

## PREDIKSI BEBAN NUTRIEN DAN SEDIMEN DAS SUMPUR DANAU SINGKARAK MENGGUNAKAN MODEL AGNPS

Tuahta Tarigan\* & Iwan Ridwansyah\*

### ABSTRAK

*AGNPS merupakan sebuah program model untuk mensimulasikan kualitas air dan sedimen dari suatu catchment yang didominasi lahan pertanian. Model ini dikombinasikan dengan perangkat program GIS untuk memperkirakan kemungkinan penambahan fosfor ke DAS Sumpur, Paket Program GIS (ArcView 3.1, 3DAnalyst, SpatialAnalyst) digunakan untuk mempersiapkan input data model dan proses penempatan dari hasil simulasi. Perkiraan dari loadingjg nutrient dari Sungai Sumpur yang masuk ke Danau Singkarak memperlihatkan nilai 1.875 ton tahun<sup>-1</sup> sedimen, 52,5 ton tahun<sup>-1</sup> Total N dan 37,5 ton tahun<sup>-1</sup> Total P dan 195 ton tahun<sup>-1</sup> COD.*

**Kata Kunci :** AGNPS, model, nutrisi, sedimentasi, Danau Singkarak, DAS Sumpur.

### ABSTRACT

*AGNPS (Agricultural non-point source), satu model pencemaran which is an agricultural non-point source pollution model, has been used in combination with GIS tools to assess the feasibility of water quality effluent trading for phosphorus, in Sumpur watershed Danau Singkarak. GIS software packages (ArcView 3.1, 3DAnalyst, SpatialAnalyst) are used to prepare data input for the model and post process the results. The result of prediction show that of nutrient loadings from Sumpur River enter Singkarak about 1875 ton year<sup>-1</sup> Sed, 52.5 ton year<sup>-1</sup> TN (Total Nitrogen), 37.5 ton year<sup>-1</sup> TP (Total Phosporus) and 195 ton year<sup>-1</sup> COD, respectively.*

**Key words:** AGNPS model, Nutrient, Sedimentation, Singkarak Lake, Sumpur watershed.

---

\* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

## PENDAHULUAN

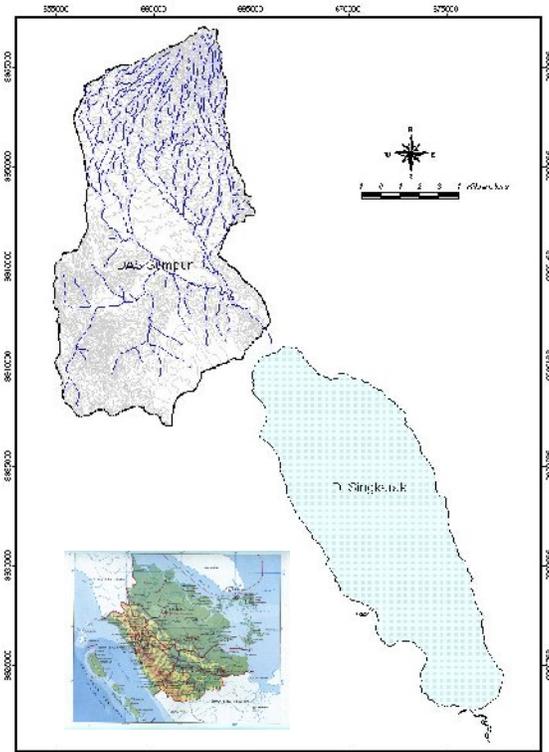
Sedimen merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses erosi, sedangkan erosi tanah dan aliran permukaan merupakan sumber utama pengkayaan hara air permukaan (Klingebliel, 1972). Aliran permukaan (*runoff*) merupakan bagian dari hujan yang tidak terabsorpsi dan tidak menggenang di permukaan tanah yang bergerak kedalam saluran dan akhirnya bermuara perairan, diantaranya ke danau. Kecepatan aliran permukaan serta kehilangan tanah akibat erosi, adalah tergantung dari jumlah, intensitas dan distribusi hujan. Erosi juga menyebabkan kehilangan unsur hara dan bahan organik pada lapisan tanah yang dibawa oleh aliran permukaan, sehingga menurunnya produktivitas tanah. Besarnya hara dan bahan organik yang terbawa oleh aliran permukaan tersebut, memberi dampak terhadap badan penerima seperti danau diataranya pendangkalan dan eutrofikasi.

Proses eutrofikasi merupakan akibat dari tingginya konsentrasi hara total Nitrogen (TN) dan total fosfat (TP) pada badan danau. Goldman *et al* (1983) mengemukakan, bila konsentrasi total- N dan P berturut-turut sebesar 393 dan 20  $\mu\text{g/L}$ , maka danau tersebut telah mengalami eutrofikasi. Sulawesty *et al* (2003) mengemukakan, konsentrasi hara (TN dan TP) Danau Singkarak berfluktuasi dari

permukaan hingga dasar yaitu sekitar 150 – 795  $\mu\text{g.l}^{-1}$  dan 12 – 98  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , sedangkan yang masuk dari Sungai Sumpur yaitu 485 dan 18  $\mu\text{g.l}^{-1}$ . Bila dilihat dari kualitas air tersebut, maka dikhawatirkan akan terjadi eutrofikasi sehingga perlu pencegahan sedini mungkin. Untuk menjaga kualitas air danau tersebut, maka perlu dilakukan pengurangan beban nutrisi yang masuk ke badan danau Singkarak. Pengurangan beban tersebut, masalahnya belum diketahui asal zona (sel) mana beban yang sangat berpengaruh. Untuk itu penelitian awal dengan model *AGNPS* (*Agricultural non-point source*) diharapkan dapat memprediksi beban yang masuk ke Danau Singkarak, sehingga penelitian lanjut dapat menentukan zona-zona mana yang harus dikonservasi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di DAS (Daerah Aliran Sungai) Sumpur, yang secara administrasi termasuk dalam Kabupaten Tanah Datar dan Padang Panjang Propinsi Sumatera Barat. Sungai Sumpur ini adalah salah satu sungai yang masuk dari arah Tenggara ke Danau Singkarak. Luas DAS Sumpur mencapai 14.697 Ha. Lokasi penelitian secara spasial disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kemiringan Lereng DAS Sumpur

Pembuatan *grid sel* menggunakan perangkat lunak berbasis GIS *Arcview* Versi 3.1, ditunjang oleh *extension 3DAnalyst* dan *Spatial Analyst* dan keluarannya kemiringan dan panjang lereng. Arah aliran tiap sel didapatkan dengan mengolah data Digital Elevasi model (DEM) kemudian plotting arah dengan *extension FlowDirection*). Pengolahan dan analisis data beban nutrisi dan sediment menggunakan **AGNPS model** yang dikembangkan oleh *United State Department of Agriculture – Agricultural Research Service (USDA – ARS)* dan model ini mampu menganalisis hingga 28.000 sel.

Tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data dasar berupa peta topografi batas DAS, merancang posisi grid

pada peta satuan lahan dengan satuan sel seluas 250 \* 250 m sebanyak 605 buah sel. Penelitian lapangan meliputi pengumpulan data curah hujan, *ground check* peta penggunaan dan penutupan lahan, pengambilan contoh dan pengukuran debit air sungai yang dilakukan pada saat kejadian hujan. Contoh air yang dianalisis yaitu padatan tersuspensi (SS; *Suspended solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TN (Total Nitrogen) dan TP (Total fosfat).

Ketebalan aliran permukaan pada setiap sel ditentukan dengan metode bilangan kurva (*Curve Number*) yang dikembangkan oleh *USDA Soil Conservation Service (SCS)* (Kang, Yung-Tsung 1998), yaitu:

$$Q = (P - I_a)^2 / (P - I_a) + S \text{ or } Q = (P - I_a)^2 / (P + 0.8 S) \quad (I_a = 0.2S)$$

$S$  = retensi potensial maksimum (in)  $S = 1000 / CN - 10$  (2)

$Q$  = aliran permukaan (runoff) (in)

$P$  = curah hujan (rainfall) (in)

$I_a$  = initial abstraction, (in).

Untuk menduga konsentrasi N dan P terlarut dalam model menggunakan persamaan berikut (Yoon dan Disrud, 1993):

berdasarkan penggunaan lahan.

Karakteristik lereng didapat dari Peta Topografi lembar Bukittinggi dan

$$RON = 0.892 \left[ (CZERON - CHECKN) \times \exp(-XKFN1 \cdot EFI) \right] - \frac{(CZERON - CHECKN) \times \exp(-XKFN1 \cdot EFI - XKFN2 \cdot RO)}{COEFF} + \frac{RN \cdot RO}{EFRAIN}$$

Keterangan : *RON* = Nitrogen terlarut dalam aliran permukaan (lbs/acre)  
*CZERON* = Kandungan Nitrogen dalam tanah (Kg/ha)  
*CHECKN* = Ketersediaan Nitrogen oleh curah hujan (Kg/ha)  
*XKFN1* = Konstanta laju pemindahan nitrogen ke dalam tanah  
*EFI* = Infiltrasi total curah hujan (mm)  
*XKFN2* = Konstanta laju pemindahan Nitrogen ke aliran permukaan  
*COEFF* = Faktor porositas  
*RN* = Sumbangan Nitrogen oleh hujan (Kg/ha)  
*EFRAIN* = Curah hujan effective (mm)

dan

$$ROP = 0.892 \left[ (CZEROP - CHECKP) \times \exp(-XKFP1 \cdot EFI) \right] - \frac{(CZEROP - CHECKP) \times \exp(-XKFP1 \cdot EFI - XKFP2 \cdot RO)}{COEFF}$$

Keterangan : *ROP* = Phosphor terlarut dalam aliran permukaan (lbs/acre)  
*CZEROP* = Ketersediaan Phosphor karena pemupukan dan alamiah (Kg/ha)  
*CHECKP* = Ketersediaan Phosphor tanah awal (Kg/ha)  
*XKFP1* = Konstanta laju pemindahan Phosphor ke dalam tanah  
*EFI* = Infiltrasi total curah hujan (mm)  
*XKFP2* = Konstanta laju pemindahan Phosphor ke aliran permukaan

Komponen sedimen dan erosi pada model AGNPS diadopsi dari persamaan *Universal Soil Loss Equation (USLE)*, (Kang, Yung-Tsung 1998):

Keterangan:

A = RKLSPC  
A = Kehilangan tanah  
R = Faktor energi hujan  
K = Faktor erodibilitas  
L = Faktor panjang lereng  
S = Faktor kecuraman lereng  
P = Faktor pengolahan tanah  
C = Faktor pengelolaan tanaman

Untuk menjalankan model ini diperlukan data DAS terdiri dari keterangan umum mengenai nama DAS, luasan grid sel, jumlah sel, curah hujan dan energi intensitas hujan (*EI*). Sedangkan pembangkit data setiap grid sel yang dilakukan dengan GIS yaitu terdiri: 1) karakteristik lereng (arah aliran, kecuraman lereng, panjang lereng dan faktor bentuk lereng); 2) karakteristik tanah (faktor erodibilitas tanah (K) dan kelas tekstur tanah; 3) penutupan lahan (koefisien kekasaran n Manning, faktor C, konstanta kondisi permukaan dan COD

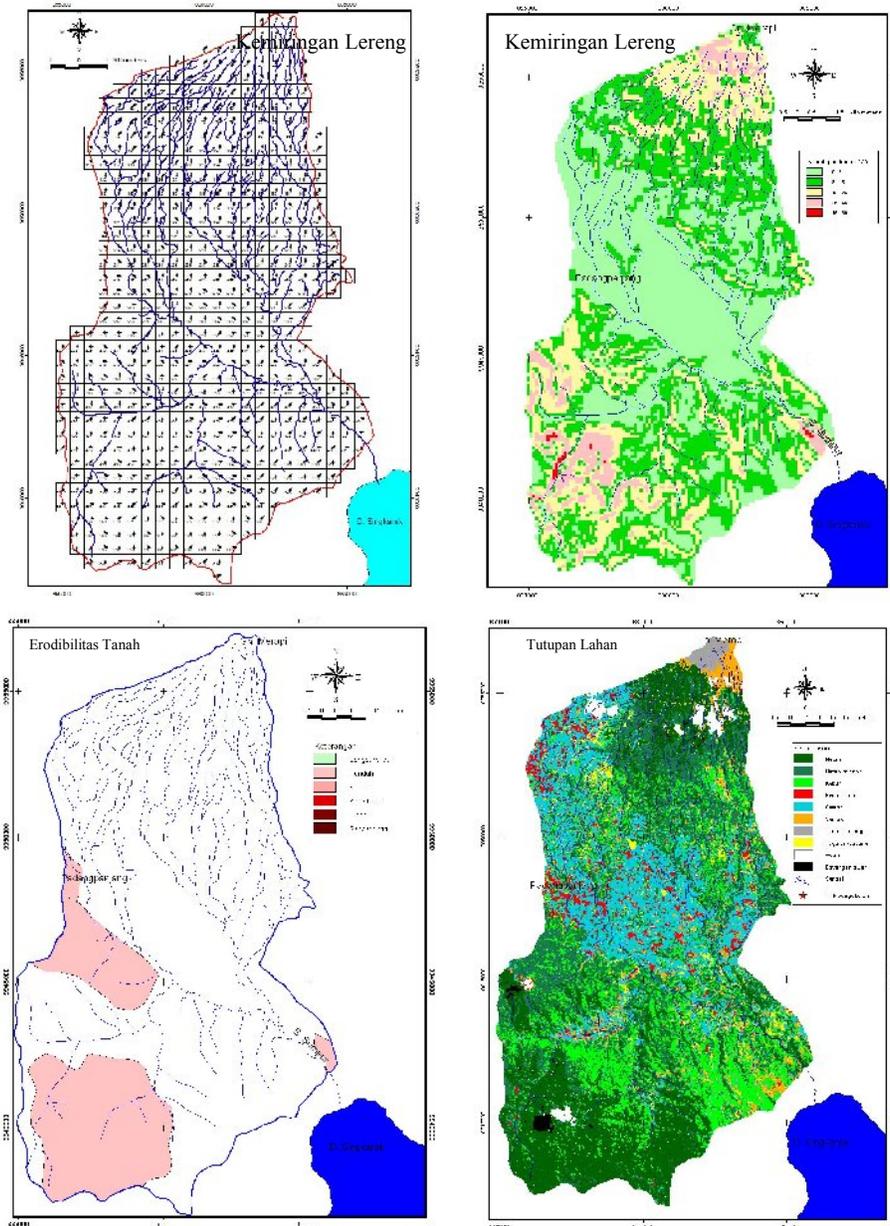
Lubukalung dengan skala 1 : 50.000 (Djawatan Topografi Angkatan Darat, Tahun 1974), Peta tanah didapat dari Peta Tanah lembar Padang (Puslit Tanah Tahun, 1990), sedangkan Peta Tutupan Lahan didapat dari hasil analisis penginderaan jauh citra Landsat-TM P/R 127/60 Tahun 2000. Citra landsat di analisis dengan menggunakan program ERMMapper versi 5.5. Hasil Interpretasi kemudian di cek lapangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

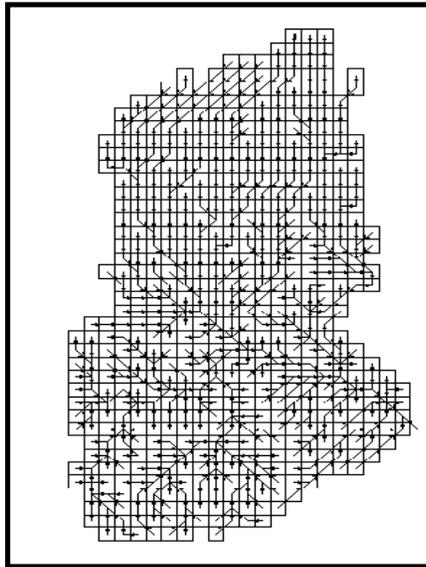
Hasil pembuatan peta grid, data-data (Peta) kemiringan lereng, erodibilitas tanah dan penggunaan dan penutupan lahan ditampilkan pada gambar 2. Hasil tumpang susun peta-peta dasar berupa batas DAS, peta jenis tanah dan kontur, maka jumlah dan ukuran sel diperoleh berturut-turut 605 dan 60 acre (25 ha) per grid sel (Gambar 3). Data curah hujan yang digunakan dalam analisis ini adalah kejadian hujan terbesar (Januari 2005) yaitu sebesar 60 mm (2.43 inches) dengan intensitas hujan 10.92 ft-ton/acre-in, sedangkan tinggi muka air

(TMA) di Sungai Sumpur dan beban (TN dan TP), COD dan SS dapat dilihat pada

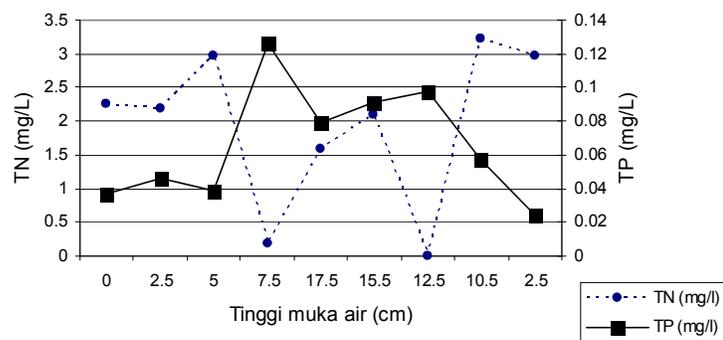
Gambar 4 dan 5.



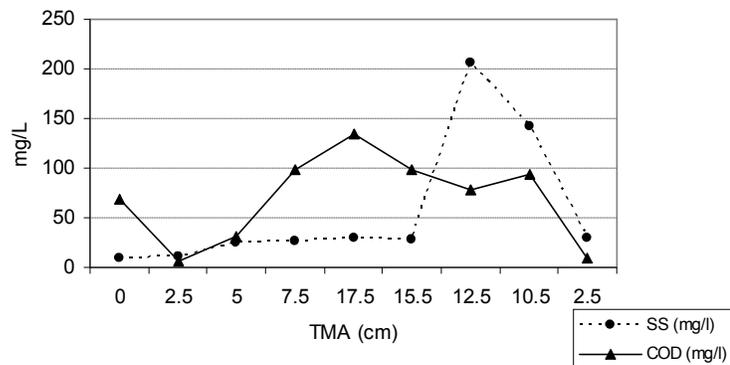
Gambar 2. Kemiringan lereng, Arah lereng, Erodibilitas dan Penggunaan Lahan di DAS Sumpur.



Gambar 3. Hasil penentuan grid sel dan arah aliran DAS Sumpur



Gambar 4. Hasil pengukuran Loading TN dan TP di Sungai Sumpur



Gambar 5. Hasil pengukuran Loading SS dan COD di Sungai Sumpur

Hasil pengukuran rata-rata nutrien pada saat hujan di Sungai Sumpur masing-masing total-SS, TN, TP dan COD adalah 508,6 mg.l<sup>-1</sup>, 1,8 mg.l<sup>-1</sup>, 0,06 mg.l<sup>-1</sup> dan 68,7 mg.l<sup>-1</sup>, sedangkan nutrien dari model masing-masing adalah 615,7 mg.l<sup>-1</sup>, 1,3 mg.l<sup>-1</sup>, 0,05 mg.l<sup>-1</sup> dan 64 mg.l<sup>-1</sup>. Adapun nilai SS jauh lebih kecil antara pengukuran dengan model, karena tidak dapat dilakukan pengambil contoh dasar sungai pada saat penelitian. Bila dibandingkan antara hasil pengukuran dengan model rata-rata perbedaannya sekitar 20 %, sedangkan dari hasil penelitian Sulawesty (2003) (total- N dan P) yang masuk dari Sungai Sumpur yaitu 0,485 dan 0.018 mg.l<sup>-1</sup>, dengan perbedaan yang jauh lebih besar.

Sebaran sedimentasi terkonsentrasi setiap sel pada saluran sungai dengan jumlah bervariasi antara 0 – 273 ton atau 0.01 ton.acre<sup>-1</sup> (25 Kg.ha<sup>-1</sup>). Hal ini disebabkan karena terjadinya akumulasi limpasan permukaan dari sel sebelumnya (hulu). Sedangkan pelepasan nutrien dari DAS yaitu TN 0,7 Kg.ha<sup>-1</sup>, TP 0.5 Kg.ha<sup>-1</sup> dan COD 2,6 Kg.ha<sup>-1</sup>.

Dari hasil penelitian menggunakan model ini dan kejadian hujan yang membawa erosi dalam setahun (lima kali kejadian hujan) dengan luas DAS Sumpur sekitar 15.000 ha, maka diprediksi beban nutrien adalah 52,5 ton TN Tahun<sup>-1</sup> dan 37,5 ton TP Tahun<sup>-1</sup>, sedangkan COD yang masuk 195 ton Tahun<sup>-1</sup>.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini, bila dibandingkan antara hasil pengukuran dengan model perbedaannya masih dalam toleransi (sekitar 20 %), sehingga model ini masih laik untuk perencanaan pengurangan beban yang masuk ke Danau Singkarak.

Dalam menganalisis suatu DAS menggunakan model AGNPS dengan jumlah sel lebih dari 200, sebaiknya parameter masukan ditentukan secara efektif dengan penginderaan jauh dan sistem informasi

geografis (*GIS*). Validasi model dengan data lapangan perlu dilakukan dalam menganalisis suatu DAS, meskipun model AGNPS merupakan model berdasarkan karakteristik fisik yang tidak memerlukan kalibrasi, karena model ini merupakan hasil studi Amerika Serikat yang kemungkinan besar tidak sesuai dengan kondisi lokal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Goldman, C. R & A. J. Horne, 1983, *Lymnology*. Mc Graw Hill Book Company, New York : 464 pp.
- Kang, Yung-Tsung, 1998, *A Watershed Based Optimization Approach For Agricultural Non-point Source Pollution Management*, Institute of Water Research, Michigan State University, East Lansing, MI.p24-30.
- Klingebl., A. A., 1972, *Soil and Water Management to Control Plant Nutrient in Natural Water*, FAO Soil Bulletin No. 16. p152 – 178.
- Sulawesty, F, 2003, *Karakteristik Limnologi Danau Singkarak*. Laporan Teknis Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Perairan Darat-LPI. Puslit Limnologi- LIPI. VI (1 – 47).
- USDA, National Sedimentation Laboratory 2001. *AGNPS- Pollutant Loading (PL) Computer Model*.
- Yoon, J and L. A. Disrud. 1993. *Evaluation of Agricultural Nonpoint Source Pollution Control on Water Quality in Southwestern North Dakota With AGNPS Model*, Research Report, August 1993. Agricultural Engineering Department. North Dakota State University, Fargo, ND 58105, 122pp.
- Zhang, Yufang, et. al. (1997) *Nitrogen Transformation, Transport and Leaching in Drained Land*, China university of geo-sciences, Wuhan, China, p45-48.