

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian erosi

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian bagian tanah terkikis dan terangkut, kemudian diendapkan di tempat lain (Arsyad, 2010). Pengikisan, pengangkutan dan pemindahan tanah tersebut dilakukan oleh media alami yaitu air dan angin.

Proses erosi terjadi melalui penghancuran, pengangkutan, dan pengendapan (Meyer *et al.* 1991; Utomo 1987; dan Foth (1978, dalam Banuwa, 2008). Di alam terdapat dua penyebab utama yang aktif dalam proses ini yakni angin dan air. Pada daerah iklim tropik basah seperti Indonesia, air merupakan penyebab utama terjadinya erosi, sedangkan angin tidak mempunyai pengaruh berarti (Arsyad 2010). Beasley (1972, dalam Banuwa, 2008) dan Hudson (1976, dalam Banuwa, 2008) berpendapat, bahwa erosi adalah proses kerja fisik yang keseluruhan prosesnya menggunakan energi. Energi ini digunakan untuk menghancurkan agregat tanah (*detachment*), memercikkan partikel tanah (*splash*), menyebabkan gejolak (*turbulence*) pada limpasan permukaan, serta menghanyutkan partikel tanah.

Erosi tanah (*soil erosion*) terjadi melalui dua proses yakni proses penghancuran partikel-partikel tanah (*detachment*) dan proses pengangkutan

(*transport*) partikel-partikel tanah yang sudah dihancurkan. Kedua proses ini terjadi akibat hujan (*rain*) dan aliran permukaan (*run off*) yang dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain curah hujan (intensitas, diameter, lama dan jumlah hujan), karakteristik tanah (sifat fisik), penutupan lahan (*land cover*), kemiringan lereng, panjang lereng dan sebagainya (Wischmeier dan Smith 1978, dalam Banuwa, 2008). Faktor-faktor tersebut satu sama lain bekerja secara simultan dalam mempengaruhi erosi (Banuwa, 2008).

Mekanisme terjadinya erosi menurut Schwab (1999, dalam Nurpilihan, 2011) diidentifikasi menjadi tiga tahap yaitu (i) *detachment* (penghancuran tanah dari agregat tanah menjadi partikel-partikel tanah); (ii) *transportation* (pengangkutan partikel tanah oleh limpasan hujan atau *run off* dan (iii) *sedimentation* (sedimen/pengendapan tanah tererosi); tanah tererosi akan terendapkan pada cekungan-cekungan atau pada daerah-daerah bagian bawah.

Selanjutnya, Banuwa (2008), menyatakan bahwa kehilangan tanah hanya akan terjadi jika kedua proses tersebut di atas berjalan. Tanpa proses penghancuran partikel-partikel tanah, maka erosi tidak akan terjadi, tanpa proses pengangkutan, maka erosi akan sangat terbatas. Kedua proses tersebut di atas dibedakan menjadi empat sub proses yakni: (1) penghancuran oleh curah hujan; (2) pengangkutan oleh curah hujan; (3) penghancuran (*scour*) oleh aliran permukaan; dan (4) pengangkutan oleh aliran permukaan. Jika butir hujan mencapai permukaan tanah, maka partikel-partikel tanah dengan berbagai ukuran akan terpercik (*splashed*) ke segala arah, menyebabkan terjadinya penghancuran dan pengangkutan partikel-partikel tanah. Jika aliran permukaan tidak terjadi (seluruh curah hujan terinfiltrasi), maka seluruh partikel-partikel yang terpercik

akibat curah hujan akan terdeposisi di permukaan tanah. Selanjutnya jika aliran permukaan terjadi, maka partikel-partikel yang terdeposisi tersebut akan diangkut ke lereng bagian bawah.

Hujan dengan *drop size* (ukuran butir-butir hujan) dengan *kinetic energy* dan massanya akan memukul agregat tanah sehingga hancur menjadi partikel-partikel tanah; dan dengan mudah akan dibawa oleh limpasan hujan ke tempat-tempat yang lebih rendah (*sedimentation*). Besar dan kecepatan limpasan hujan sangat tergantung dari kemiringan tanah dan kapasitas infiltrasi (Nurpilihan, dkk., 2011).

Manik (2003) menyatakan bahwa erosi merupakan proses penghancuran, pengikisan dan pengangkutan butir-butir tanah atau bagian-bagian tanah dari stau tempat ke tempat lain oleh air atau angin. Kehilangan tanah ditempat erosi terjadi adalah sebanyak tanah yang terangkut dari tempat itu. Di daerah yang beriklim basah seperti di Indonesia, erosi terutama disebabkan oleh air yang merupakan hasil kerja dispersi butir-butir hujan dengan aliran permukaan. Laju erosi (E) dipengaruhi oleh factor-faktor: iklim(i); lereng atau topografi (r); jenis dan tipe vegetasi (v); tanah (t); serta manusia (m), yang dirumuskan sebagai berikut:  $E = f(i,r,v,t,m)$ .

Selanjutnya Manik (2003) menyatakan bahwa dari faktor-faktor yang mempengaruhi laju erosi tersebut, faktor yang dapat diubah manusia adalah jenis dan tipe vegetasi (tumbuhan), sebagian dari sifat tanah (kesuburan tanah, ketahanan agregat, dan kapasitas infiltrasi), serta panjang lereng. Faktor yang tidak dapat atau sulit diubah manusia adalah iklim, tipe tanah, dan kecuraman lereng. Erosi tanah memberikan dampak di dua tempat, yaitu di tempat terjadinya

erosi (internal) dan di luar terjadinya erosi (external). Dampak internal berupa penurunan kesuburan dan produktivitas lahan, sedangkan dampak eksternal adalah terjadinya pencemaran perairan dan sedimentasi, yang menyebabkan pendangkalan sungai, waduk, danau atau pantai.

Erosi internal adalah terangkutnya butir-butir tanah primer ke bawah dan masuk ke dalam celah celah atau pori-pori tanah sehingga tanah menjadi kedap air dan udara. Erosi ini tidak menyebabkan kerusakan yang berarti, karena bagian bagian tanah tidak hilang atau pindah ke tempat lain. Akibat erosi ini adalah menurunnya kapasitas infiltrasi tanah secara cepat sehingga meningkatkan aliran permukaan yang akan menyebabkan terjadinya erosi lembar atau erosi alur (Susanto, 1992).

Konservasi tanah diartikan sebagai penempatan setiap bidang tanah pada cara penggunaan yang sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah (Arsyad, 2010). Konservasi tanah bukan berarti penundaan atau pelarangan penggunaan tanah, tetapi menyesuaikan jenis penggunaannya dengan kemampuan tanah dan memberikan perlakuan sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tanah berfungsi secara lestari. Setiap perlakuan yang diberikan pada sebidang tanah akan mempengaruhi tata air, sehingga usaha untuk mengkonservasi tanah juga merupakan konservasi air (Priyono dan Cahyono, 2004).

## B. Prediksi Erosi

Prediksi erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah dengan penggunaan dan pengelolaan lahan tertentu. Dengan

diketuinya perkiraan dan ditetapkan laju erosi yang masih dapat ditoleransi, maka dapat ditentukan kebijaksanaan penggunaan lahan dan tindakan konservasi yang diperlukan untuk areal tersebut. Tindakan konservasi tanah dan penggunaan lahan yang diterapkan harus dapat menekan laju erosi agar “sama atau lebih kecil” daripada laju erosi yang masih dapat ditoleransikan.

Laju erosi yang masih dapat ditoleransikan adalah laju erosi yang dinyatakan dalam mm/tahun atau ton/ha/tahun yang terbesar yang masih dapat ditoleransikan agar terpelihara suatu kedalaman tanah yang cukup bagi pertumbuhan tanaman/tumbuhan yang memungkinkan tercapainya produktivitas yang tinggi secara lestari (Susanto, 1992). Selanjutnya Susanto (1992) menyebutkan beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penetapan nilai erosi yang masih dapat ditoleransikan adalah: kedalaman tanah, ciri ciri fisik dan sifat sifat tanah lainnya yang mempengaruhi perkembangan perakaran, pencegahan erosi parit, penyusutan kandungan bahan organik, kehilangan unsur hara dan masalah-masalah yang ditimbulkan oleh sedimen di lapangan.

Metode perkiraan erosi dapat juga digunakan sebagai alat penilai apakah suatu tindakan konservasi tanah telah berhasil mengurangi erosi dari suatu daerah aliran sungai (DAS). Salah satu metode perkiraan erosi adalah yang dikenal dengan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978).

USLE adalah suatu model erosi yang dirancang untuk memprediksi erosi rata-rata jangka panjang dari erosi lembar atau alur di bawah keadaan tertentu. Ia juga bermanfaat untuk tanah tempat bangunan dan penggunaan non pertanian,

tetapi tidak dapat memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai (Arsyad, 2010).

Selanjutnya Arsyad (2010) menyatakan bahwa USLE memungkinkan perencana menduga laju rata-rata erosi suatu bidang tanah tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam penanaman dan tindakan pengelolaan (tindakan konservasi tanah) yang mungkin dilakukan atau sedang digunakan. Persamaan yang digunakan mengelompokkan berbagai parameter fisik dan pengelolaan yang mempengaruhi laju erosi ke dalam enam peubah utama yang nilainya setiap tempat dapat dinyatakan secara numerik.

Erosi pada setiap satuan lahan dihitung dengan menggunakan model *Universal of Soil Loss Equation* (USLE) (Wischmeier dan Smith (1978)). Data ini digunakan untuk menentukan agroteknologi (tindakan) konservasi dan merencanakan pemanfaatan laboratorium lapang terpadu FP Unila secara lestari. Adapun rumus USLE yang digunakan untuk prediksi erosi adalah (Wischmeier dan Smith (1978):

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Keterangan :

A	=	banyaknya tanah yang tererosi (ton/ha/th)
R	=	faktor indeks (erosivitas) hujan
K	=	faktor erodibilitas tanah
L	=	faktor panjang lereng
S	=	faktor kecuraman lereng
C	=	faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman
P	=	faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah

Penetapan nilai faktor-faktor dalam model USLE dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus atau hasil penelitian yang sudah ada:

### *Faktor Erosivitas hujan (R)*

Erosivitas hujan adalah jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I30), tahunan (Arsyad, 2010). Menurut Bols (1978, dalam Arsyad 2010), faktor erosivitas hujan (R) merupakan penjumlahan nilai-nilai indeks erosi hujan bulanan dan dihitung berdasarkan persamaan :

$$R = \sum_{i=1}^{12} (EI30)_i$$

Untuk menduga nilai EI30, Bols (1978, dalam Arsyad 2010) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$EI30 = 6,119 (\text{Rain})^{1,21} (\text{Days})^{-0,47} (\text{Maxp})^{0,53}$$

Keterangan :

EI30 = indeks erosi hujan bulanan

Rain = curah hujan rata-rata bulanan (cm)

Days = jumlah hari hujan rata-rata per bulan

Maxp = curah hujan maksimum selama 24 jam dalam bulan bersangkutan (cm)

EI30 tahunan adalah jumlah EI30 bulanan

### *Faktor Erodibilitas Tanah (K)*

Erodibilitas tanah (kepekaan erosi tanah), yaitu laju erosi per indeks erosi hujan (R) untuk suatu tanah, yang didapat dari petak percobaan standar, yaitu petak percobaan yang panjangnya 22,1 m terletak pada lereng 9 %, tanpa tanaman ( $K = A/R$ ) (Arsyad, 2010). Kepekaan erosi tanah ini sangat dipengaruhi oleh tekstur, kandungan bahan organik, permeabilitas dan kemantapan struktur tanah. Nilai erodibilitas tanah dihitung dengan menggunakan rumus Wischmeier dan Smith (1978) :

$$100K = \{1,292 (2,1 M^{1,14} (10^{-4})(12 - a) + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3))\}$$

Keterangan :

K = erodibilitas tanah

M = kelas tekstur tanah (% pasir halus + % debu)(100 - % liat)

a = % bahan organik

b = kode struktur tanah (Tabel Lampiran 1)

c = kode permeabilitas profil tanah (Tabel Lampiran 2)

#### *Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)*

Faktor panjang lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu tanah dengan lereng tertentu terhadap erosi dari tanah dengan panjang lereng 22,1 m di bawah keadaan yang identik. Faktor kecuraman lereng, yaitu nisbah antara besarnya erosi yang terjadi dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu, terhadap besarnya erosi dari tanah dengan kemiringan 9 % di bawah keadaan yang identik (Arsyad, 2010). Faktor panjang dan kemiringan dihitung menurut rumus (Wischmeier dan Smith 1978) untk kemiringan kurang dari 12 persen:

$$LS = (X/22)^{0.50}(0,0138 + 0,00965 S + 0,00138 S^2)$$

Untuk lahan dengan kemiringan di atas 12 persen menggunakan rumus menurut Eppink (1985) sebagai berikut:

$$LS = (X/22)^{0.50} (S/9)^{1,35}$$

Keterangan : X = panjang lereng (m) dan S = kecuraman lereng (%)

#### *Faktor Tanaman dan Pengelolaannya (C)*

Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan



tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman (Arsyad, 2010). Penentuan faktor C didasarkan atas berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Tabel Lampiran 3).

#### *Faktor Tindakan Konservasi (P)*

Faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah (pengelolaan dan penanaman menurut kontur, penanaman dalam strip, guludan, teras), yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi khusus, seperti pengelolaan menurut kontur, penanaman dalam strip, guludan, teras, terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng, dalam keadaan yang identik (Arsyad, 2010). Faktor tindakan konservasi juga ditentukan berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Tabel Lampiran 4).

#### C. Erosi yang dapat ditoleransikan

Tujuan penetapan batas laju erosi yang dapat dibiarkan adalah agar dapat menurunkan laju erosi yang terjadi pada suatu lahan baik pertanian maupun non pertanian terutama pada lahan-lahan yang mempunyai kemiringan yang berlereng. Secara teori dapat dikatakan bahwa laju erosi harus seimbang dengan laju pembentukan tanah, namun dalam prakteknya sangat sulit untuk mencapai keadaan yang seimbang tersebut (Nurpilihan, dkk., 2011).

Penetapan batas tertinggi laju erosi yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan adalah perlu, oleh karena tidaklah mungkin menekan laju erosi menjadi nol dari tanah-tanah yang diusahakan untuk pertanian terutama pada tanah-tanah yang berlereng. Akan tetapi suatu kedalaman tanah tertentu harus dipelihara agar didapat suatu volume tanah yang cukup, baik bagi tempat

berjangkarnya akar tanaman dan untuk tempat menyimpan air serta unsur hara yang diperlukan oleh tanaman (Arsyad, 2010).

Beberapa cara untuk menetapkan nilai erosi yang dapat ditoleransi ( $E_{tol}$ ) telah dikemukakan. Thompson (1957, dalam Arsyad, 2010) menyarankan sebagai pedoman penetapan nilai  $E_{tol}$  dengan menggunakan kedalaman tanah, permeabilitas lapisan bawah dan kondisi substratum.

Selanjutnya, Arsyad (2010) menyatakan bahwa di Indonesia pada daerah-daerah yang masa tumbuhnya lebih dari 270 hari kecepatan pembentukan tanah dapat mencapai lebih dari 2 mm per tahun.

Hammer (1981, dalam Arsyad, 2010), menggunakan konsep kedalaman ekuivalen (*equivalent depth*) dan umur guna (*resources life*) tanah untuk menetapkan nilai  $E_{tol}$  suatu tanah. Kedalaman ekuivalen adalah kedalaman tanah yang setelah mengalami erosi produktivitasnya berkurang dengan 60% dari produktivitas tanah yang tidak tererosi. Menurunnya produktivitas tanah oleh erosi disebabkan oleh menurunnya kandungan unsur hara tanah dan atau memburuknya sifat-sifat fisik tanah.

Nilai  $E_{tol}$  juga dapat dihitung dengan kriteria yang digunakan oleh Thompson (1957, dalam Arsyad, 2010), dengan menentukan  $E_{tol}$  maksimum untuk tanah yang dalam, dengan lapisan bawah yang permeable, di atas bahan (*substratum*) yang telah melapuk (tidak terkonsolidasi) sebesar 2,5 mm/th, dan dengan menggunakan nisbah nilai untuk berbagai sifat dan stratum tanah, maka nilai  $E_{tol}$  seperti tertera pada Tabel 1. disarankan untuk menjadi pedoman penetapan nilai  $E_{tol}$  tanah-tanah di Indonesia.

Tabel 1. Pedoman Penetapan Nilai  $E_{tol}$  untuk tanah-tanah di Indonesia.

Sifat Tanah dan Substratum	Nilai $E_{tol}$ (mm/th)
Tanah sangat dangkal di atas batuan	0,0
Tanah sangat dangkal di atas bahan telah melapuk (tidak terkonsolidasi)	0,4
Tanah dangkal di atas bahan telah melapuk	0,8
Tanah dengan kedalaman sedang di atas bahan telah melapuk	1,2
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah yang kedap air di atas substrata yang telah melapuk	1,4
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah berpermeabilitas lambat, di atas substrata telah melapuk	1,6
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah berpermeabilitas sedang, di atas substrata telah melapuk	2,0
Tanah yang dalam dengan lapisan bawah yang permeabel sedang, di atas substrata telah melapuk	2,5

Catatan: mm x Berat isi x 10 ton/ha/th

Berat isi tanah berkisar antara 0,8 sampai 1,6 g/cm<sup>3</sup> akan tetapi pada umumnya tanah-tanah berkadar liat tinggi mempunyai berat isi antara 1,0 sampai 1,2 g/cm<sup>3</sup>

Sumber : Thompson (1957, dalam Arsyad, 2010)

Dalam penelitian ini, erosi yang dapat ditoleransi ( $E_{tol}$ ) dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Wood dan Dent (1983, dalam Banuwa, 2008) yang memperhitungkan kedalaman minimum tanah, laju pembentukan tanah, kedalaman ekuivalen (*equivalent depth*), dan umur guna tanah (*resources life*). Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$E_{tol} = \frac{D_e - D_{min}}{UGT} + LPT$$

Keterangan :

- $D_e$  = kedalaman ekuivalen
- = kedalaman efektif tanah (mm) x faktor kedalaman tanah
- $D_{min}$  = kedalaman tanah minimum (mm)
- UGT = umur guna tanah (th)
- LPT = laju pembentukan tanah (mm/th)

Analisis Agroteknologi

Pemilihan agroteknologi untuk setiap satuan penggunaan lahan dilakukan berdasarkan erosi yang diprediksi dengan menggunakan model USLE (Wischmeier dan Smith (1978)).

Pemilihan agroteknologi ditetapkan berdasarkan kriteria yang digunakan untuk menetapkan nilai CP maksimum yang dijadikan alternatif agroteknologi adalah nilai CP yang mengakibatkan erosi lebih kecil atau sama dengan erosi yang dapat ditoleransi. Kriteria tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$A \quad E_{tol} \text{ atau } RKLSCP \quad E_{tol}$$
$$CP \quad \frac{E_{tol}}{RKLS} \text{ atau } CP \quad CP_{max}$$

#### D. Metode Konservasi Tanah dan Air

Metode konservasi tanah dan air dapat dibagi dalam tiga golongan yaitu (1) metode konservasi secara fisik/mekanis, (2) metode konservasi secara biologis, dan (3) metode konservasi secara kimia.

##### 1. Metode Konservasi Secara Fisik/Mekanis

Pada dasarnya konservasi secara fisik bertujuan untuk menghambat laju aliran air, mengurangi daya rusak butir-butir hujan, serta menampung sejumlah volume air pada saat tertentu.

Untuk menghambat laju aliran air, dapat dilakukan dengan membangun penghambat seperti bendung, teras, serta membuat saluran air yang memotong

arah lereng (sejajar dengan garis kontur). Pada saluran air juga biasanya dibuat terjunan, yang berfungsi untuk memecah energi aliran air. Untuk mengurangi daya rusak (tumbuk) air hujan, misalnya dengan menutup permukaan tanah dengan bahan-bahan tertentu seperti aspal, semen, plastik, serasah dan bahan lainnya.

Secara umum metode konservasi secara fisik digambarkan adalah dengan membuat bangunan fisik, baik yang menggunakan bahan-bahan alami maupun buatan (batu, kayu, bambu, pasir, beton, plastik, serasah, dan lain-lain). Tujuan menggunakan metode ini antara lain untuk menghambat laju kecepatan air, menampung kelebihan air pada saat hujan (misalnya waduk, embung), kemudian mendistribusikannya kembali pada saat dibutuhkan. Penampungan air hujan biasanya berbentuk embung, parit, waduk, petakan sawah, biopori, atau bentuk penampungan lain, baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah.

## 2. Metode Konservasi Secara Biologis

Metode konservasi tanah secara biologis bertujuan untuk mengurangi daya rusak butir hujan, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, serta memperbaiki struktur dan ruang pori tanah.

Ada beberapa metode yang sering digunakan antara lain: menanam tanaman penutup tanah, umumnya menggunakan jenis leguminosa (*Peuraria javanica* dan *Calopogonium pubescens*) terutama pada perkebunan kelapa sawit, karet, dan kelapa.

Khususnya pada lahan yang berlereng curam atau tepian sungai, biasanya dilakukan dengan penanaman bambo (*Bambusa bamboo*), Pisang (*Musa*

*paradisiaca*), serta tanaman keras lainnya seperti Durian, Tangkil, Petai, Nangka, Damar, Mangga, Manggis, Duku, Rambutan, Mahoni, dan lain lain.

Penanaman tanaman perdu seperti Kopi, Cokelat dan Tebu akan lebih bermanfaat bagi konservasi tanah apabila ditanami juga dengan tanaman pelindung seperti Dadap, Kapuk Randu, dan lain lain.

### 3. Metode Konservasi Secara Kimiawi

Metode konservasi secara kimiawi bertujuan untuk membentuk tanah agar lebih kompak, sehingga tidak mudah hancur karena pukuan air hujan. Bahan yang digunakan biasanya disebut *soil conditioner*. Penggunaan metode ini sangat jarang, karena memerlukan biaya yang mahal serta residu yang ditimbulkan belum tentu ramah lingkungan.

#### E. Karbon Tersimpan (*Carbon Sink*)

Karbon merupakan penyusun bahan organik. Oleh karena itu peredarannya selama pelapukan jaringan tanaman sangat penting. Sebagian besar energi yang diperlukan oleh flora dan fauna tanah berasal dari oksidasi karbon. Akibat dari hal tersebut maka CO<sub>2</sub> terus menerus dibentuk. Berbagai perubahan yang terjadi dan menyertai reaksi karbon tersebut di dalam dan di luar tanah disebut peredaran karbon (Soepardi, 1983 dalam Sukmawati, 2006). Karbon masuk ke dalam tanah melalui fotosintesis, dengan mengubah CO<sub>2</sub> atmosfer menjadi senyawa organik yang akhirnya masuk ke dalam tanah sebagai serasah tanaman, akar dan eksudat akar (Young, 1997, dalam Sukmawati, 2006).

Sukmawati (2006), menyatakan bahwa kandungan karbon organik tanah merupakan hasil bersih dari nilai masukan karbon dari fotosintesis dan karbon yang hilang. Kandungan bahan organik pada tanah aerob berkisar antara 0,5% atau kurang untuk tanah berpasir sampai 5% untuk permukaan mineral horizon pada tanah alami pada daerah beriklim sedang. Jumlah bahan organik menurun tajam dengan semakin dalamnya permukaan tanah. Pengolahan tanah biasanya menyebabkan kehilangan  $\frac{1}{3}$  sampai  $\frac{1}{2}$  bahan organik. Kandungan karbon organik pada tanah secara umum meningkat dengan semakin meningkatnya curah hujan dan dengan semakin menurunnya suhu. Suhu dingin meningkatkan kandungan karbon organik tanah dengan mengurangi nilai kehilangan karbon di dalam tanah (Bohn, dkk., 1979, dalam Sukmawati, 2006).

Selanjutnya, Sukmawati (2006), menyatakan bahwa penggunaan tanaman penutup tanah seperti rumput-rumputan, semak dan terutama pohon-pohonan dapat meningkatkan periode pertumbuhan aktif dan menghasilkan proporsi yang lebih besar karbon dalam tanah. Jumlah C organik dalam tanah dipengaruhi oleh jenis tanaman yang ada pada lahan tersebut. Pertanian dengan tanaman tahunan merupakan cara yang efektif untuk menjaga kandungan karbon tanah. Tingkat akumulasi karbon akan menurun berdasarkan waktu, sebagian penyerapan karbon terjadi melalui akar dan serasah tanaman (Widjaja, 2002, dalam Sukmawati, 2006).

Selanjutnya (Kloepper, 1993, dalam [id.wikipedia.org/wiki/Karbon](https://id.wikipedia.org/wiki/Karbon), 2012) menyatakan bahwa berbagai hasil penelitian mengindikasikan bahwa sebagian besar lahan pertanian intensif menurun produktivitasnya dan telah mengalami degradasi lahan, terutama terkait dengan sangat rendahnya

kandungan [karbon](#) organik dalam tanah, yaitu 2%. Padahal untuk memperoleh produktivitas optimal dibutuhkan karbon organik sekitar 2,5%. Pupuk organik sangat bermanfaat bagi peningkatan produksi pertanian baik kualitas maupun kuantitas, mengurangi [pencemaran lingkungan](#), dan meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan.

Kandungan bahan organik dalam tanah merupakan salah satu faktor yang berperan dalam menentukan keberhasilan suatu budidaya pertanian. Hal ini dikarenakan bahan organik dapat meningkatkan kesuburan kimia, fisika maupun biologi tanah. Penetapan kandungan bahan organik dilakukan berdasarkan jumlah C-Organik (Marpaung, 2009). Bahan organik tanah sangat menentukan interaksi antara komponen abiotik dan biotik dalam ekosistem tanah. Musthofa (2007, dalam Marpaung, 2009) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kandungan bahan organik dalam bentuk C-organik di tanah harus dipertahankan tidak kurang dari 2 persen, Agar kandungan bahan organik dalam tanah tidak menurun dengan waktu akibat proses dekomposisi mineralisasi maka sewaktu pengolahan tanah penambahan bahan organik mutlak harus diberikan setiap tahun. Kandungan bahan organik antara lain sangat erat berkaitan dengan KTK (Kapasitas Tukar Kation) dan dapat meningkatkan KTK tanah. Tanpa pemberian bahan organik dapat mengakibatkan degradasi kimia, fisik, dan biologi tanah yang dapat merusak agregat tanah dan menyebabkan terjadinya pemadatan tanah (Marpaung, 2009).

Masalah karbon dan pemanasan global tidak bisa dipisahkan. Karbon dioksida merupakan salah satu gas rumah kaca (GRK) dan termasuk dalam kelompok gas rumah kaca utama ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ). Menurut Hairiah (2007,



dalam Banuwa dan Buchari, 2010), tiga jenis gas tersebut akhir-akhir ini konsentrasinya di atmosfer terus meningkat hingga dua kali lipat.

Selanjutnya Banuwa dan Buchari (2010), melaporkan bahwa jumlah karbon tersimpan pada setiap penggunaan lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman, kerapatan tumbuhan, jenis tanah, cara pengelolaan, dan lain-lain.

Pengolahan tanah dan pemupukan N berpengaruh terhadap kadar karbon organik tanah. Hal ini seperti hasil penelitian Utomo, dkk. (2012), setelah penanaman selama 23 tahun, karbon organik tanah pada kedalaman 0 – 5 cm dengan perlakuan *no tillage* dengan kombinasi pemupukan N 200 kg/ha, ternyata 46,1% lebih besar dibandingkan dengan *no tillage* dan tanpa pemupukan N. Karbon organik tanah pada perlakuan *minimum tillage* 26,2% lebih tinggi daripada *no tillage* dan 13,9% lebih tinggi dari *intensive tillage*. Pada kedalaman 10 – 20 cm, pemberian N 200 kg/ha, menyebabkan karbon organik tanah 20,3% dan 25,8% lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian N 0 kg/ha dan N 100 kg/ha.

Adalah sangat strategis dan wajar bagi Indonesia yang telah mengesahkan Konvensi Perubahan Iklim, yang menunjukkan kepedulian Indonesia terhadap masalah global tanpa harus mengorbankan kepentingan nasional, melalui pengesahan Protokol Kyoto (Murdiyarsa, 2003). Selanjutnya dinyatakan bahwa untuk mencapai target penurunan emisi gas CO<sub>2</sub>, negara-negara industri dapat melakukannya secara domestik yang akan memakan biaya yang tinggi. Alternatifnya adalah mereka akan ke pasar karbon global di luar negeri melalui proyek-proyek investasi baru di berbagai sektor dengan menggunakan mekanisme Kyoto (JI, ET dan CDM).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2001, dalam Murdiyarso, 2003), permintaan pasar karbon global adalah sekitar 800 juta ton CO<sub>2</sub>/th, 125 juta ton diantaranya dapat dilakukan melalui CDM. Harga karbon di pasar global tersebut sekitar USD 8/ton CO<sub>2</sub>. Sedangkan Belanda menawarkan harga Euro 5,5/ton CO<sub>2</sub> melalui program CERUPT. Selanjutnya dinyatakan bahwa Bank Dunia telah memfasilitasi pembeli dan penjual karbon melalui skema *Portfolio Carbon Fund*, *Community Development Carbon Fund*, dan *Bio Carbon Fund* (Murdiyarso, 2003).

Mengacu pada Protokol Kyoto Pasal 3 ayat 2 maka upaya agroteknologi yang dapat menekan laju erosi merupakan suatu tindakan nyata dalam meningkatkan cadangan karbon yang diserap oleh rosot.

#### F. Sedimen dan Sedimentasi

Tanah yang tererosi diangkut oleh aliran permukaan akan diendapkan di tempat-tempat aliran air melambat atau berhenti, baik di dalam sungai, saluran-saluran irigasi, waduk, danau dan muara sungai. Endapan tersebut akan menyebabkan sungai, waduk, saluran-saluran irigasi dan sebagainya mendangkal. Unsur unsur hara dan bahan organik yang terbawa dalam peristiwa erosi dan kemudian diendapkan di dalam waduk dan danau akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi yaitu proses pengkayaan yang dipercepat badan-badan air dengan unsur hara, yang akan mempercepat pertumbuhan vegetatif berbagai jenis mikroba dan tumbuhan air (Arsyad, 2010).

Selanjutnya, Arsyad (2010), menyatakan bahwa tanah dan bagian-bagian tanah yang terangkut dari suatu tempat yang tererosi secara umum disebut

sedimen. Sebagian saja dari sedimen yang akan sampai dan masuk ke dalam sungai dan terbawa keluar daerah tampung atau daerah aliran sungai. Nisbah sedimen yang betul-betul terbawa oleh sungai dari dari suatu daerah terhadap jumlah tanah yang tererosi daerah tersebut, disebut Nisbah Pelepasan Sedimen (NPS).

Menurut Asdak (2002), hasil sedimen per satuan luas dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Y = E (NPS) Ws$$

Dimana:

Y = hasil sedimen per satuan luas

E = erosi total

NPS = nisbah pelepasan sedimen

Ws = luas daerah tangkapan

Menurut Arsyad (2010), NPS merupakan fungsi luas daerah aliran. Nilai NPS mendekati satu berarti semua tanah yang tererosi masuk ke dalam sungai. NPS untuk beberapa luas daerah aliran disajikan pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Pengaruh luas daerah aliran sungai terhadap Nisbah Pelepasan Sedimen (NPS)

Luas Daerah Aliran Sungai (km <sup>2</sup> )	Nisbah Pelepasan Sedimen (%)
0,1	53,0
0,5	39,0
1,0	35,0
5,0	27,0
10,0	24,0
50,0	15,0
100,0	13,0
200,0	11,0
500,0	8,5
26.000,0	4,9

Sumber: Arsyad (2010)

## G. Satuan Lahan

Satuan lahan, sebagai ungkapan lanskap sebagai suatu sistem, adalah konsep mendasar dalam ekologi lansekap. Satuan lahan memberikan dasar untuk mempelajari topologic serta hubungan lanskap ekologi *chorologic*. Sebuah survei satuan lahan bertujuan untuk pemetaan satuan lahan tersebut. Hal ini dilakukan dengan secara simultan menggunakan karakteristik (*mappable*) atribut tanah yang paling jelas: bentuk lahan, tanah dan vegetasi (termasuk perubahan manusia dari ketiga). Satuan lahan adalah dasar dari legenda peta tetapi dapat dinyatakan melalui tiga atribut tanah tersebut. Atribut yang tanah lebih dinamis, seperti populasi hewan tertentu dan fluks air, kurang cocok sebagai kriteria diagnostik, tetapi sering menghubungkan satuan pada karakteristik informasi / energi flux (Zonneveld, 1989).

Satuan lahan adalah bagian dari lahan yang mempunyai karakteristik yang spesifik. Peta satuan lahan dibuat dan dipetakan melalui survey sumberdaya alam, dan dijadikan sebagai dasar untuk evaluasi lahan (Dent dan Young, 1981). Selanjutnya dinyatakan oleh Dent dan Young (1981), bahwa istilah satuan lahan (*land units*), tidak memiliki definisi yang baku. Namun demikian evaluasi lahan akan lebih mudah dilakukan apabila satuan lahan didefinisikan atas kriteria kriteria karakteristik lahan yang digunakan dalam evaluasi lahan (FAO, 1973). Pembuatan peta satuan lahan dapat menggunakan pendekatan geomorfologi, yaitu dengan memperhatikan kemiringan lereng, bentuk lahan, tanah dan penggunaan lahan (Tim Asisten, 2010). Satuan lahan digunakan untuk satu paket pengelolaan.

Lereng atau kondisi topografi suatu wilayah merupakan hal yang penting dalam pembuatan peta satuan lahan. Kemiringan lereng dapat dihitung dari peta

topografi. Besarnya indeks panjang dan kemiringan lereng dapat ditentukan dengan cara menghitung kerapatan garis kontur per satuan panjang.

Informasi geomorfologis suatu daerah sangat penting untuk diketahui dan dipahami terutama kaitannya dengan permasalahan lingkungan yang pernah, sedang atau akan terjadi. Proses-proses geomorfologis yang mencakup proses endogenik dan eksogenik yang terjadi pada skala umur manusia dapat dipahami dan diinterpretasikan dari satuan-satuan bentuk lahan yang menyusun suatu daerah. Analisis morfometri, morfogenesis, morfokronologi dan morfoansememen merupakan kunci dalam memahami proses-proses geomorfologi suatu daerah. Untuk itu, informasi geomorfologi ini sangat penting dalam penyusunan dan pembuatan peta satuan lahan.

Faktor iklim dan organisme yang merupakan proses geomorfologi pada satuan bentuk lahan tercermin pada proses pembentukan tanah. Proses geomorfologi merupakan hasil interaksi yang kompleks antara iklim, organisme, batuan serta relief. Pemahaman yang komprehensif mengenai satuan tanah akan menggambarkan persebaran lahan yang ada di suatu daerah.

Dalam konteks tulisan ini, unit lahan adalah sebidang lahan yang secara ekologi homogen pada skala tingkat yang bersangkutan. Tanah istilah, ekologi, homogen dan skala tingkat dan juga konsep holisme layak penjelasan.

Dengan demikian unit tanah sering digunakan oleh ahli ekologi lanskap dan ilmuwan terkait untuk tiga tujuan:

1. Sebagai konsep sentral dalam hipotesis ekologi lanskap
2. Sebagai alat pemetaan.

3. Sebagai sarana mentransfer pengetahuan lansekap, melalui evaluasi, untuk aplikasi (Zonneveld, 1989).