

# KAJIAN PENANGANAN SEDIMENTASI DANAU TONDANO

Teddy Dolfie Sorey<sup>1</sup>, Mohammad Bisri<sup>2</sup>, Dian Sisingih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Wilayah Sungai Sulawesi I<sup>2</sup>,

<sup>3</sup>Pengajar, Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Air, Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia

**Abstrak** : Pengelolaan DAS yang tidak tepat dapat mengakibatkan masalah erosi dan sedimentasi seperti yang terjadi di Danau Tondano, Provinsi Sulawesi Utara yang mengalami pendangkalan, sehingga mengancam masyarakat sebagai pemanfaat danau dan kelestarian danau itu sendiri. Penyebab utama pendangkalan adalah masuknya sedimen terutama berasal dari Sub DAS Panasen dan Ranoweleng akibat perubahan tataguna lahan. Hasil penelitian tahun 2010 menunjukkan 74% luas DAS Danau Tondano masuk klasifikasi ringan sampai sedang, sedangkan 26% kritis. Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik lahan tersebut sebagian besar cukup kebal terhadap potensi erosi. Hasil penelitian saat ini didapat laju erosi 17,88 ton/hektar/tahun, debit inflow 3,55 m<sup>3</sup>/det, inflow sedimen 72.409 m<sup>3</sup>/tahun. Penanganan dilakukan secara vegetatif dengan menetapkan jenis tanaman dan manajemen kawasan penyangga serta secara mekanik dengan membangun cekdam baru.

Kata Kunci : Sub DAS, Erosi, Sedimentasi, Pendangkalan Danau, Konsep Penanganan

*Abstract* : Improper watershed management can lead to problems such as erosion and sedimentation that occurred in Lake of Tondano, North Sulawesi Province which is currently experiencing silting up, thus threatening the society as the lake users and the preservation of the lake itself. The main cause of silting is the influx of sediment which primarily derived from Panasen Sub-watershed and Ranoweleng as a result of changes in land use. The results of the study in 2010 showed that 74% of Tondano Lake watershed area is classified as small to medium, while the rest 26 % categorized as critical. This indicates that the characteristics of the land is mostly quite resistant to the erosion potential. The results of the current study obtained erosion rate 17,88tonnes / ha / year, the discharge inflow 3,55 m<sup>3</sup>/s and the sediment inflow 72.409 m<sup>3</sup>/year. The handling is conducted vegetatively by determining the type of plant and management of buffer zones as well as mechanically by building new checkdam.

*Keywords* : Sub Watershed, Erosion, Sedimentation, Silting Up of lake, Handling Concept

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu bentuk pengembangan dan pemanfaatan wilayah yang menempatkan DAS sebagai satu unit pengelolaan sumber daya alam (SDA), dengan tujuan untuk me-ningkatkan produksi yang ada pada DAS tersebut secara optimum dan berkelanjutan (lestari) (M Bisri, 2009).

Pengelolaan DAS yang tidak tepat akan mengakibatkan ketidakseimbangan yang dapat menimbulkan berbagai permasalahan seperti erosi, sedimentasi yang dampaknya akan diterima oleh kawasan bagian hilir DAS tersebut. Hal inilah yang terjadi di Danau Tondano yang terletak di Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara.

Danau Tondano adalah danau yang memanjang dari bagian utara ke selatan, sementara lebar danau mengarah dari bagian barat ke timur. Lebar danau bervariasi antara 3 sampai 5 kilometer, sementara panjang danau di bagian terpanjang adalah 12,8 kilometer. Danau Tondano mencakup area seluas 4616 hektar atau 46,16 Km<sup>2</sup>. (Badan Pusat Statistik 2010). Dari data hasil survei diperoleh bahwa terdapat mata air dibagian mangkuk danau, sementara pada sekeliling danau terdapat persawahan, rawa, pegunungan dan permukiman. Di Danau Tondano telah terjadi peningkatan sedimen yang ditandai dengan adanya pendangkalan tiap tahunnya.

Saat ini telah dibangun beberapa bangunan pengendali sedimen (cekdam) pada beberapa sungai inlet Danau Tondano, namun dengan

volume sedimen yang cukup besar yang masuk ke danau belum mampu dikendalikan secara optimal oleh bangunan-bangunan tersebut.

Tujuan dan manfaat penelitian untuk mengetahui jumlah sedimen yang masuk, penyebaran lahan kritis akibat perubahan tataguna lahan di Sub DAS Panasen dan Sub DAS Ranoweleng, erosi lahan yang terjadi dan bagaimana arahan fungsi kawasan di kedua Sub DAS dan mengusulkan rencana penanganan konservasi secara vegetatif dan mekanik yang dapat dilakukan pada Sub DAS Panasen dan Sub DAS Ranoweleng.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**1. Umum**

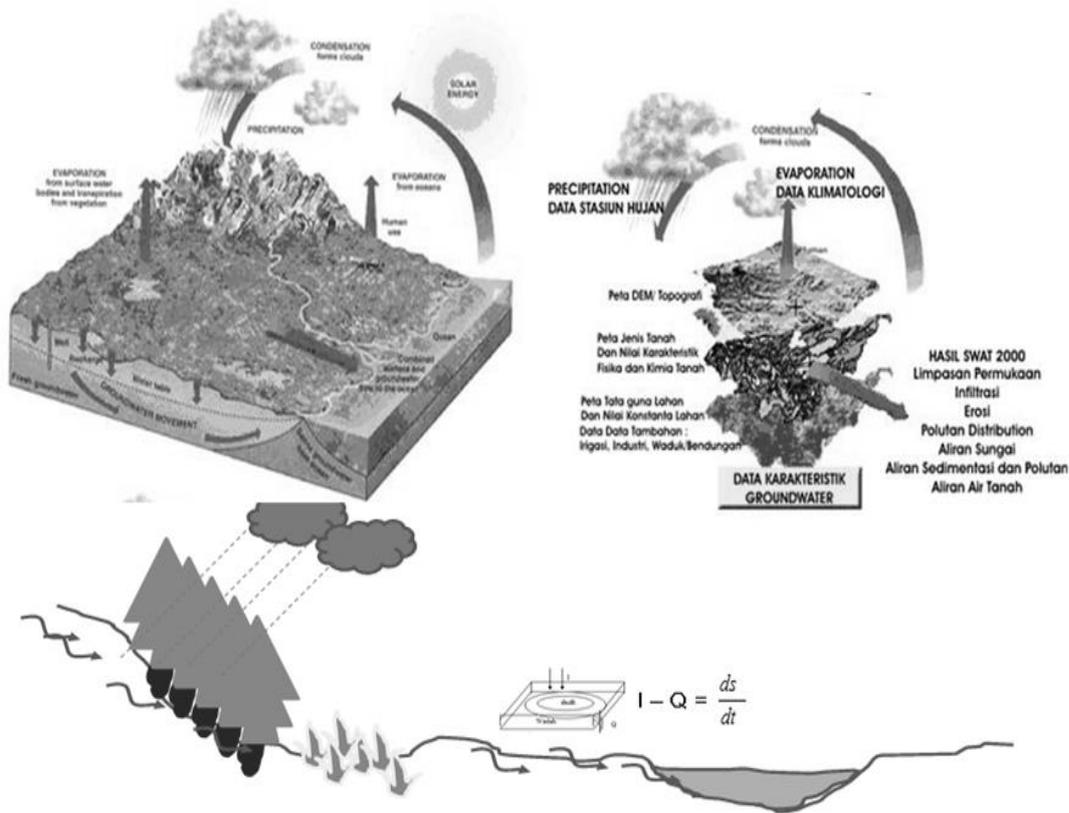
Hidrologi adalah cabang Geografi Fisis yang mempelajari air di bumi, sorotan khusus pada propertis, fenomena, dan distribusi air di daratan. Khususnya mempelajari kejadian air di daratan, deskripsi pengaruh bumi terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan, dan mempelajari hubungan air dengan kehidupan di bumi (Linsley et al, 1991).

Siklus air atau daur hidrologi adalah pola sirkulasi air dalam ekosistem yang dimulai

dengan adanya proses pemanasan permukaan bumi oleh sinar matahari, lalu terjadi peng-uapan hingga akan terjadi kondensasi uap air, yaitu proses perubahan uap air menjadi titik air. Siklus hidrologi dibagi menjadi siklus pendek, siklus menengah dan siklus panjang.

**2. AVSWAT 2000**

AVSWAT 2000 merupakan perkembangan dari versi sebelumnya, SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) yang tidak bekerja dalam perangkat lunak ArcView. AVSWAT 2000 dirancang untuk memprediksi pengaruh manajemen lahan pada aliran air, sedimen, lahan pertanian dalam suatu hubungan yang kompleks pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) termasuk di dalamnya jenis tanah, penggunaan lahan dan manajemen kondisi lahan secara periodik. Mekanisme siklus hidrologi adalah siklus hidrologi pada fase/tahap terjadi di satu luasan lahan, sebagai kontrol jumlah air, sedimen yang akan masuk ke sistim jaringan sungai. Siklus hidrologi pada fase/tahap pada aliran sungai yang dapat didefinisikan sebagai pergerakan air, sedimen melalui aliran sungai menuju ke outlet masing-masing Sub DAS.



Gambar.1. Siklus Hidrologi Pemodelan AVSWAT  
Sumber : Prahasta, 2002

### A. Siklus Hidrologi Lahan

Siklus hidrologi yang menjadi dasar persamaan adalah *Water Balance*:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - W_{gw}) \quad (1)$$

Dengan:

- $SW_t$  = Kandungan air dalam tanah (mm H<sub>2</sub>O)  
 $SW_0$  = Kandungan air dalam tanah pada awal periode (mm H<sub>2</sub>O)  
 $t$  = waktu  
 $R$  = Besaran hujan yang terjadi pada waktu ke  $i$  (mm H<sub>2</sub>O)  
 $Q_{surf}$  = Tinggi limpasan permukaan pada periode waktu ke  $i$  (mm H<sub>2</sub>O)  
 $E_a$  = Besar evapotranspirasi pada periode waktu ke  $i$  (mm H<sub>2</sub>O)  
 $W_{seep}$  = Jumlah air yang masuk zona lapisan tanah keras pada periode waktu ke  $i$  (mm H<sub>2</sub>O)  
 $W_{gw}$  = Jumlah air pada aliran air tanah pada periode waktu ke  $i$  (mm H<sub>2</sub>O)

### B. Siklus Hidrologi Sungai

Penelusuran / *Routing* pada sungai - sungai utama dapat dibagi menjadi 2 komponen:

1. Penelusuran Banjir.
2. Penelusuran Sedimen.

#### 3. Erosi

Proses erosi bermula dengan terjadinya penghancuran agregat - agregat tanah sebagai akibat pukulan air hujan yang mempunyai energi lebih besar daripada daya tahan tanah. Hancuran dari tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, maka kapasitas infiltrasi tanah akan menurun dan mengakibatkan air mengalir di permukaan tanah dan disebut sebagai lim-pasan.

Perhitungan laju erosi dengan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1965)

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (2)$$

dimana A adalah banyaknya tanah tererosi (ton/ha/thn), R adalah faktor erosivitas hujan, K adalah faktor erodibilitas tanah, L adalah faktor panjang lereng, S adalah faktor kemiringan lereng, C adalah faktor tanaman dan P adalah faktor pengelolaan.

#### 4. Sedimentasi

Versi sebelumnya dari SWAT menggunakan energi sungai untuk memprediksi degra-dasi dan kecepatan jatuh untuk memperkirakan deposisi pada saluran (Arnold et al., 1998). Williams

(1980) menggunakan definisi dari Bagnold's (1977) dari energi sungai untuk mengembangkan metode untuk menentukan degradasi sebagai fungsi dari kemiringan saluran dan kecepatan.

Jumlah maksimum dari sedimen yang dapat diangkut dari pias dihitung dengan :

$$conch_{sed,ch,mx} = c_{sp} v_{ch,pk}^{spexp} \quad (3)$$

dimana :

- $conc_{sed,ch,mx}$  = Konsentrasi maksimum sedi-men yang dapat diangkut oleh air (ton/m<sup>3</sup> atau kg/l),  
 $c_{sp}$  = Koefisien yang ditentukan oleh user,  
 $v_{ch,pk}$  = Kecepatan puncak saluran (m/s), dan  
 $spexp$  = Normalnya bervariasi antara 1,0 sampai 2,0 dan ditentukan sebesar 1,5 pada persamaan energi sungai orisinil Bagnold (Arnold et al., 1995).

Jika  $concsed,ch,i > concsed,ch,mx$ , maka deposisi adalah proses dominan pada pias tersebut dan jumlah sedimen bersih yang disimpan dihitung dengan :

$$sed_{dep} = (conc_{sed,ch,i} - conc_{sed,ch,mx}) V_{ch} \quad (4)$$

dimana :

- $sed_{dep}$  = Jumlah sedimen tersimpan pa-da pias (metric tons),  
 $conc_{sed,ch,i}$  = Konsentrasi sedimen awal pada pias (kg/l atau ton/m<sup>3</sup>),  
 $conc_{sed,ch,mx}$  = Konsentrasi maksimum sedi-men yang dapat diangkut oleh air (kg/l atau ton/m<sup>3</sup>), dan  
 $V_{ch}$  = Volume air pada pias (m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O).

Jika  $concsed,ch,i < concsed,ch,mx$ , degra-dasi adalah proses yang dominan pada pias dan jumlah sedimen bersih yang disimpan dihitung dengan:

$$sed_{deg} = (conc_{sed,ch,mx} - conc_{sed,ch,i}) V_{ch} \cdot K_{ch} \cdot C_{ch} \quad (5)$$

dimana :

- $sed_{deg}$  = Jumlah sedimen yang di-masukkan kembali pada pias (ton/m<sup>3</sup>),  
 $conc_{sed,ch,mx}$  = Konsentrasi maksimum se-dimen yang dapat diangkut oleh air (kg/l atau ton/m<sup>3</sup>),  
 $conc_{sed,ch,i}$  = Konsentrasi sedimen awal pada pias (kg/l atau ton/m<sup>3</sup>),  
 $V_{ch}$  = Volume air pada pias (m<sup>3</sup>H<sub>2</sub>O),

$K_{CH}$  =Faktor kelongsoran saluran (cm/hr/Pa), dan  
 $C_{CH}$  =Faktor penutup saluran.

Ketika jumlah deposisi dan degradasi telah dihitung, jumlah akhir sedimen pada pias ditentukan dengan:

$$sed_{ch} = sed_{ch,i} - sed_{dep} + sed_{deg} \quad (6)$$

dimana :

- $sed_{ch}$  = Jumlah sedimen melayang pada pias (metric tons),
- $sed_{ch,i}$  = Jumlah sedimen melayang pada pias di awal periode waktu (metric tons),
- $sed_{dep}$  = Jumlah sedimen tersimpan pada pias (metric tons), dan
- $sed_{deg}$  = Jumlah sedimen yang diangkut kembali pada pias (metric tons).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

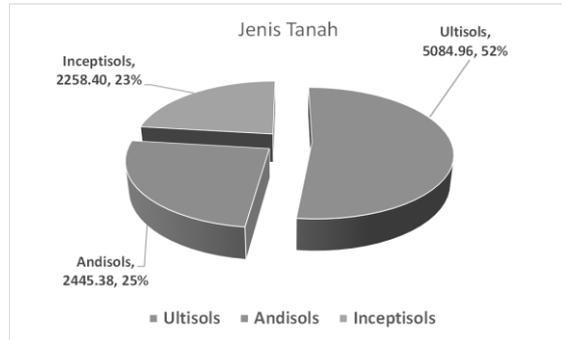
**1. Pengolahan Data Input Pemodelan Peta Tataguna Lahan dan Jenis Tanah**

Sebaran tataguna lahan tahun 2011 DAS Danau Tondano Bagian Hulu untuk jenis penggunaan lahan areal pertanian sawah 12,62%, hutan 12,35%, pemukiman 5,16%, semak belukar 58,74%, tanah kosong 3,70%, tegalan 7,43%, dan tubuh air 0,01%.

Sedangkan sebaran tataguna lahan tahun 2014 DAS Danau Tondano Bagian Hulu untuk jenis penggunaan lahan areal pertanian sawah

20,35%, hutan 12,33%, pemukiman 8,68%, semak belukar 58,61% dan tubuh air 0,03% dari luas DAS Danau Tondano Bagian Hulu sebesar 9788,74 ha.

Prosentase sebaran jenis tanah DAS Danau Tondano Bagian Hulu sebesar 9788.74 ha dengan jenis tanah Ultisols seluas 5084.96 ha (51.95%), Andisols seluas 2445.38 ha (24.98%), dan Inceptisols seluas 2258.40 ha (23.07%). Berikut adalah grafik sebaran jenis tanah DAS Danau Tondano Bagian Hulu :

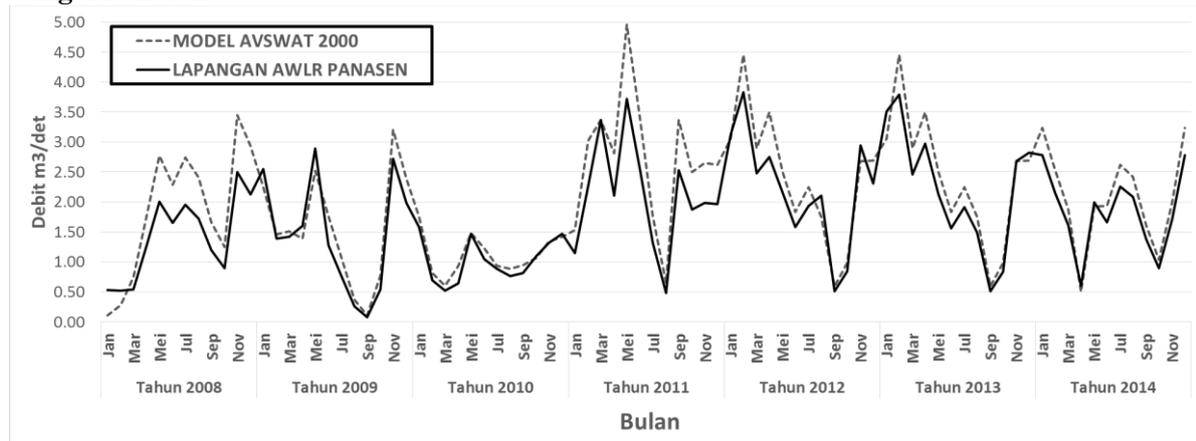


Gambar.2. Sebaran Jenis Tanah Bagian Hulu DAS Danau Tondano

**2. Kalibrasi Pemodelan**

Kalibrasi model dan lapangan yang diterapkan untuk penyesuaian pemodelan ini adalah data debit di lapangan hasil pencatatan AWLR debit Sungai Panasen dan Sungai Saluwangko yang dibandingkan dengan data debit hasil perhitungan model AVSWAT 2000.

**Sungai Panasen**

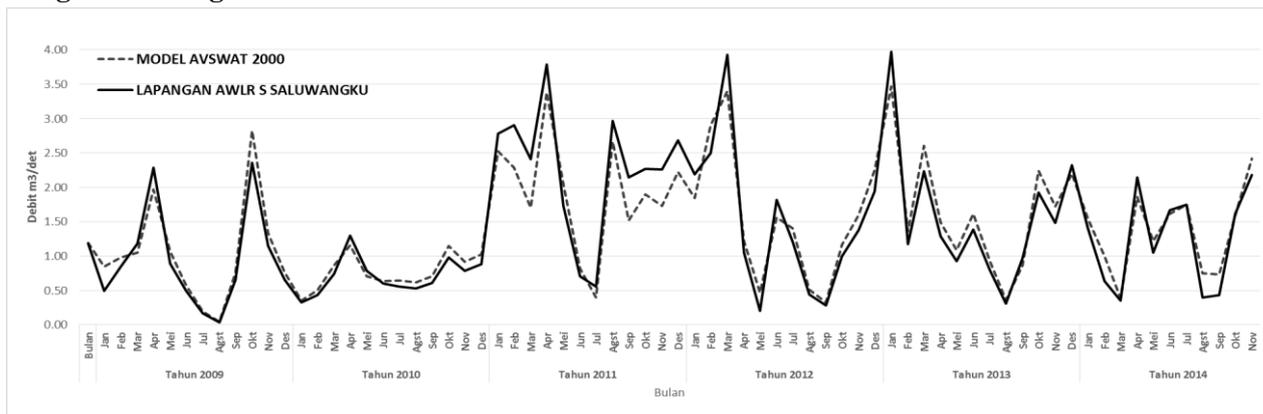


Gambar.3. Perbandingan Hasil Model dan Debit AWLR Sungai Panasen Sesudah Kalibrasi Tahun 2008 - 2014

Hasil kalibrasi pemodelan memiliki nilai koefisien regresi kepercengaan sebesar  $R^2 =$

0,93 untuk Sungai Panasen, dan  $R^2 = 0.921$  untuk Sungai Saluwangko.

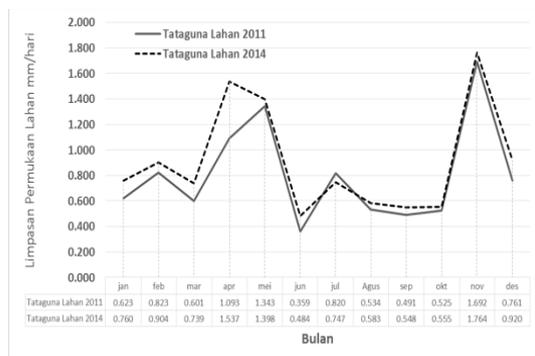
**Sungai Saluwangko**



Gambar.4. Perbandingan Hasil Model dan Debit AWLR Sungai Saluwangko Sesudah Kalibrasi Tahun 2008 - 2014

**3. Besar Limpasan Lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu Kondisi Tata-guna Lahan 2011 dan 2014**

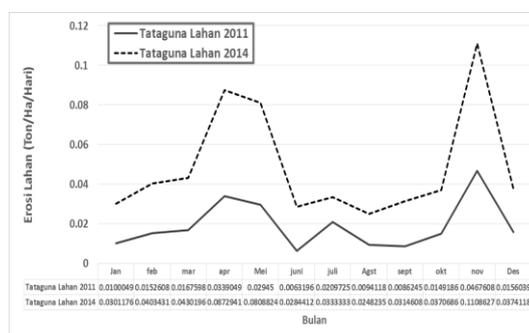
Terjadi peningkatan laju limpasan permukaan antara kondisi Tataguna lahan 2011 dan 2014, dengan peningkatan rerata adalah sebesar 13,64 %. Berikut ini adalah hasil laju limpasan permukaan lahan pada kondisi tataguna lahan tahun 2011 dan 2014



Gambar.5. Rerata Harian Limpasan Permukaan Lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu Tataguna Lahan 2011 dan 2014 (mm/hari)

**4. Besar Erosi Lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu Kondisi Tata-guna Lahan 2011 dan 2014**

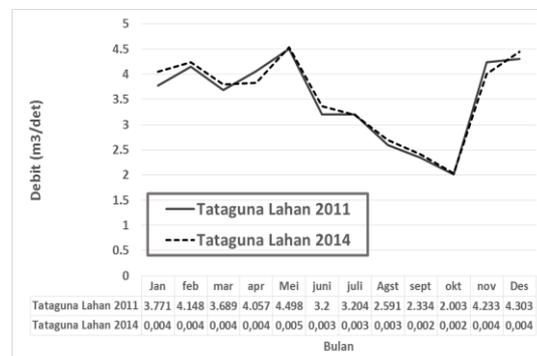
Perubahan fungsi kawasan tataguna- lahan 2011 dan tahun 2014, berdampak pada peningkatan laju erosi lahan rerata DAS Bagian Hulu Danau Tondano. Peningkatan laju erosi rerata adalah sebesar 61,56 %.



Gambar.6. Rerata Harian Erosi Lahan Permukaan Lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu Tataguna lahan Tahun 2011 dan 2014 (ton/ha/hari)

**5. Besar Debit Inflow DAS Danau Tondano Bagian Hulu Kondisi Tata-guna Lahan 2011 dan 2014**

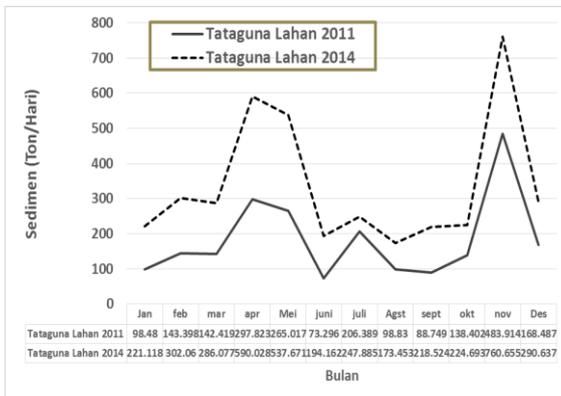
Berdasarkan pemodelan AVSWAT 2000 pada kondisi tata guna lahan tahun 2011 dan tahun 2014 memberikan dampak besar debit inflow menuju danau mengalami peningkatan.



Gambar.7. Total Rerata Harian Debit Inflow Danau Tondano Bagian Hulu Tataguna Lahan Tahun 2011 dan 2014 (m³/det)

## 6. Besar Sedimen DAS Danau Tondano Bagian Hulu Kondisi Tataguna Lahan 2011 dan 2014

Perubahan tataguna lahan tahun 2011 dan tahun 2014 memberikan dampak pada peningkatan sedimen inflow yang masuk ke Danau Tondano



Gambar.8. Perbandingan Total Rerata Se-dimen Tataguna Lahan Tahun 2011 dan 2014 (ton/hari)

## 7. Evaluasi Pembahasan

Berdasarkan hasil dari pemodelan AVSWAT 2000 penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan utama yaitu sebagai berikut :

1. Besar laju limpasan permukaan lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu adalah sebesar :0,912 mm/hari.
2. Tingkat kekritisn lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu adalah kelas II dengan rerata laju erosi 17,88 ton/ha/tahun yaitu pada kelas kategori ringan.
3. Debit inflow yang masuk ke Danau Tondano dari sungai bagian hulu Danau Tondano adalah sebesar 3.55 m<sup>3</sup>/det.
4. Inflow sedimen total sungai - sungai bagian hulu Danau Tondano adalah sebesar 123.095,148 ton/tahun atau sebesar 72.408,91 m<sup>3</sup>/tahun.
5. Diketahui bahwa luasan Danau Tondano adalah cukup besar yaitu 46,16 km<sup>2</sup> dimana sedimen inflow tidak hanya dipengaruhi oleh lahan DAS Sungai Panasen dan Sungai Saluwangku saja, melainkan dipengaruhi juga oleh lahan DAS bagian kanan dan bagian kiri Danau Tondano. Pengaruh sedimen dari kedua sungai tersebut mengakibatkan adanya pendangkalan di muara sungai sebesar 1 sampai dengan 2 m.

Dari lima poin diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu dalam range kondisi bagus, tidak mengalami kerusakan. Namun untuk tujuan upaya pencegahan dan upaya pelestarian sangat perlu untuk dilakukan perencanaan penanganan pelestarian DAS dengan manajemen SDA yang terencana dengan baik.

Upaya yang dilakukan dalam rangka pelestarian DAS Danau Tondano Bagian Hulu yaitu :

- Konservasi vegetasi dengan penerapan perencanaan Arahan Fungsi Kawasan RLKT (Rehabilitasi Lahan dan Konser-vasi Tanah).
- Perencanaan konservasi mekanik yaitu penambahan cekdam baru di sistem jaringan Sungai Panasen dan Sungai Saluwangko. Cekdam yang ada saat ini, pada desain perencanaan sebelumnya memiliki kapasitas tampungan total 31.900 m<sup>3</sup>. Sedangkan pengukuran di-lapangan saat ini didapatkan kapasitas yang terisi sebesar 23.898 m<sup>3</sup>, sehingga sisa tampungan total cekdam saat ini adalah sebesar 8.003 m<sup>3</sup>. Sisa tersebut akan penuh terisi sedimen dalam rentang waktu 5 tahun kedepan, sehingga perlu untuk dilakukan perencanaan tambahan cekdam baru.

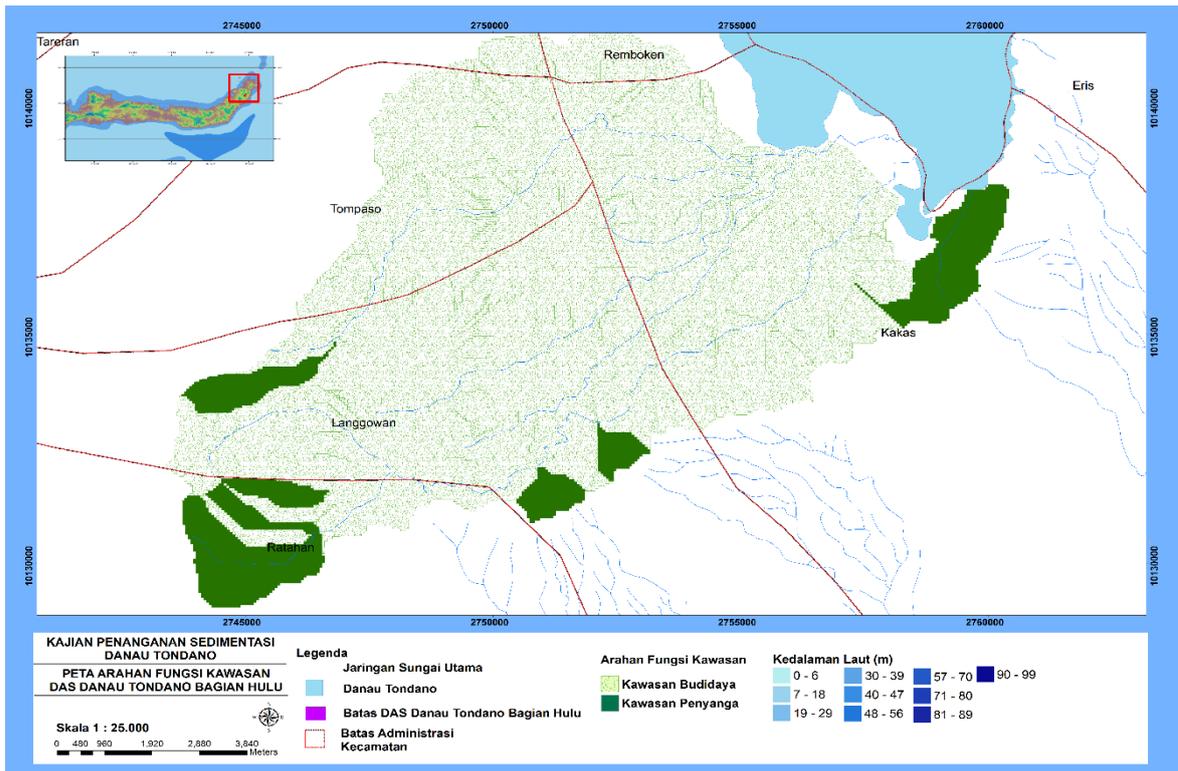
## 8. Upaya Konservasi Vegetatif

### A. Penetapan Jenis Tanaman dan Manajemen Kawasan Penyangga

Untuk wilayah kawasan penyangga yang memiliki kemiringan lereng 20 – 35 %, tanaman yang diterapkan adalah tanaman keras tahunan seperti tanaman kayu putih, sengon, pinus, kedondong, kakao, dll. Sedangkan wilayah kawasan penyangga yang memiliki kemiringan lereng ≤ 20 %, tanaman yang diterapkan adalah tanaman produksi/tanaman keras seperti kopi, durian, mangga, nangka, dll.

### B. Penetapan Jenis Tanaman dan Manajemen Kawasan Budidaya

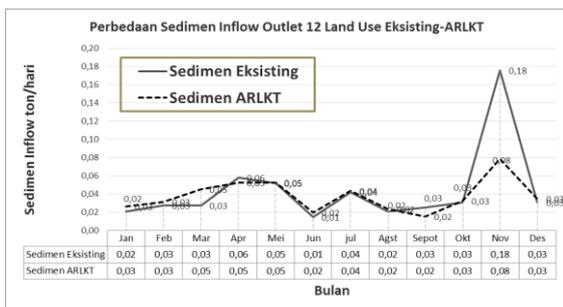
Untuk wilayah kawasan budidaya yang memiliki kemiringan lereng 15 – 24 %, tanaman yang diterapkan adalah tanaman tegalan seperti tebu, jambu mente, jagung, dll. Sedangkan wilayah kawasan budidaya yang memiliki kemiringan ≤ 15 %, tanaman yang diterapkan adalah padi sawah, ubi-ubian, rempah - rempah, dll.



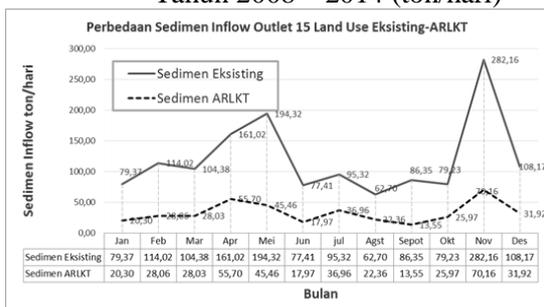
Gambar.9. Peta Arahan Fungsi Kawasan Sub DAS Danau Tondano Bagian Hulu

### 9. Simulasi Setelah Arahan Fungsi Kawasan

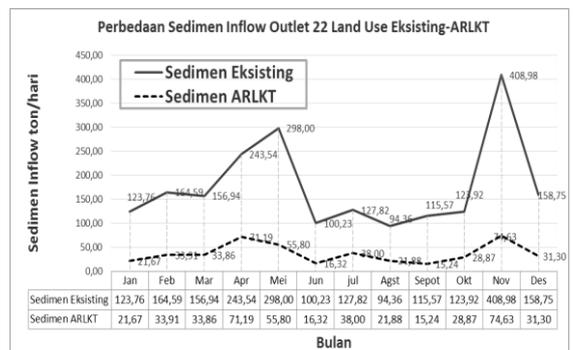
Setelah dilakukan upaya vegetatif maka pemodelan AVSWAT 2000 disimulasi lagi dengan menghasilkan jumlah sedimen yang lebih kecil dibandingkan saat sebelum dilakukan arahan fungsi kawasan.



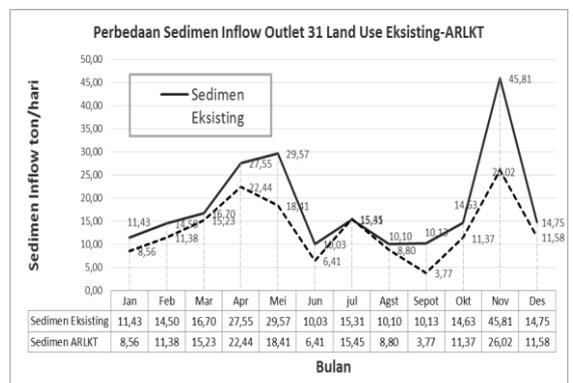
Gambar.10. Perubahan Sedimen Outlet 12 Tahun 2008 – 2014 (ton/hari)



Gambar.11. Perubahan Sedimen Outlet 14 Tahun 2008 – 2014 (ton/hari)



Gambar.12. Perubahan Sedimen Outlet 15 Tahun 2008 – 2014 (ton/hari)



Gambar.13. Perubahan Sedimen Outlet 22 Tahun 2008 – 2014 (ton/hari)

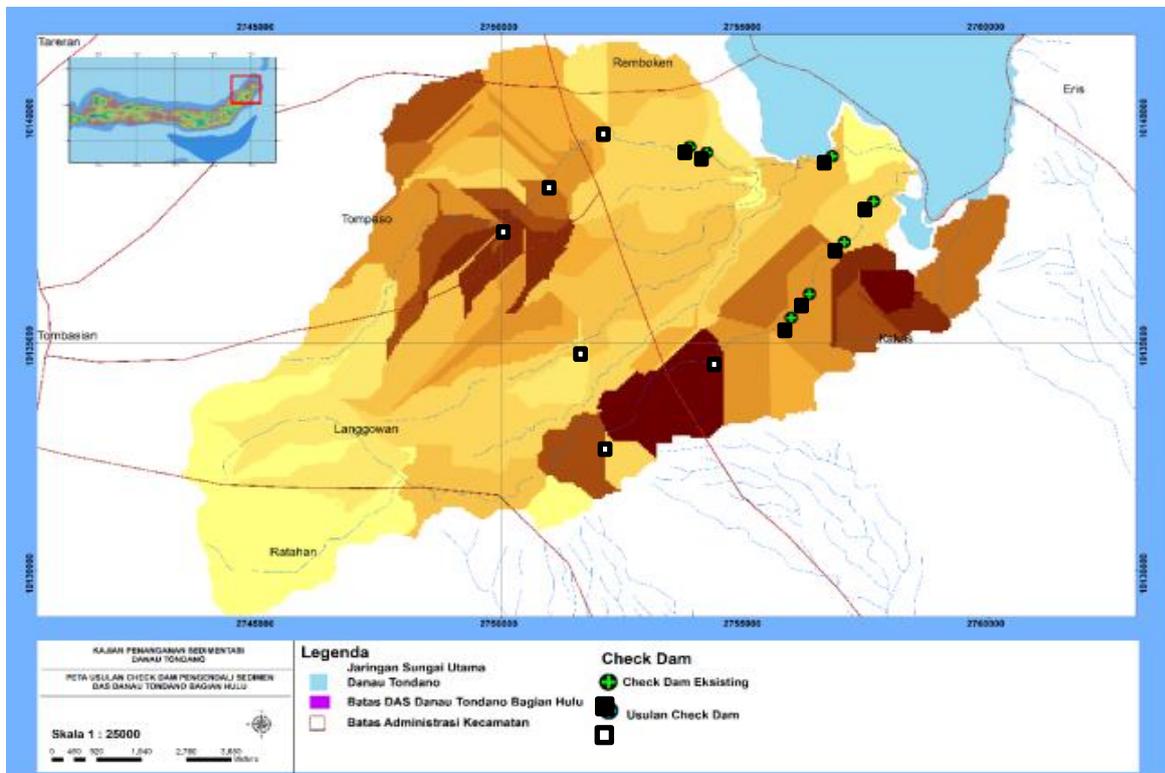
**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pemodelan AVSWAT 2000 penelitian ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Inflow sedimen total sungai - sungai bagian hulu Danau Tondano adalah sebesar 123.095,148 ton/tahun atau sebesar 72.408,91 m<sup>3</sup>/tahun.
2. Rerata laju erosi lahan Sub DAS Panasen dan Ranoweleng adalah sebesar 0,049 ton/ha/hari atau sebesar 17.88 ton/ha/th pada kelas kekritisitan lahan kelas II. Maksimum kejadian erosi adalah sebesar 0,848 ton/ha/hari. Besar laju limpasan permukaan lahan Sub DAS Panasen dan Ranoweleng adalah sebesar: 0,912 mm/hari. Debit inflow yang masuk ke Danau Tondano dari sungai bagian hulu Danau Tondano adalah sebesar 3.55 m<sup>3</sup>/det.
3. Setelah dilakukan arahan fungsi kawasan terhadap kedua Sub DAS tersebut diatas maka dilakukan simulasi lagi yang menghasilkan jumlah sedimen yang masuk ke danau berkurang seperti yang tercantum dalam Gambar.10 sampai dengan Gambar.13.

4. Upaya Konservasi yang di usulkan berdasarkan hasil penelitian ini adalah:
  - a. Upaya konservasi vegetatif yaitu penetapan jenis tanaman dan manajemen lahan kawasan penyangga untuk wilayah kawasan penyangga yang memiliki kemiringan lereng 20 – 35 %, tanaman yang diterapkan adalah tanaman keras tahunan seperti tanaman kayu putih, sengon, pinus, kedondong, kakao, dll. Sedangkan wilayah kawasan penyangga yang memiliki kemiringan lereng ≤ 20 %, tanaman yang diterapkan adalah tanaman produksi/tanaman keras seperti kopi, durian, mangga, nangka, dll. Penetapan jenis tanaman dan mana-jemen lahan kawasan budidaya untuk wilayah kawasan budidaya yang memiliki kemiringan lereng 15 – 24 %, tanaman yang diterapkan adalah tanaman tegalan seperti tebu, jambu mente, jagung, dll, serta diiringi manajemen lahan menggunakan tera-sering dan pengaturan sistema drainase yang baik. Sedangkan wilayah kawasan budidaya yang memiliki kemiringan ≤ 15 %, tanaman yang diterapkan adalah padi sawah, ubi - ubian, rempah - rempah, dll.



Gambar 14. Peta Usulan Lokasi Cekdam

- b. Dari poin – poin diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi lahan Danau Tondano dalam range kondisi bagus, tidak mengalami kerusakan. Namun untuk tujuan upaya pencegahan dan upaya pelestarian sangat perlu untuk dilakukan perencanaan penanganan pelestarian DAS dengan manajemen SDA yang terencana dengan baik. Untuk itu dapat diusulkan beberapa hal antara lain perencanaan konservasi mekanik yaitu penambahan cekdam di sistem jaringan Sungai Panasen dan Sungai Ranoweleng. Sebagaimana diketahui bahwa cekdam yang ada saat ini, pada desain perencanaan sebelumnya memiliki kapasitas tampungan total 31.900 m<sup>3</sup>. Sedangkan pengukuran dilapangan saat ini didapatkan kapasitas yang terisi sebesar 23.898 m<sup>3</sup>, sehingga sisa tampungan total cekdam saat ini adalah sebesar 8.003 m<sup>3</sup>. Sisa tersebut akan penuh terisi sedimen dalam rentang waktu 5 tahun kedepan, sehingga perlu untuk dilakukan perencanaan tambahan cekdam baru.

#### Saran

Perlu dilakukan studi lanjutan tentang kajian pola sebaran pengendapan sedimen di perairan Danau Tondano agar dapat ditentukan lokasi mana yang harus dilakukan kegiatan operasi dan pemeliharaan dalam rangka pelestarian danau itu sendiri.

Dari hasil analisa, usaha konservasi lahan perlu dilakukan secara serius dan terintegrasi seluruh stake holder dari Pemerintah Pusat, BP DAS Danau Tondano, BWS Sulawesi I, Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara, dan Pemerintah Kabupaten Minahasa (Dinas Kehutanan, Dinas Pertanian, Dinas Perkebunan, Dinas PU), untuk mengupayakan langkah-langkah kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan di kawasan Sub DAS Panasen dan Sub DAS

Ranoweleng. Juga pelaksanaan program - program berupa sosialisasi kepada masyarakat tentang terasering dalam pengelolaan tanah perkebunan, pemberantasan *illegal logging*, pemanfaatan sisa-sisa tanaman atau tumbuhan (*residue management*), menyusun perda yang mendukung rehabilitasi hutan dan lahan.

Implementasi Program Nasional ber-basis masyarakat seperti : GN-RHL (Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan Lahan, GN-KPA (Gerakan Nasional Kemitraan Penyelamatan Air) dengan membentuk Tim Pelaksana di tingkat Pusat, Provinsi, Kabupaten, Kecamatan, dan Desa. Program jangka menengah (program lima tahunan) : sosialisasi masyarakat, penanaman tanaman keras berbasis *Agroforestry* dan *Social Forestry* dengan memilih jenis tanaman yang diinginkan oleh masyarakat setempat yang bisa meningkatkan taraf ekonomi yang disesuaikan dengan kondisi tanah setempat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arnold JG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR. 1998. *Large area hydro-logic modelling and assessment – Part I. Journal of the American Water Resources Association* 34, 73-89.
- Badan Pusat Statistik. 2010. Kabupaten Minahasa Dalam Angka. Propinsi Sulawesi Utara.
- Bisri, Mohammad. 2009. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. CV. Asrori. Malang.
- Prahasta, Eddy. 2002. *Sistem Informasi Geografis : Tutorial ArcView*. Informa-tika. Bandung.
- Ray K. Linsley, Joseph B. Franzin. 1991. *Teknik Sumber Daya Air Jilid II*. Diterjemahkan oleh Djoko Sasongko : Erlangga.
- Wischmeier, W.H., dan D.D. Smith, 1978. *Predicting Rainfall - Erosion Losses : A Guide To Conservation Planning. USDA Agriculture Handbook No. 537.58*.

