairiah (2003) mengajukan definisi agroforestri yaitu istilah kolektif untuk sistem-sistem dan teknologi-teknologi penggunaan lahan, yang secara terencana dilaksanakan pada satu unit lahan dengan mengkombinasikan tumbuhan berkayu (pohon, perdu, palem, bambu dan jenis lainnya) dengan tanaman pertanian atau hewan (ternak) atau ikan, yang dilakukan pada waktu yang bersamaan atau bergiliran sehingga terbentuk interaksi ekologis dan ekonomis antar berbagai komponen yang ada. Sebagaimana pemanfaatan lahan lainnya, agroforestri dikembangkan untuk memberi manfaat kepada manusia atau meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Agroforestri utamanya diharapkan dapat membantu mengoptimalkan hasil suatu bentuk penggunaan lahan secara berkelanjutan guna menjamin dan memperbaiki kebutuhan hidup masyarakat.

Agroforestri dalam bahasa Indonesia lebih dikenal dengan istilah wanatani. Untuk pengertian sederhana agroforestri adalah membudidayakan pepohonan dengan tanaman pertanian (pangan).

De Foresta, dkk, (1997), mengelompokkan agroforestri ini menjadi dua yaitu sistem agroforestri sederhana dan sistem agroforestri kompleks.

1. Sistem agroforestri sederhana. Perpaduan satu jenis tanaman tahunan dan satu atau beberapa jenis tanaman semusim. Jenis pohon yang ditanam bisa bernilai ekonomi tinggi seperti Kelapa, Karet, Cengkeh, Jati, atau bernilai ekonomi rendah seperti Dadap, Lamtoro, dan Kaliandra. Tanaman semusim biasanya Padi, Jagung, palawija, sayur-mayur, rerumputan atau jenis tanaman lain seperti Pisang, Kopi, dan Kakao. Contoh: budidaya pagar (*alley cropping*) Lamtoro dengan Padi atau Jagung, pohon Kelapa ditanam pada pematang mengelilingi sawah.

2. Sistem agroforestri kompleks. Suatu sistem pertanian menetap yang berisi banyak jenis tanaman (berbasis pohon) yang ditanam dan dirawat oleh penduduk setempat, dengan pola tanam dan ekosistem menyerupai dengan yang dijumpai di hutan. Sistem ini mencakup sejumlah besar komponen pepohonan, perdu, tanaman musiman dan atau rumput. Penampakan fisik dan dinamika di dalamnya mirip dengan ekosistem hutan alam baik primer maupun sekunder. Sistem agroforestri kompleks ini dibedakan atas pekarangan berbasis pepohonan dan agroforestri kompleks, yaitu:

- a. Pekarangan, biasanya terletak di sekitar tempat tinggal dan luasnya hanya sekitar 0,1–0,3 ha, dengan demikian sistem ini lebih mudah dibedakan dengan hutan. Contoh: kebun talun dan karang kitri.
- b. Agroforestri kompleks, merupakan hutan masif yang merupakan mosaik (gabungan) dari beberapa kebun berukuran 1-2 ha milik perorangan atau berkelompok, letaknya jauh dari tempat tinggal bahkan terletak pada

perbatasan desa, dan biasanya tidak dikelola secara intensif.

Contoh: agroforestri atau kebun karet, agroforest atau kebun damar.

Praktek penggunaan lahan dengan sistem tumpang sari atau agroforestri bukan menjadi hal yang baru di Provinsi Lampung, sebagai contoh yaitu sistem agroforestri damar yang termasuk sistem agroforestri kompleks mengkombinasikan Damar dengan jenis MPTS, palem-paleman, dan Bambu di Sumberjaya Lampung Barat (De Foresta, 2000). Bentuk lain penggunaan lahan dengan agroforestri di Lampung adalah di Desa Pesawaran Indah. Lokasi penelitian merupakan lahan dengan sistem agroforestri kompleks yaitu komposisi vegetasi penyusun lahan beranekaragam baik dari tanaman kayu, tanaman MPTS, tanaman semusim pertanian/perkebunan bahkan ternak.

Sistem pengelolaan agroforestri selain bermanfaat dalam meningkatkan produktivitas lahan juga bermanfaat dalam mengikat karbon dalam jumlah yang besar (Watson, 2000 dalam Aqsa, 2010), agroforestri dapat digunakan untuk menghubungkan hutan yang mengalami fragmentasi dan habitat kritis lainnya sebagai bagian dari strategi manajemen lingkungan secara luas yang memungkinkan terjadinya migrasi spesies sebagai akibat penambahan populasi genetik dan sebagai respon atas perubahan iklim. Pohon dan semak belukar yang ditanam dalam *shelterbelts* dapat menyimpan karbon di dalam akar dan tunasnya, juga memberikan perlindungan pada tanah dan tanaman pertanian dan menyediakan keanekaragaman hayati dan habitat satwa liar (Pandey, 2002 dalam Aqsa, 2010).

Terjadinya deposisi tanah akibat pengikisan oleh air atau sedimentasi melalui intersepsi pada aliran permukaan, merupakan hal yang banyak terdapat dalam praktek agroforestri, seperti *shelterbelts* dan areal penyangga di tepi sungai, dapat mengikat sejumlah karbon secara signifikan yang banyak terdapat pada topsoil, dan sebaliknya jika tanpa praktik agroforestri akan hilang dari sistem ini (Lal, 1999; Kimble, 2003 dalam Aqsa, 2010). Kawasan hutan penyangga di tepi sungai (*Riparian zone*) mampu menyimpan atau menampung karbon secara alami serta ketika pohon dan semak tumbuh pada lingkungan tersebut dengan baik, maka dapat menjadi filter zat-zat beracun yang keluar dari aktivitas agrikultur atau aktivitas masyarakat.

Praktek sistem agroforestri di daerah temperate telah menunjukkan kemampuannya untuk menyimpan karbon dalam jumlah besar (Kort dan Turlock, 1999; Schroeder, 1994 dalam Aqsa, 2010). Sistem agroforestri di daerah tropik membantu untuk memperoleh kembali stok C sebesar 35% dari hutan yang ditebang habis, dibandingkan dengan lahan pertanian dan padang penggembalaan yang hanya 12% (Palm, 1998 dalam Aqsa, 2010). Berdasarkan penilaian pendahuluan atas unsur C yang berada di bumi ini secara nasional dan global, ada dua manfaat utama dari sistem agroforestri yang telah diidentifikasi yaitu untuk mengatur penyimpanan karbon secara langsung (beberapa dekade sampai berabad-abad) di dalam pohon juga tanah dan sangat potensial untuk mengimbangi emisi gas rumah kaca akibat deforestasi dan perladangan.

B. Biomassa

Biomassa didefinisikan sebagai keseluruhan materi yang berasal dari makhluk hidup, termasuk bahan organik baik yang hidup maupun yang mati, baik yang ada di atas permukaan tanah maupun yang ada di bawah permukaan tanah, misalnya pohon, hasil panen, rumput, serasah, akar, hewan dan sisa/kotoran hewan (*Epa Glossary* dalam Sutaryo, 2009). Di permukaan bumi ini, kurang lebih terdapat 90% biomassa yang terdapat dalam hutan berbentuk kayu, dahan, daun, akar dan sampah hutan (serasah), hewan, dan jasad renik (Arief, 2005).

Biomassa digunakan sebagai dasar perhitungan bagi kegiatan pengelolaan hutan, karena hutan dapat dianggap sebagai sumber (*source*) dan rosot (*sinks*) dari karbon. Jumlah persediaan biomassa tergantung pada terganggu atau tidaknya hutan, ada atau tidaknya permudaan alam, dan peruntukkan hutan. Menurut Lugo dan Snedaker (1974) dalam Onrizal (2004) menyatakan bahwa biomassa tegakan hutan dipengaruhi oleh umur tegakan hutan, sejarah perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan. Menurut Kusmana (1993) dalam Onrizal (2004) biomassa dapat dibedakan ke dalam dua kategori yaitu biomassa di atas permukaan tanah (*above ground biomass*) dan biomassa di bawah permukaan tanah (*below ground biomass*). Jumlah jenis, kerapatan jenis dan penyebaran jenis penting artinya dalam keterwakilan pengambilan contoh biomassa dan kandungan hara (Istomo, 2006).

Sutaryo (2009), menuliskan bahwa dalam inventarisasi karbon hutan, *carbon pool* yang diperhitungkan setidaknya ada 4 kantong karbon. Keempat kantong karbon

tersebut adalah biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati dan karbon organik tanah.

1. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.

2. Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan serasah.

3. Bahan organik mati meliputi kayu mati dan serasah. Serasah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam serasah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.

4. Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

Biomassa yang akan diukur di lokasi penelitian, tersimpan pada biomassa di atas permukaan tanah seperti pohon, tiang, pancang, semai dan serasah. Biomassa di bawah permukaan tidak dilakukan karena keterbatasan waktu penelitian dan alat yang digunakan.

C. Penghitungan Biomassa

Menurut Sutaryo (2009), terdapat 4 cara utama untuk menghitung biomassa yaitu:

1. Sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) secara *in situ*. Metode ini dilaksanakan dengan memanen seluruh bagian tumbuhan termasuk akarnya, mengeringkannya dan menimbang berat biomasanya. Pengukuran dengan metode ini untuk menghitung biomassa hutan dapat dilakukan dengan mengulang beberapa area sampel/cuplikan atau melakukan ekstrapolasi untuk area yang lebih luas dengan menggunakan persamaan alometrik. Meskipun metode ini terhitung akurat untuk menghitung biomassa pada cakupan area kecil, metode ini terhitung mahal dan sangat memakan waktu.

2. Sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*) dengan data pendataan hutan secara *in situ*. Metode ini merupakan cara sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini antara lain dilakukan dengan mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan alometrik untuk mengekstrapolasi biomassa.

3. Pendugaan melalui penginderaan jauh.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh umumnya tidak dianjurkan terutama untuk proyek-proyek dengan skala kecil. Kendala yang umumnya adalah karena teknologi ini relatif mahal dan secara teknis membutuhkan keahlian tertentu yang mungkin tidak dimiliki oleh peneliti. Metode ini juga kurang efektif pada daerah aliran sungai, pedesaan atau wanatani (agroforestri) yang berupa mosaik dari berbagai penggunaan lahan dengan petak berukuran kecil (beberapa ha saja). Hasil penginderaan jauh dengan resolusi sedang mungkin sangat bermanfaat

untuk membagi area proyek menjadi kelas-kelas vegetasi yang relative homogen. Hasil pembagian kelas ini menjadi panduan untuk proses survey dan pengambilan data lapangan. Untuk mendapatkan estimasi biomassa dengan tingkat keakuratan yang baik memerlukan hasil penginderaan jauh dengan resolusi yang tinggi, tetapi hal ini akan membutuhkan biaya yang besar.

4. Pembuatan model

Model digunakan untuk menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi dan intensitas pengamatan insitu atau penginderaan jauh yang terbatas. Umumnya, model empiris ini didasarkan pada jaringan dari sampel plot yang diukur berulang, yang mempunyai estimasi biomassa yang sudah menyatu atau melalui persamaan alometrik yang mengkonversi volume menjadi biomassa (Australian Greenhouse Office, 1999).

Penelitian yang dilakukan di Desa Pesawaran Indah hanya menggunakan dua metode yaitu sampling dengan pemanenan dan sampling tanpa pemanenan. Sampling pemanenan dilakukan untuk tumbuhan bawah serta serasah sedangkan sampling tanpa pemanenan dilakukan untuk vegetasi fase pohon, tiang dan pancang. Sampling tanpa pemanenan pada vegetasi yang masih berdiri dilakukan untuk menghindari resiko kerusakan vegetasi tersebut. Penginderaan jauh dan pembuatan model tidak dilakukan, selain karena keterbatasan alat, metode dengan pengambilan sampling sudah cukup melengkapi data penghitungan biomassa.

C. Karbon Hutan (C)

Berdasarkan keberadaannya di alam Hairiah dan Rahayu (2007) membagi komponen karbon (C) dapat menjadi 2 kelompok yaitu:

1. Karbon di atas permukaan tanah, meliputi:

- a. *Biomassa pohon*, proporsi terbesar penyimpanan C di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan. Untuk mengurangi tindakan kerusakan selama pengukuran, biomassa pohon dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan allometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang.
- b. *Biomassa tumbuhan bawah*, tumbuhan bawah meliputi semak belukar yang berdiameter batang < 5 cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomassa tumbuhan bawah dilakukan dengan mengambil bagian tanaman (melibatkan kerusakan).
- c. *Nekromasa*, batang pohon mati baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah, yang merupakan komponen penting dari C dan harus diukur pula agar diperoleh estimasi penyimpanan C yang akurat.
- d. *Serasah*, meliputi bagian tanaman yang telah gugur berupa daun dan ranting-ranting yang terletak di permukaan tanah.

2. Karbon di dalam tanah, meliputi:

- a. *Biomassa akar*, akar mentransfer C dalam jumlah besar langsung ke dalam tanah, dan keberadaannya dalam tanah cukup lama. Biomassa akar pada tanah hutan lebih didominasi oleh akar-akar besar (diameter > 2 mm), sedangkan pada tanah pertanian lebih didominasi oleh akar-akar halus yang lebih pendek daur hidupnya. Biomassa akar dapat diestimasi berdasarkan diameter akar proksimal dengan cara yang sama mengestimasi biomassa pohon yang didasarkan pada diameter batang.

- b. *Bahan organik tanah*, sisa tanaman, hewan dan manusia yang ada di permukaan dan di dalam tanah, sebagian atau seluruhnya dirombak oleh organisme tanah sehingga melapuk dan menyatu dengan tanah, dinamakan bahan organik tanah.

Penelitian di Desa Pesawaran Indah dilakukan untuk mengetahui karbon hutan yang ada di atas permukaan tanah yaitu karbon yang tersimpan dalam pohon, tiang, pancang, semai dan serasah. Persentase hasil pendugaan serapan karbon di Desa Pesawaran Indah dapat dijadikan informasi baru bagi pemerintah daerah, bahwa agroforestri di Desa Pesawaran Indah menyumbang sekian persen dalam membantu mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

Berdasarkan penelitian Tampubolon (2011), hasil pendugaan cadangan karbon di atas permukaan tanah pada sistem agroforestri di hutan marga Pekon Sukarame adalah 1.040.063 Mg/Ha; Pekon Bedudu 793.444 Mg/Ha; Pekon Bakhu 664.594 Mg/Ha. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006) merekomendasikan bahwa angka stok karbon pada kategori lahan hutan primer, agroforestri dan sekunder (*forest land*) adalah 138 Mg/Ha, hal ini menunjukkan bahwa cadangan karbon tersimpan di atas permukaan tanah pada sistem agroforestri di Hutan Marga Pekon Sukarame, Bedudu dan Bakhu masih tergolong baik.

Penelitian Hairiah (2006) menunjukkan bahwa setiap petak penggunaan lahan dalam agroforestri menyumbang jumlah cadangan karbon yang berbeda, seperti dalam sistem agroforestri di Sumberjaya Lampung Barat jumlah cadangan karbon di atas permukaan tanah pada agroforestri kompleks (kopi multistrata) rata-rata

sekitar 18 hingga 21 Mg/ha, sedangkan pada agroforestri sederhana (kopi naungan) sekitar 10 hingga 12 Mg/ha. Hutan di Indonesia diperkirakan memiliki cadangan karbon berkisar antara 151–300 Mg/ha sedangkan rekomendasi IPCC nilai cadangan karbon hutan tropik Asia berkisar antara 40–250 mg/ha untuk vegetasi (Zulkifli, dkk, 2010).

D. REDD dan REDD⁺

Upaya yang telah dicoba untuk mengurangi gas rumah kaca yaitu dengan pengurangan deforestasi dan degradasi hutan dikenal dengan mekanisme *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD). REDD berusaha menerapkan pengoptimalisasian lahan untuk mengurangi terjadinya deforestasi dan degradasi hutan dengan pemberian insentif terhadap negara yang tetap mau menjaga kawasan hutannya (CIFOR, 2010).

Pemerintah telah mengeluarkan aturan mengenai pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebagaimana tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang Penyusunan Rencana Aksi Nasional penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Pemerintah Indonesia berkomitmen menurunkan emisi GRK sebesar 26% dengan usaha sendiri atau 41% dengan bantuan internasional pada 2020 (Rinda, 2012).

Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) tahun 2012, pemerintah daerah Provinsi Lampung telah membentuk tim penyusunan Rencana Aksi Daerah penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK). RAD-GRK adalah dokumen yang menyediakan arahan bagi pemerintah daerah untuk melaksanakan berbagai kegiatan penurunan emisi GRK, baik secara langsung maupun tidak

langsung dalam kurun waktu tertentu. Rancangan tersebut selanjutnya menjadi bahan masukan dan dasar penyusunan dokumen-dokumen rencana strategis daerah. RAD-GRK ini bersifat multisektor dengan mempertimbangkan karakteristik, potensi, dan kewenangan, serta integrasi dengan rencana pembangunan daerah. (Bappeda, 2012).

Kegiatan-kegiatan penurunan emisi GRK yang dilakukan atau difasilitasi oleh pemerintah, bersifat partisipatif dan menggunakan referensi yang tersedia di tingkat nasional. Beberapa sektor yang berpotensi tinggi menyumbang emisi gas rumah kaca di Provinsi Lampung adalah deforestasi, gas buang kendaraan bermotor, limbah industri, emisi yang dikeluarkan oleh industri dan rumah tangga, serta sistem pengelolaan sampah dan limbah rumah tangga (Rinda, 2012).

Dalam penyusunan RAD-GRK, Bappeda Provinsi Lampung membentuk enam kelompok kerja (Pokja) dengan target pengurangan emisi di sektor pertanian sebesar 0,27%, sektor kehutanan dan lahan gambut sebesar 22,78%, sektor industri 0,03%, sektor limbah 1,63%, bidang energi dan transportasi sebesar 1,29%.

Seiring berjalannya waktu muncul suatu pemikiran bahwa tidak hanya deforestasi dan degradasi hutan yang harus dihindarkan, tetapi keanekaragaman hayati berupa flora dan fauna yang ada di dalam hutan secara optimis dapat dilestarikan dengan cara tersebut. Berdasarkan isu ini, maka ada wacana yang dikenal dengan REDD⁺.

REDD⁺ merupakan singkatan dari *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Stocks in Developing Countries* (pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan dan penambahan cadangan karbon hutan di negara berkembang). REDD⁺ telah menjadi subyek perdebatan yang hangat sejak Papua Nugini dan Kosta Rika menjabarkan proposal pengurangan emisi deforestasi pada diskusi perubahan iklim pada tahun 2005.

REDD⁺ merupakan sebuah mekanisme yang diajukan bertujuan untuk memperlambat perubahan iklim dengan membayar sejumlah negara berkembang agar menghentikan kegiatan penebangan hutan di negara berkembang. Tanda ‘plus’ di REDD⁺ menambahkan konservasi dan pengelolaan hutan secara lestari, pemulihan hutan dan penghutanan kembali, serta peningkatan cadangan karbon hutan (CIFOR, 2010).

REDD⁺ juga menawarkan peluang bagi penyelamatan salah satu ekosistem dunia yang paling berharga. Hutan tidak lagi hanya dipandang sebagai sumber kayu yang menanti untuk dipanen atau lahan yang menunggu giliran untuk dibuka bagi kepentingan pertanian. REDD⁺ menjadi faktor yang sangat penting dalam berbagai negosiasi perubahan iklim internasional (CIFOR, 2010).

Penelitian untuk mengetahui serapan karbon di Desa Pesawaran Indah merupakan salah satu contoh awal dari mekanisme REDD dan REDD⁺ yaitu untuk menghitung nilai dari hutan dalam fungsinya menyerap karbon, dan mengetahui jenis keanekaragaman hayati disuatu daerah lahan hutan. Hasil penghitungan jumlah serapan karbon di Desa Pesawaran Indah diharapkan menjadi informasi berkenaan dengan adanya target penurunan emisi GRK di Lampung.

