

**ALTERNATIF PENGGUNAAN LAHAN YANG OPTIMAL UNTUK  
PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR DI DAS MAHAT HULU**  
( *The Alternative optimisation land use to develop water resources at Mahat Hulu Watershed*)

**Firman Hidayat**  
*firman.hidayat1961@gmail.com*

**Abstract**

Dalam konteks suatu DAS, erosi tanah merupakan masalah yang serius. Dampak dari erosi telah dikenal luas yakni : 1) menurunnya produktivitas tanah, dan 2) meningkatnya sedimentasi yang berakibat mendangkalnya sungai dan saluran irigasi, dan 3) berkurangnya secara tajam umur pemanfaatan waduk. Terjadinya erosi disebabkan oleh kekuatan jatuh butir-butir hujan dan aliran permukaan atau karena kekuatan angin. Pada sebagian besar daerah tropika basah seperti Indonesia, erosi disebabkan oleh kekuatan jatuh butir hujan dan aliran permukaan. di lokasi penelitian erosi yang terjadi sudah melebihi erosi yang ditoleransi yaitu Erosi yang terjadi di DAS Mahat Hulu (lokasi penelitian) sangat tinggi yaitu yaitu 172.92 ton/ha/th dan telah mengalami erosi di atas batas toleransi yang hanya 39.60 ton/ha/th. Dampak erosi yang tinggi sudah dirasakan. Untuk itu dilakukan penelitian dengan tujuan mendapatkan landscape penggunaan lahan optimal untuk ketersediaan sumber daya air dengan erosi dan aliran permukaan minimum, Metoda yang digunakan yaitu prediksi erosi (USLE) dan metoda Soil Conservation Service (SCS) untuk memprediksi volume aliran permukaan. Selanjutnya di susun 4 (empat) skenario penggunaan lahan yang ditujukan untuk erosi kecil dan dibawah toleransi serta aliran permukaan (*run off*) yang juga kecil, ditandai dengan fluktuasi debit ( $Q_{mak}/Q_{min}$ ) kecil. Hasil perhitungan ternyata skenario 3 yaitu kawasan DAS dihutankan 30 % dan dikelola secara agroteknologi dengan memakai mulsa dan *strip cropping* penggunaan lahan terbaik dengan erosi sebesar 32.82 ton/ha/th jauh di bawah erosi yang ditoleransi ( $E_{tol}$ ) dan fluktuasi debit 15.56 diharapkan dapat mengurangi erosi di bawah erosi toleransi 36.20 ton/ha/th.

*Kata Kunci : Erosi, Aliran permukaan, fluktuasi debit, agroteknologi*

**Pendahuluan**

Erosi adalah peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut ke tempat yang lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan pada suatu tempat lain. Erosi yang disebabkan oleh air hujan mengakibatkan hilangnya tanah lapisan atas (*top soil*), dimana tanah lapisan atas adalah tanah yang lebih subur dibandingkan dengan lapisan tanah dibawahnya (*sub soil*), dan pada tanah lapisan atas kandungan bahan organik dan unsur-unsur hara lebih tinggi. Kehilangan tanah lapisan atas akan mengakibatkan kehilangan bahan organik dan unsur-unsur hara tanah cukup besar bersama-sama dengan tanah yang tererosi,

Arsyad (2010), menyatakan bahwa erosi merupakan hasil interaksi kerja antara faktor- faktor iklim, topografi, vegetasi, tanah, dan tindakan manusia. yang dapat dinyatakan dalam suatu persamaan deskriptif sebagai berikut:  $E = f ( i, r, v, t, m )$  dimana, E : Erosi yang merupakan fungsi dari faktor, i : iklim, r: relief atau topografi, v: vegeatsi, t: tanah, dan m: manusia. Secara keseluruhan faktor faktor ini bersama- sama menentukan besar atau laju erosi yang akan terjadi.

Faktor erosi akan sangat menentukan berhasil tidaknya suatu pengelolaan lahan, untuk itu didalam perencanaan penggunaan lahan dan pengelolaannya faktor erosi harus dipertimbangkan. Salah satu alat bantu yang dapat digunakan dalam perencanaan penggunaan lahan adalah model prediksi erosi. Wischmeier dan Smith (1978) telah merangkum data dari ribuan plot dan DAS dengan mempertimbangkan persamaan kehilangan tanah karena hujan. Untuk itu mereka sepakat mengemukakan bentuk akhir persamaan kehilangan tanah dengan menggunakan persamaan *universal soil loss equation* (USLE) yang mengkombinasikan faktor-faktor utama penyebab erosi dan hubungan kuantitatifnya untuk memprediksi besarnya erosi lembar dan alur akibat air hujan dan aliran permukaan pada suatu daerah tertentu. Model persamaan yang digunakan adalah :  $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$  dimana ; A = besarnya erosi (ton ha<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup>), R = indeks erosivitas hujan, K = faktor erodibilitas tanah, L= faktor panjang lereng, S= faktor kemiringan lereng, C= faktor pengelolaan tanaman, dan P = faktor tindakan konservasi

Laju erosi yang terbolehkan merupakan laju erosi yang tidak melebihi laju pembentukan tanah dan tidak memboroskan cadangan kesuburan tanah. Laju pembentukan tanah tergantung pada faktor-faktor pembentuk tanah dan persepsi kita tentang tanah. Apabila kita menggunakan persepsi morfogenesis, pembentukan tanah diukur berdasarkan kelengkapan ciri-ciri morfologi yang menjadi kriteria diagnostik suatu jenis tanah tertentu. Sedangkan menurut persepsi habitat laju pembentukan tanah dapat ditaksir atas (1) pembentukan horizon A berlangsung cepat (0,2 - 2 mm tahun<sup>-1</sup>) dan (2) cacing tanah dapat mencernakan tanah setara dengan 1,6 – 10 mm tahun<sup>-1</sup>. Erosi yang dapat ditoleransikan bukan saja ditujukan untuk mempertahankan produktivitas tanah, tetapi juga bertujuan untuk mengendalikan laju pendangkalan waduk, ataupun untuk mengantisipasi pencemaran kualitas air sungai yang sering digunakan sebagai bahan baku air minum. Besaran erosi yang dapat ditoleransikan untuk keperluan ke dua hal di atas lebih ketat dibandingkan untuk memperbaiki produktivitas tanah pertanian

Di Indonesia beberapa cara penetapan batas laju erosi yang dapat ditoleransikan yang umum digunakan adalah, Wood de Dent (1983) dan Hammer (1981). Metoda Hammer (1981) dalam menetapkan Etol sangat praktis dan mudah, akan tetapi terdapat juga beberapa kelemahan, diantaranya : (1) metoda ini menggunakan pendekatan eksploitatif yaitu pengurusan lahan sampai batas LPT, hal ini akan mengakibatkan kerusakan lahan yang cepat dengan berbagai akibat ikutannya, (2) bila kedalaman ekivalen (DE) telah habis terkuras, maka ketebalan tanah akan mencapai  $D_{min}$  yang mengakibatkan peubah penggunaan tanah untuk tanaman lain akan sulit dilakukan. Sebagai contoh bila  $D_{min}$  tanaman yang diusahakan kecil (20 cm), dan apabila menggunakan tanaman yang memerlukan  $D_{min}$  yang lebih tebal, maka memerlukan waktu yang lama agar  $D_{min}$  nya kembali meningkat. Untuk itu pendekatan Hammer (1981) jelas tidak akan dapat mempertahankan pertanian yang berkelanjutan. Arsyad ,(2010), menyarankan agar laju erosi yang dapat ditoleransikan didasarkan pada kedalaman solum tanah, permeabilitas tanah lapisan bawah dan kondisi substratum. Pendekatan ini akan mampu memelihara ketebalan tanah yang cukup mudah bagi suatu tanaman.

Salah satu sistem pengelolaan lahan dalam rangka mewujudkan terciptanya kondisi DAS yang baik adalah penerapan sistem pertanian konservasi. Sistem Pertanian Konservasi (SPK) adalah sistem pertanian yang mengintegrasikan tindakan/teknik konservasi tanah dan air ke dalam sistem pertanian yang telah ada dengan tujuan untuk meningkatkan pendapatan petani, meningkatkan kesejahteraan petani dan dapat menekan erosi, sehingga sistem pertanian tersebut

dapat berlanjut secara terus menerus tanpa batas waktu (*sustainable*). Prinsip keberlanjutan (*sustainability*) menjadi acuan dalam mengelola DAS, dimana fungsi ekologis, ekonomi dan sosial-budaya dari sumber daya-sumber daya (*resources*) dalam DAS dapat terjamin secara berimbang (*balance*).

Pelaksanaan rencana memerlukan monitoring terhadap tujuan dan sasaran yang ditetapkan, sehingga memungkinkan adanya umpan balik dan revisi terhadap rencana yang telah disusun (Davenport, 2002). Pengelolaan DAS yang mampu memadukan aspek biofisik, sosial ekonomi dan budaya sinergi dengan pendekatan pembangunan berkelanjutan yang mengutamakan pemberdayaan ekonomi rakyat/masyarakat dan pelestarian lingkungan secara simultan dan seimbang.

Ciri pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) dalam suatu DAS adalah (1) mampu memberikan produktivitas yang tinggi dan pendapatan yang layak bagi seluruh masyarakat, (2) mampu menjamin kelestarian DAS, yaitu dapat menjamin fungsi DAS yang baik, dapat menyimpan air dan memberikan hasil air yang cukup untuk seluruh keperluan yang merata sepanjang tahun dengan kualitas yang baik (erosi/sedimen rendah, pencemaran kecil) dan kuantitas yang mencukupi, (3) mampu pemeratakan pendapatan (*equity*) dan (4) mampu menjamin ketahanan (*resiliency*) DAS (Sinukaban *et al.*, 2007)

Pembangunan berkelanjutan harus diterapkan pada berbagai bidang, termasuk pertanian. Pertanian berkelanjutan pada dasarnya berarti pertanian yang mampu memproduksi dengan tetap mempertahankan basis sumber daya. Definisi pertanian berkelanjutan telah banyak dikemukakan oleh berbagai pakar, diantaranya : Sabiham (2005) yang mendefinisikan pertanian berkelanjutan secara lebih luas mencakup beberapa hal seperti ; mantap secara ekologis, bisa berlanjut secara ekonomis, adil, manusiawi dan luwes.

Unsur-unsur pendekatan SPB terdiri atas praktek-praktek ekologi (kebutuhan lingkungan dan didasarkan pada prinsip-prinsip ekologi), tanggung jawab sosial (pemberdayaan masyarakat, kesamaan sosial, dan kesehatan kesejahteraan penduduk), dan semangat ekonomi (ketahanan pangan, kelayakan ekonomi dan bernuansa teknologi). Pengertian dan pendekatan tersebut menunjukkan bahwa SPB harus dapat memenuhi indikator dari berbagai aspek (Thrupp 1996). Indikator-indikator SPB adalah pendapatan masyarakat (petani) yang cukup tinggi, tidak menimbulkan kerusakan dan dapat dikembangkan dengan sumber daya yang dimiliki oleh petani (Sinukaban 1994). Oleh karena itu keberlanjutan sistem usaha tani bergantung pada 3 (tiga) karakteristik utama, yaitu kemampuan untuk mengendalikan kehilangan tanah hingga kurang dari Etol atau *tolarable of soil loss* (TSL), efektivitas dalam meningkatkan pendapatan petani dan secara sosial agroteknologi yang digunakan harus dapat diterima dan diterapkan (*acceptable dan replicable*) dengan sumber daya yang ada, termasuk pengetahuan, ketrampilan dan persepsi petani (Sinukaban 2007).

Pendapatan yang diperoleh petani harus dapat memenuhi kebutuhan hidup petani secara layak. Pendapatan yang tinggi dapat diperoleh jika produksi yang diperoleh dari usaha tani juga tinggi dan sangat bergantung pada system usaha tani, termasuk pengelolaan lahan. Produksi tanaman akan optimal jika ditanam pada lahan yang sesuai dengan persyaratan tumbuh tanaman. Selain itu komoditi yang dipilih juga harus mempunyai nilai ekonomi tinggi dan sesuai dengan keinginan ataupun kebiasaan petani. Pertanian berkelanjutan harus pula diindikasikan dengan tidak terjadinya kerusakan lingkungan. Indikator kerusakan ini dapat dilihat dengan tingkat erosi yang terjadi di lahan pertanian. Erosi di lahan pertanian tidak mungkin dapat dihindari karena kondisi lahan yang selalu terganggu, tetapi kerusakan tersebut dapat diminimalkan. Kerusakan lahan sedikit atau tidak terjadi jika erosi yang terjadi lebih kecil dari Etol.

Produksi pertanian yang tinggi dapat dipertahankan secara terus menerus bila erosi lebih kecil dari Etol. Erosi yang lebih besar dari Etol akan menyebabkan produktivitas lahan menurun, sehingga produksi yang tinggi itu hanya dapat dipertahankan beberapa tahun saja (pertanian tidak lestari) (Sinukaban 2003). Oleh sebab itu perlu dilakukan pengendalian terhadap erosi pada lahan pertanian, misalnya penerapan SPK dengan agroteknologi yang dapat diterima dan dikembangkan oleh petani. Salah satu faktor penghambat implementasi teknologi usaha tani adalah terbatasnya adopsi petani terhadap paket teknologi yang diperkenalkan karena petani merasa tidak ikut merencanakan dan tidak mengerti sehingga tidak merasa memiliki kegiatan yang mereka lakukan (Subagyo *et al.* 2004). Pembangunan pertanian berkelanjutan memerlukan teknologi tepat guna, kebijakan dan pengelolaan sumber daya yang sesuai dengan keunggulan komparatif dan kompetitif wilayah (Andyana 2006).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan bahan

Alat-alat dan bahan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *Geographical Position System* (GPS), kamera, perangkat keras komputer PC/Laptop Toshiba Window Xp, perangkat lunak, microsoft word, microsoft excel, Program ARCVIEW versi 3.2, dan ARC GIS. *abney level*, *munsell soil color chart*, pisau profil tanah, meteran, kompas, bor tanah, *ring sample*, kantong plastik, alat tulis kantor (ATK), peralatan laboratorium, kertas label dan alat tulis kantor (ATK)

Bahan bahan yang digunakan seperti; peta RBI, peta iklim, peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, peta geologi, Citra *Landsat ETM7* Tahun 1995, 2000, 2005, dan 2010, tabel *curve number* (CN), tabel dan faktor kedalaman tanah, faktor CP, serta bahan kimia yang dibutuhkan untuk analisa sifat fisik, kimia dan bahan organik dan bahan wawancara untuk petani berupa Quisioner.

### Jenis, Sumber dan Kegunaan Data

Data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder, yang meliputi data biofisik dan data sosial ekonomi, Data biofisik yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data tipe penggunaan lahan, data topografi, data jenis tanah, data iklim (curah hujan) yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik biofisik DAS Mahat Hulu. Sementara data sosial ekonomi untuk menggambarkan karakteristik petani dan pola bertani yang dilakukan. Data iklim yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data curah hujan, diperoleh dari stasiun BMKG Sicincin berupa data harian dari tahun 1995 sampai tahun 2010 (Tabel 1)

Melalui *overlay* dari ketiga peta tematik yang ada yaitu; peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, dan peta topografi (lereng) diperoleh peta satuan lahan yang dalam hal ini terdapat 100 unit lahan dari 5 penggunaan lahan, 5 tipe lereng, dan 2 jenis tanah. Selanjutnya dari satuan lahan tersebut diprediksi erosi yang terjadi dan sekaligus lokasi pengambilan sampel tanah untuk analisa data sifat fisik dan kimia tanah yang berkaitan dengan pendugaan erosi,

Data iklim yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data curah hujan, Data ini diperlukan untuk menentukan indeks erosivitas hujan dalam perhitungan prediksi erosi, dan perhitungan volume aliran permukaan. Data sosial ekonomi yang dikumpulkan meliputi data kependudukan, penguasaan lahan, jumlah anggota keluarga, pendapatan, dan tingkat pendidikan,

Tabel 1 Jenis, sumber dan kegunaan data

No	Jenis data	Sumber Data	Kegunaan Data
<b>A Data Primer</b>			
1	Sifat fisik dan kimia tanah yang berkaitan dengan penentuan erodibilitas tanah	Sampel tanah	Untuk menduga erosi tanah
2	Jenis dan kondisi penggunaan lahan	Citra <i>landsat</i> , peta landuse, peta topographi <i>ground check</i>	Untuk mengetahui jenis penggunaan lahan
<b>B. Data Sekunder</b>			
1	Peta-peta : Citra landsat ETM7 (reolusi 30 m) Peta penggunaan lahan (skala Peta topografi Peta jenis tanah Peta batas kawasan hutan Peta Geologi (Skala b-f : 1: 50.000)	BP DAS Indragiri Rokan( 1995, 2000, 2005, dan 2010), Dinas Kehutanan Prov Riau, Bakosurtanal, Pusat Penelitian Tanah, Direktorat Tata Guna Tanah,	Untuk menyusun satuan lahan, yang selanjutnya akan digunakan dalam pendugaan aliran permukaan dan erosi
3	Data Iklim (curah hujan)	BMKG Sicinsin	Untuk menduga erosivitas hujan dan wolume aliran permukaan
4	Data Kegiatan Gerakan Reboisasi dan Penghijauan Nasional (GERHAN) dan Kegiatan Hutan Rakyat	Dinas Kehutanan	Untuk mengetahui dana yang dialokasikan, rencana dan realisasi GERHAN.
5	Data penunjang lainnya	Berbagai Pustaka	Referensi

## Metode

Untuk menduga besarnya erosi pada satuan lahan menggunakan pendekatan *Universal of Soil Loss Equation* (USLE), sedangkan untuk menduga besarnya aliran permukaan menggunakan pendekatan *Soil Conservation services* (SCS).

**Prediksi Erosi:** Pendugaan 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 ) untuk merencanakan pengelolaan Sub DAS Mahat Hulu, Adapun rumus USLE yang akan digunakan untuk prediksi erosi adalah:

$$A = RKLSCP$$

**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 (130) tahunan, Wischmeier dan Smith (1978), menggunakan EI30 sebagai indeks erosivitas hujan, karena hasil perkalian antara energi hujan (E) dengan intensitas maksimum selama 30 menit (130) tersebut menunjukkan hubungan yang sangat erat dengan jumlah tanah tererosi, Energi kinetis hujan, dalam USLE dihitung dengan rumus :  $E = 210 + 89 \log I$ , di indonesia data hujan harian untuk menghitung EI belum banyak tersedia sehingga menggunakan rumus EI yang dikembangkan oleh Bols (1978). Faktor erovitas hujan I merupakan penjumlahan nilai-nilai indeks erosi hujan bulanan dan dihitung berdasarkan persamaan :

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

Nilai EI30 dihitung dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Bols, (1978) sebagai berikut :  $EI30 = 2,234 R^{1,98}$

**Faktor Erodibilitas tanah (K)** yaitu laju erosi per indeks erosi hujan untuk suatu tanah yang diperbolehkan dari petak ukuran kecil standar dengan panjang dengan panjang 22 m, terletak pada lereng 9% tanpa tanaman, 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)

$$100K = \{1,292(2,1M^{1,44}(10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3))\}$$

Dimana :

K = erodibilitas tanah

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

a = % bahan organik

b = kode struktur tanah

c = kode permeabilitas profil tanah

**Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)**, yaitu nisbah antara besarnya erosi pada panjang lereng tertentu dengan erosi tanah dengan panjang lereng 22 m dan dalam keadaan identik, Faktor panjang dan kemiringan lereng juga bisa dihitung secara langsung (digabung) menurut rumus (Wischmeier dan Smith, 1978) :  $LS = \sqrt{X(0,0138 + 0,0965S + 0,00138S^2)}$  dimana LS = faktor panjang dan kemiringan lereng, X = panjang lereng (m) dan S = kecuraman lereng (%)

**Faktor Tanaman dan pengelolaannya**, penentuan faktor C untuk berbagai jenis tanaman seperti pertanaman campuran, kopi dan lain-lain didasarkan atas berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

**Faktor tindakan Konservasi (P)**, faktor tindakan konservasi juga ditentukan berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

**Erosi yang dapat ditoleransi (etol)** dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Wood dan Dent (1983) yang memperhitungkan kedalaman minimum tanah, laju pembentukan tanah, kedalaman ekuivalen (*equivalent depth*), dan umur guna tanah (*resources life*),

Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Etol = \frac{De - Dmin}{UGT} + LPT$$

Dimana :

De = kedalaman ekuivalen (Arsyad, 2000) = kedalaman efektif tanah (mm) x faktor kedalaman tanah

Dmin = kedalaman tanah minimum (mm)

Faktor kedalaman tanah

UGT = Umur guna tanah dan LPT = laju pembentukan tanah

### **Alternatif Perencanaan Penggunaan Lahan Optimal Untuk Ketersediaan Sumber daya Air**

Perencanaan penggunaan lahan optimal untuk ketersediaan sumber daya air yang akan diterapkan di DAS Mahat Hulu, dilakukan dengan menyusun berbagai skenario:

Skenario-1: Menggambarkan kondisi biofisik DAS Mahat Hulu saat ini (*existing*) khususnya proporsi luas penggunaan lahan, yang meliputi hutan, kebun campuran, semak belukar, ladang/ tegalan dan sawah.

Skenario-2: Alternatif perencanaan penggunaan lahan optimal untuk ketersediaan sumber daya air DAS Mahat hulu yang disusun berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku, yaitu UU Kehutanan no 41 tahun 1999 pasal 18. Luas kawasan hutan yang harus dipertahankan minimal 30 % (tiga puluh persen) dari luas DAS dengan sebaran yang proporsional. Penerapan skenario ini adalah dengan merehabilitasi hutan di bagian hulu DAS seluas 39 %.

Skenario-3: Alternatif perencanaan penggunaan lahan optimal untuk ketersediaan sumber daya air skenario 2 ditambahkan penerapan konservasi tanah (agroteknologi) berupa *strip cropping* pada penggunaan lahan pertanian kebun campuran. Dasar dari penerapan skenario ini adalah penggunaan lahan kebun campuran relatif luas dan dipelihara sehingga teknologi bisa diterapkan

Skenario-4: Alternatif perencanaan penggunaan lahan optimal untuk ketersediaan sumber daya air DAS Mahat hulu yang disusun berdasarkan UU No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang pasal 5 (2), yang menyatakan penataan ruang berdasarkan fungsi utama kawasan yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya. Untuk itu pada skenario-4 ini, semua kawasan lindung/hutan harus direhabilitasi/dihutankan sehingga kembali ke fungsinya semula. Penerapan skenario ini adalah dengan merehabilitasi seluruh kawasan hutan yang ada di DAS Mahat Hulu.

Pemilihan agroteknologi untuk setiap satuan lahan/tipe dilakukan berdasarkan erosi yang diprediksi dengan menggunakan model USLE (Wischmeier dan Smith, 1978), Nilai faktor R, K, L, dan S pada setiap satuan lahan diasumsikan konstan, Pemilihan alternatif agroteknologi dapat ditentukan dengan simulasi nilai faktor C dan P. CP yang mengakibatkan erosi lebih kecil atau sama dengan erosi yang diperbolehkan, Kriteria tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$A \leq E_{tol} \text{ atau } RKLSCP \leq E_{tol} \text{ dan } CP \leq \frac{E_{tol}}{RKL S} \text{ atau } CP \leq CP_{max}$$

Alternatif penggunaan lahan optimal (skenario) selain diduga besarnya erosi, juga diduga besarnya aliran permukaan yang terjadi. Sedangkan kriteria yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik adalah skenario yang memiliki nilai fluktuasi aliran permukaan paling kecil (minimal)

**Prediksi Aliran Permukaan.** Aliran permukaan untuk setiap jenis satuan lahan diduga dengan menggunakan model hubungan hujan-limpasan menggunakan metode SCS. Volume aliran permukaan (Q) tergantung pada curah hujan (P) dan volume simpanan yang tersedia untuk menahan air (S). persamaan yang digunakan adalah :  $Q = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S}$

Q = jumlah aliran permukaan (mm);, P = curah hujan dan S = retensi air potensial maksimum (mm). Dari persamaan empirik didapatkan bahwa S dapat diduga dengan menggunakan persamaan :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

S = retensi air potensial maksimum (mm)

CN = Bilangan kurva (*runoff curve member*)

Besaran nilai bilangan kurva (*runoff curve member*) tergantung dari sifat-sifat tanah, penggunaan tanah dan kondisi hidrologi serta keadaan air sebelumnya, Nilai CN ditentukan berdasarkan tabel bilangan kurva untuk penggunaan tanah, perlakuan dan kondisi hidrologi US SCS.1973 dalam Arsyad, 2010) Pengelompokan sifat-sifat tanah dalam metode SCS untuk menentukan nilai CN yang akan digunakan menduga volume aliran permukaan terbagi empat kelompok sebagai berikut :

1. Kelompok A : pasir dalam, loess dalam, debu yang beragregat
2. Kelompok B : loess dangkal, lempung berpasir
3. Kelompok C : lempeng berliat, lempeng berpasir dangkal, tanah berkadar bahan organik rendah, dan tanah-tanah berkadar liat tinggi

4. Kelompok D : tanah-tanah yang mengembang secara nyata jika basah, liat berat, Plastik, dan tanah-tanah saline tertentu,

Pengelompokan jenis tanah tersebut diatas dapat dilakukan dengan : (1) melihat sifat fisik dan kimia tanah serta tekstur dan bahan organik, (2) dengan menggunakan peta detail, dan (3) dengan melihat laju infiltrasi minimum setiap jenis tanah tersebut, Hubungan kelompok tanah dengan laju infiltrasi minimum dapat dilihat pada

Kondisi penutupan tanah untuk pendugaan volume aliran permukaan dengan metode SCS terdiri atas tiga faktor yaitu : (1) penggunaan tanah, (2) perlakuan atau tindakan yang diberikan dan (3) keadaan hidrologi, Penggunaan tanah pertanian pada umumnya dibagi ke dalam perlakuan atau tindakan yang diberikan seperti, penanaman menurut kontur, atau pembuatan teras, Pembagian ini menunjukkan potensi pengaruhnya terhadap aliran permukaan, Kondisi hidrologi mencerminkan tingkat pengelolaan tanah yang dipergunakan yang dibedakan ke dalam baik, sedang dan buruk,

Penentuan bilangan kurva (CN) juga dipengaruhi oleh kandungan air tanah sebelumnya dan kondisi/keadaan tanah, yang terbagi sebagai berikut :

Kondisi I : :tanah dalam keadaan kering tetapi tidak sampai pada titik layu ; telah pernah ditanami dengan hasil memuaskan,

Kondisi II : keadaan rata-rata

Kondisi III :hujan lebat atau hujan ringan dan temperatur rendah telah terjadi dalam lima hari terakhir ; tanah jenuh air,

## HASIL dan PEMBAHASAN

### A. Analisis Besarnya Erosi Setiap Skenario Pengembangan

Erosi yang dihitung dengan formula prediksi erosi USLE terlihat kondisi penggunaan lahan sekarang (eksisting) yang pada penelitian ini merupakan skenario I (pertama) erosinya paling besar dibandingkan dengan ke tiga skenario yang lain yaitu sebesar 142.68 ton/ha/th atau 11.8 mm/th jauh dari erosi yang ditoleransikan (TSL) yaitu 39.60 ton/ha/th (3,3 mm/th). dengan mencoba menerapkan UU no 41 Tahun 2004 tentang skenario 2 (kedua) yaitu penerapan UU Kehutanan no 41 tahun 2004 yang menyatakan kawasan hutan minimal 30 % di dalam DAS terlihat prediksi erosi yang terjadi adalah sebesar 97.00 ton/ha/ta ( 8.08 mm/th) lebih kecil dari kondisi eksisting tetapi masih jauh di atas TSL. Salah satu tindakan yang dilakukan untuk meningkatkan fungsi DAS adalah dengan agroteknologi yang dapat diterima oleh masyarakat lokal dan sesuai dengan kondisi fisik lahan maka pada penelitian ini konsep rehabilitasi lahan yaitu menanam menurut kontur (*strip cropping*) dinilai yang paling cocok dan ini dijadikan skenario 3 (ketiga) .

Erosi yang diprediksi dari skenario 3 (ketiga) ini sebesar 32,89 ton/ha/th (2,74 mm/th) lebih kecil dari TSL yang bermakna proses rehabilitasi hutan dan lahan dalam rangka pengelolaan DAS untuk berfungsi baik dan juga produktifitas yang bermuara kepada peningkatan pendapatan dan kesejahteraan yang meningkat. Pembangunan yang berbasis tata ruang seperti yang diamankan oleh UU no 26 Tahun 2007 yang juga merupakan salah satu landasan kerja dari PP 37 tahun 2012 tentang pengelolaan DAS terpadu yang membagi penggunaan lahan atas 2 (dua) kawasan yaitu lindung dan budidaya dilakukan juga dalam penelitian ini untuk menjadi skenario 4 (empat). Prediksi erosi yang diperoleh sebesar 36.12 ton/ha/th ( 3.01 mm/th). DAS berfungsi dengan baik erosi aktual dibawah yang ditoleransikan..

Erosi yang ditoleransi (TSL) DAS Mahat Hulu adalah 39,60 ton/ha/th ( 3.3 mm/th). Membandingkan erosi yang ditoleransi dengan masing masing skenario yang yang direncanakan (Tabel 2 ) terlihat hanya skenario 3 dan 4 yang tingkat erosi nya berada di bawah erosi yang ditoleransi (TSL). Hal ini disebabkan karena skenario 1, dan 2 memiliki nilai CP (faktor tanaman dan pengelolaan lahan) tertimbang masih lebih besar dibandingkan dengan skenario 3 dan skenario 4. Walaupun luas hutan pada skenario 2 telah mencapai 39 % dari luas DAS, namun nilai CP masih cukup besar. Nilai CP tersebut disumbangkan oleh luasan kebun campuran 7598 ha (26,65%) dan semak belukar 6372 ha (23,33 %) sehingga nilai erosi yang dihasilkan lebih besar dari TSL

Tabel 2 Rekapitulasi pendugaan erosi setiap th) skenario

No	Alternatif Pengembangan	Erosi rata rata (ton/ha/th)	TSL (ton/ha/th)
1	Skenario – 1	142,68	39.60
2	Skenario – 2	97,10	
3	Skenario – 3	32.82	
4	Skenario – 4	36,12	

Sumber: Dianalisis dari data landuse, tanah, dan curah hujan

Seperti diketahui bahwa faktor yang mempengaruhi besarnya nilai esori antara lain: curah hujan (R), jenis tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), vegetasi dan pengelolaan lahan (CP) (Arsyad,2010). Pada setiap skenario pengembangan faktor R, K, LS, nilainya relative tetap sedangkan faktor yang berubah adalah CP. Dengan kata lain, perubahan luas pada masing masing penggunaan lahan yang disertai tindakan pengelolaan lahan setiap skenario pengembangan akan menyebabkan perubahan nilai erosinya. Menurut Pasya,G,K et, al. (2009) alternatif usaha konservasi lahan merupakan salah satu alternative pilihan yang dapat digunakan dalam usaha pengawetan dan pelestarian hutan dan lahan dengan Jalan membandingkan tingkat bahaya erosi tanah dengan erosi yang diperolehkan untuk arahan pertimbangan pengelolaan lahan alternative yang dapat diterapkan dalam satu wilayah. Arahan yang dimaksud adalah dalam penggunaan dan pengelolaan lahan (CP) sehingga dapat menurunkan laju erosi sampai atau lebih kecil dari laju erosi yang diperbolehkan. Perubahan nilai faktor CP setiap skenario pengembangan disajikan pada Tabel 3

Tabel 3 Nilai faktor CP tertimbang setiap skenario pengembangan

No	Penggunaan Lahan	Skenanio 1(ha)	CP	Skenanio 2(ha)	CP	Skenanio 3(ha)	CP	Skenanio 4(ha)	CP
1	Hutan	7980.96	0.001	11141.46	0.001	11141.46	0.001	18108.69	0.001
2	Kb. Campuran	7598.66	0.2	7598.66	0.2	7598.66	0.01	2309.31	0.2
3	Semak belukar	6372.75	0.3	3211.25	0.3	3211.25	0.3	1968.51	0.3
4	Ladang/tegalan	3329.1	0.4	3330.1	0.4	3330.1	0.4	2906.2	0.4
5	Pemukiman	69.7	0.15	69.7	0.15	69.7	0.15	58.46	0.15
6	lain-lain ***)	3184.32		3184.32		3184.32		3184.32	
	Jumlah	28535.49		28535.49		28535.49		28535.49	
	CP		0.03		0.02		0.002		0.01
	Erosi ton/ha/th		142,68		97,10		32,89		36,12

Sumber : Dianalisis dari data primer (2012)

Dari Tabel 3 terlihat bahwa CP pada skenario 3 (tiga) dan skenario 4 (empat) melalui kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan serta pemanfaatan kawasan berdasarkan tata ruang maka erosi dapat dikendalikan dengan baik sampai dibawah TSL. Hasil penelitian Senawi (2009) di sub DAS Wiryantoro, Wonogiri juga mengatakan bahwa pengendalian erosi tanah dan perubahan bentuk penggunaan lahan dan penetapan fungsi kawasan (tata ruang). Pengendalian erosi tanah dapat diupayakan dengan merubah bentuk penggunaan lahan tegalan dan kebun campuran menjadi hutan rakyat.

Upaya untuk mengendalikan erosi dibawah erosi yang ditoleransi seperti pada skenario 3 dan 4 membutuhkan kesepakatan semua pihak terutama, pemerintah sebagai legislator dan masyarakat sebagai eksekutor dan dilakukan terpadu dari sampai ke hilir. Untuk pelaksanaan semua itu sudah ada landasan bekerja yang legalnya yaitu Peraturan Pemerintah No. 37 tahun 2012 tentang pengelolaan DAS terpadu.

Pengembangan pengelolaan DAS Mahat Hulu melalui pengendalian erosi seperti pada skenario 3 semakin memudahkan untuk dilaksanakan dengan adanya UU no UU Nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan dimana masyarakat diberi kesempatan untuk ikut mengelola kawasan hutan sebagai alternatif bentuk pengelolaan hutan oleh masyarakat adalah merupakan inti dari konsep (*Social Forestry*) yang sekarang ini menjadi paradigma baru dalam pembangunan sektor kehutanan yang merupakan salah satu upaya untuk perbaikan kondisi hutan di Indonesia sekaligus dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat di dalam dan di sekitar hutan. Inti dari program *Social Forestry* adalah masyarakat melibatkan aktif secara langsung dalam pengelolaan hutan dengan tujuan masyarakat bisa sejahtera dan kondisi hutan bisa lebih baik. Berdasarkan paradigma *Social forestry* tersebut maka keberhasilan pembangunan kehutanan sangat ditentukan oleh sejauhmana tingkat partisipasi masyarakat dalam berkontribusi terhadap upaya pengelolaan hutan dan kualitas sumber daya manusia yang mendukungnya. Dalam upaya pengembangan kualitas masyarakat khususnya yang bermukim di dalam dan sekitar hutan agar maju dan mandiri sebagai pelaku pembangunan kehutanan, maka strategi pemberdayaan masyarakat dalam upaya rehabilitasi hutan dan lahan mutlak dilaksanakan.

Hal ini sejalan dengan dengan SK Mentan No. 837/Kpts/um/11/1980 tentang kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung. Dalam SK tersebut dikatakan dengan jelas bahwa penetapan hutan lindung adalah dalam rangka memelihara kemantapan tata air, mencegah banjir dan erosi. Dengan pemahaman ini maka dimungkinkan masyarakat melakukan konversi hutan menjadi kebun sepanjang fungsi hidrologi dan pengendalian erosi tetap terjaga.

Insentif yang dapat dijalankan sejalan dengan SK tersebut adalah memberikan ijin pemanfaatan kepada petani untuk tetap memanfaatkan kebun yang ada di hutan lindung sepanjang persyaratan fungsi lindung dapat dipertahankan. Gambir adalah tanaman yang diambil daun dan rantingnya bukan kayu dan merupakan tanaman andalan di DAS Mahat Hulu. Jika gambir dikombinasikan dengan tanaman keras sesuai dengan pola agroforestry dan juga menggunakan tehnik konservasi tanah maka fungsi lindung sebagai pengendali erosi bisa dicapai. Ini bisa menjadi insentif bagi pera serta masyarakat untuk melakukan rehabilitasi lahan dan fungsi lindung yang diharapkan di DAS Mahat Hulu. Mengembangkan kebijakan memberikan ijin pengelolaan dan memanfaatkan hasil gambir selain bisa mendukung fungsi lindung juga menjadi bagian dari pemberdayaan ekonomi rakyat. Pemberian subsidi bagi pemberdayaan petani bagi pengembangan konservasi tanah dan air juga merupakan bagian dari kebijakan mekasinem insentif yang bertujuan bagi pencapaian kualitas lingkungan yang lebih baik.

Lahan usaha tani masyararat yang sudah terlanjur masuk dalam kawasan dapat diteruskan dengan memperbaiki cara bercocok tanam dengan *strip cropping* dan pemberian mulsa. Penanaman secara *strip cropping* baru sebatas pengetahuan yang mereka dapatkan namun dalam prakteknya belum semua iru hanya terkait masalah tambahan biaya dan keinginan melaksanakannya, akan tetapi mengenai pemberian mulsa sudah menjadi tradisi bagi petani yaitu dengan menaburkan sisa perebusan ranting dan daun pasca manggampo gambir. Jumlah mulsa yang diberikan yang dengan istilah ampas ketapang tersebut adalah 100 kg/ hari dan air limbah sisa perebusan (kolincuang) 30 liter/hari Untuk 1 (satu) tahun diperkirakan sebanyak 800

kg/ha/th dan cairan kolincuang 2400 liter. Baik ampas ketapang maupun kolincuang diyakini mengandung unsur hara baik mikro maupun makro serta bahan organik yang dibutuhkan oleh tanah dan tanaman mengingat kandungan yang ada pada gambir itu sendiri (Gambar 1)



Gambar 1 Tanaman gambir dan ketapang

## B. Analisis Fluktuasi Aliran Permukaan Setiap Skenario Pengembangan

Berdasarkan pendugaan aliran permukaan setiap skenario pengembangan . Skenario 4 merupakan skenario pengembangan sumber daya air yang terbaik dibandingkan dengan skenario lainnya. Skenario,4 mampu menurunkan fluktuasi aliran permukaan bulanan dari 16.31 m<sup>3</sup>/det pada skenario 1 ,menjadi 12.19 m<sup>3</sup>/det, serta meningkatkan debit minimum dari 4.17 m<sup>3</sup>/det menjadi 4.55 m<sup>3</sup>/det. Pada skenario 3 ke 2 walaupun mampu meningkatkan debit minimum dari 4.46 m<sup>3</sup>/det menjadi 4.55 .m<sup>3</sup>/det, namun fluktuasi debit yang terjadi masih lebih besar dari skenario 4 yaitu 15.56 (Tabel 4)

Tabel 4Fluktuasi aliran permukaan masing masing skenario

Alternatif Pengembangan	Q max (m <sup>3</sup> /det)	Q min (m <sup>3</sup> /det)	Ratio (Q max/Q min)
Skenario-1	68.07	4.17	16.31
Skenario-2	69,33	4.55	15.23
Skenario-3	69,36	4.46	15.56
Skenario-4	55,94	4.55	12.29

Sumber: Dianalisis dari data hujan, penggunaan lahan dan tanah (2010)

## SIMPULAN

1. Jenis tanaman (C) dan cara pengolahan lahan (P) berpengaruh terhadap erosi dan fluktuasi debit, terbukti lahan dengan sisa kawasan hutan 27 % dan dikelola dengan cara konvensional (tidak berteknologi) dan dilihat pada skenario 1 (pertama) atau kondisi eksisting, tingkat erosi nya paling tinggi mencapai 142.68 ton/ha/th sementara fluktuasi debit 16.31, fluktuasi yang juga paling tinggi dan mengindikasikan DAS Mahat Hulu telah tererosi berat
2. Pengelolaan lahan dengan *strip cropping* dan agroforestry (skenario 3) ternyata mempunyai erosi yang paling kecil 32.89 ton/ha/th sudah mencapai tingkat dibawah erosi yang di toleransi 39.60 ton/ha/th dinilai paling ideal dengan mengembalikan fungsi kawasan secara utuh berdasarkan tata ruang (skenario 4) erosi yang terjadi 36.12 ton/ha/th, masih dianggap ideal karena dibawah angka erosi yang ditoleransi.
3. Skenario 2 mengacu kepada UU 41 tahun 1999 pasal 18 tentang kawasan hutan dan penutupan hutan untuk setiap DAS atau pulau sebesar 39 % lebih tinggi dari minimal 30 % sesuai yang ditetapkan mempunyai tingkat erosi 97.10 ton/ha/th jauh lebih tinggi dari erosi yang ditoleransi yang hanya 39.60 ton/ha/th. Membuktikan bahwa kondisi fisik, sosial ekonomi dan lingkungan DAS tidak sama satu dengan lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andyana MO. 2006. *Pengembangan Sistem Usaha Pertanian Berkelanjutan*. <http://pse.litbang.deptan.go.id/publikasi> [3 Maret 2006].
- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : Serial Pustaka IPB Press.
- Bols PL. 1978. The Iso-eroden map of Java and Madura, Report of The Belgian Technical Assistance Project ATA 105-Soil Research Institute Bogor. Indonesia
- Davenport TE. 2002. *The Watershed Project Management Guide*. Washington,DC. USA : Lewis Publisher. A CRC Press Company.
- Dent D. and A Young. 1981. *Soil Survey and Land Evaluation*. George Allen and Unwin. London.
- Hammer WI. 1981. *Soil Conservation Consultant Report*. Centre for Soil Research. Bogor
- Pasya GK, Jupri, dan H Murtianto. 2009. Tingkat Kerusakan dan Arah Konservasi Lahan di DAS Cikaro, Kabupaten Bandung,, Jurusan Pembangunan Geografi, FPIPS, UPI, Bandung
- Sabiham S. 2005. Manajemen sumberdaya lahan dalam usahat pertanian berkelanjutan. *Makalah Seminar Nasional Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah "Save our Land for the Better Environment"* Bogor, 10 Desember 2005.
- [SCS] Soil Conservation Services Engineering Division. 1986. *Urban hydrology for small watersheds*. U.S Department of Agriculture, Technical Release 55
- Senawi. 2009 Arah penggunaan lahan untuk pengendalian erosi tanah di sub DAS Wuryantoro DTA Waduk Gajah Mungkur, Wonogiri Jawa Tengah, Jurnal Ilmu Kehutanan Vol. III No. 2-Juli 2009
- Sinukaban N. 1994. Membangun pertanian menjadi industri yang lestari dengan pertanian konservasi. *Orasi Ilmiah dalam penerimaan Jabatan Guru Besar*. Bogor : Fakultas Pertanian IPB.
- Sinukaban N. 2003. Strategi, kebijakan dan kelembagaan pengelolaan lahan kritis. *Paper dalam studi Strategi, kebijakan dan kelembagaan pengelolaan lahan kritis di Departemen Kehutanan*. (Tidak dipublikasi).
- Sinukaban N. 2007 Pengaruh Pengolahan Tanah Konservasi dan Pemberian Mulsa Jerami Terhadap Produksi Tanaman Pangan dan Erosi Hara. *Konservasi Tanah dan Air Dalam Pembangunan Berkelanjutan*. Bogor
- Sinukaban N, D Satjapardja, dan S Wastra. 2007. Pengaruh Perubahan Penutupan Vegetasi Terhadap Respon Hidrologi sub DAS Manting, DAS Konto Jawa Timur. Dalam *Konservasi Tanah dan Air Kunci Pembangunan Berkelanjutan Ditjen RLPS DEPHUT dan Dept ITSL-IPB Bogor*.
- Subagyono K, .U Haryati, dan SH. Tala'ohu. 2004. Teknologi konservasi air pada pertanian lahan kering. *Prosiding Teknologi Konservasi Lahan Kering Berlereng*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Balitbang Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Thrupp LA.. 1996. *New pathnerships for sustainable agriculture*. New York : World Resources Institute.
- Weischmeier WH and DD Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. *A Guide to Conservation Planning*. USDA-SED Agric. Handbook No. 537.
- Wood, SR. dan FJ. Dent. 1983. *A Land Evaluation Computer System Methodology*. AGOF/INS/78/006. Manual 5 versi 1. Ministry of Agriculture Govern of Indonesia in corporation with UNDP and FAO.

