

## **PENGEMBANGAN MODEL PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI BARONG, KALTIM**

**M. Fakhruddin, Gunawan P. Yoga, Iwan Ridwansyah, dan Hadiid Agita Rustini**

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan menyusun model pengelolaan Daerah Aliran Sungai di DAS Barong, Kalimantan Timur. Dari penelitian ini diketahui bahwa : Pada simulasi kondisi saat ini, DAS Mentiwan yang memiliki luas 538.782,65 Ha memberikan total limpasan sebesar 683.723,2 m<sup>3</sup> dan 169,32 ton sedimen. Sementara DAS Tabai dengan luas 445.641 Ha memberikan total limpasan sebesar 1.284.390,95 m<sup>3</sup> dan 1835,79 ton sedimen. Pada simulasi kedua dengan mengasumsikan bahwa semua kelas hutan dialihgunakan menjadi pertanian dan semua kelas pertanian menjadi permukiman diperoleh total limpasan dan total sedimen DAS Mentiwan dan DAS Tabai secara berturut-turut adalah 1.304.681,47 m<sup>3</sup> / 1099,73 ton dan 1.595.454,52 m<sup>3</sup> / 5790,177 ton. Apabila lahan pertanian dialihgunakan menjadi permukiman, DAS Mentiwan memberikan total limpasan 833.915,69 m<sup>3</sup> dan 365,98 ton sedimen bagi Danau Barong. Sementara DAS Tabai memberikan total limpasan 1.488.185,99 m<sup>3</sup> dan 4853,58 ton sedimen bagi Danau Barong. Pada simulasi 3, DAS Mentiwan memberikan total limpasan sebesar 729.645,62 m<sup>3</sup> dan 204,39 ton. Sementara total limpasan dari DAS Tabai adalah 1.281.869,3 m<sup>3</sup> dengan total sedimen 2524,13. Asumsi yang digunakan pada simulasi 3 hanya berbeda dalam hal teknik konservasi pertanian dan kepadatan permukiman.*

**Kata Kunci** : erosi, sedimentasi, teknik pertanian, modelling

### **ABSTRACT**

*The objectives of this research are to develop a management model and evaluate agricultural techniques suitable to be applied in Barong Watershed of the East Kalimantan. It is concluded that currently, a 4 hours of 80 mm rainfall in the 538,782.65 Ha Mentiwan Watershed yields the total runoff and sediment of 683,723.2 m<sup>3</sup> and 169.32 tons respectively. While the same amount of rain in 445,641 Ha Tabai Watershed yields 1,284,390.95 m<sup>3</sup> of runoff and 1835,79 tons of sediment. The second simulation which assumed that all forests area were changed into agricultural area whilst the existing agricultural area converted into settlement gave the total runoff / sediment yield of Mentiwan and Tabai respectively are 1,304,681.47 m<sup>3</sup> / 1099.73 tons and 1,595,454.52 m<sup>3</sup> / 5790.177 tons. Assuming that the existing agricultural area converted into settlement gave the total runoff / sediment yield of Mentiwan and Tabai respectively are 833.915,69 m<sup>3</sup> / 365.98 tons and 1.488,185,99 m<sup>3</sup> / 4853.58 tons. Differed from simulation 3 only by the settlement density and conservation techniques adopted in agricultural area, simulation 4 gave 729,645.62 m<sup>3</sup> runoff and 204.39 tons of sediment from Mentiwan, and 1,281,869.3 m<sup>3</sup> runoff and 2524.13 tons of sediment from Tabai.*

**Keywords** : erosion, sedimentation, agricultural techniques, modeling.

## **PENDAHULUAN**

Daerah Aliran Sungai (DAS) Mahakam merupakan salah satu DAS terluas dan sungai terpanjang di Indonesia, yang mencakup lima kabupaten di Kalimantan Timur. Kondisi DAS saat ini sudah mengalami degradasi akibat aktivitas manusia, baik itu di daerah hilir maupun hulu sungai. Degradasi akibat aktivitas penebangan hutan dan pertambangan, berakibat pada peningkatan erosi dan sedimentasi yang cukup besar.

Menurut Departemen PU pada Tahun 1992, laju sedimentasi di danau-danau Mahakam bagian tengah mencapai 1 - 2 cm/tahun.

Kerusakan pada tanah yang tererosi berupa kemunduran sifat kimia dan fisika tanah, seperti kehilangan unsur hara, peningkatan kepadatan dan ketahanan penetrasi tanah, penurunan kapasitas infiltrasi dan kemampuan tanah menahan air. Akibat selanjutnya adalah produktivitas lahan menurun, pengisian air tanah menurun dan peningkatan resiko banjir (Arsyad, 2006)

Danau Barong merupakan salah satu danau yang cukup penting yang terdapat di Kalimantan Timur, tepatnya di Kabupaten Kutai Barat, yang merupakan daerah hulu Sungai Mahakam. Daerah tangkapan air Danau Barong seluas 9.844 ha. Di kawasan ini telah dibangun Waduk Mentiwan yang mempunyai fungsi utama sebagai sumber air irigasi dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) mikrohidro, yang saat ini kondisinya tidak berfungsi lagi.

Sebagai daerah perkembangan baru, kawasan ini (Kecamatan Barong Tongkok dan Melak) menjadi daya tarik penduduk untuk bermukim atau migrasi, hal ini dicerminkan oleh pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi antara tahun 1990 sampai tahun 2000, yaitu di Kecamatan Barong Tongkok yang ditetapkan sebagai ibukota kabupaten pertumbuhan naik dari 0,93 % menjadi 2,89 % dan Kecamatan Melak dari 1,18 % menjadi menjadi 2,19 %.

Kawasan ini memiliki curah hujan yang cukup tinggi, sebesar 2884 mm/tahun; fisiografi berbukit hingga bergunung dengan lereng antara 30 -50 %; dan tanah mempunyai kandungan liat yang tinggi, kandungan pasir halus dan debu rendah; dan berada pada ketinggian antara 18 - 267 meter dari permukaan laut. Kondisi ini merupakan faktor pendorong terjadinya erosi tanah yang tak terkendali, sedimentasi dan kekeringan.

Berdasarkan kondisi tersebut daerah tangkapan Danau Barong mempunyai potensi kerusakan lahan yang serius dan ini akan mengancam kelestarian Danau Barong dan Waduk Mentiwan. Makalah ini bertujuan untuk mengungkapkan optimasi penggunaan lahan dengan pendekatan model simulasi yang diharapkan sebagai dasar dalam pengelolaan DAS Barong.

## **BAHAN DAN METODE**

### **1. Pengumpulan Data dan Informasi**

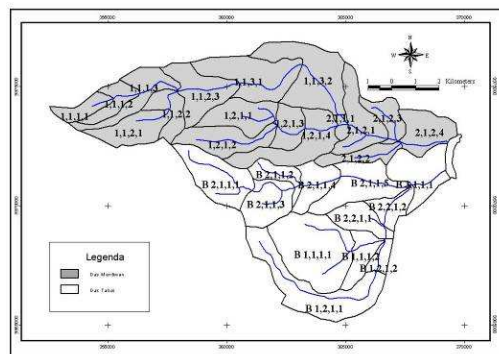
Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan, sedangkan data sekunder didapatkan dari data yang telah dikumpulkan penelitian sebelumnya atau yang telah dikumpulkan oleh instansi terkait, antara lain : data curah hujan, peta penggunaan lahan, peta tanah, dan peta topografi.

Pengukuran di lapang dilakukan pada penggal - penggal sungai untuk mendapatkan data morfometri sungai dan debit, serta dilakukan pemetaan batimetri danau dan pengambilan sampel tanah.

### **2. Pengolahan dan analisa data**

Pengolahan data lebih ditekankan pada analisis kuantitatif dengan menggunakan Model Simulasi SEDIMOT II (*SEdimentology by DIstributed MOdel Treatment*), dengan parameter input, antara lain : stuktur model, curah hujan, run-off curve number, waktu konsentrasi, routing aliran sungai, parameter Waduk Mentiwan dan parameter *Soil Loss*.

Struktur model dan batasan DAS Barong dianalisis dari peta topografi dengan menggunakan perangkat lunak berbasis GIS. Struktur model DAS Barong dibagi menjadi dua sub-routing yaitu outlet Mentiwan dan outlet Tabai di mana outlet dari keduanya sebagai inlet dari Danau Barong sebelum mengalir ke Sungai Mahakam. Skematik model SEDIMOT DAS Barong diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematik model SEDIMOT DAS Barong

Hidrograf banjir pada model Sedimot ini menggunakan pola hujan SCS's II dengan curah hujan sebesar 3.19 inci, durasi hujan 4 jam, *time increment* perhitungan tiap 0.25 jam. Data curah hujan merupakan data hujan maksimum yang terjadi pada tanggal 23 April 2007 di DAS Barong.

Parameter *Run-off Curve Number* (CN) menunjukkan potensi air larian terhadap besarnya curah hujan, bilangan CN ditentukan oleh kondisi tanah (*soil Group*) dan tutupan lahan dengan mengacu pada U.S. Soil Conservation Service (1972) dan Ward, A.D. dan Elliot, W.J. (1995). Untuk mendapatkan nilai CN di DAS Barong didapat dari *overlay* peta tutupan lahan hasil interpretasi Citra satelit Landsat TM, Tahun 2002 dengan Peta Tanah Skala 1 : 250.000 terbitan Pusat Penelitian Pertanian dan Agroklimat (Puslittanak).

Metode yang digunakan untuk menghitung *sediment yield* pada suatu kejadian hujan tertentu digunakan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*). *Sediment yield* dihitung pada setiap sub-DAS, dan dilakukan *routing* ke struktur pengontrol sedimen kemudian dikombinasikan untuk menentukan total sedimen yang masuk struktur dari semua hulu sub-DAS.

### **3. Simulasi Penggunaan Lahan DAS Barong**

Untuk mengetahui respon hidrologi sebagai akibat perubahan penggunaan lahan di DAS Barong dilakukan simulasi dengan menggunakan Model SEDIMOT II. Skenario pertama, mengasumsikan hutan berubah menjadi pertanian dan pertanian berubah menjadi daerah pemukiman. Skenario kedua, lahan untuk hutan masih dapat dijaga/dipertahankan, lahan pertanian berubah menjadi pemukiman. Skenario ketiga, penggunaan lahan untuk hutan tetap, lahan pertanian diolah dengan menggunakan teknik konservasi, dan areal pemukiman pada luasan tetap tetapi kepadatan bertambah.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **I. Karakteristik DAS Barong**

#### **1. Luas dan Letak**

Lokasi penelitian meliputi Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Barong yang terdiri dari sistem hidrologi DAS Barong dan DAS Tabai yang merupakan Sub DAS Mahakam dengan luasan total 9.925 hektar. Secara Geografis terletak antara 00°12'30"-

00<sup>0</sup>18'42" Lintang Selatan dan 115<sup>0</sup>40'42" sampai 115<sup>0</sup>49'48" Bujur Timur. Secara administratif lokasi penelitian terletak pada Kabupaten Kutai Barat , meliputi Kecamatan Melak dan Barong Tongklok, dan terdiri dari 12 desa.

### **3. Iklim**

Berdasarkan data stasiun penakar hujan yaitu stasiun Melak (ketinggian 75 m dpl) dan Barong Tongkok (ketinggian 202 m dpl), rata-rata curah hujan tahunan masing-masing sebesar 2.603 dan 2.884 mm, dengan jumlah hari hujan sebesar 135 hari. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli (144 mm) untuk stasiun Melak dan Agustus (133 mm) untuk stasiun Barong Tongkok. Sedangkan curah hujan tertinggi terjadi November yaitu sebesar 302 mm pada stasiun Melak dan Desember yaitu sebesar 389 mm pada stasiun Barong Tongkok. Perbedaan distribusi karakteristik hujan di lokasi penelitian diduga disebabkan oleh perbedaan ketinggian..

Berdasarkan metode Schmidt dan Ferguson (1951) lokasi penelitian tergolong tipe hujan A (sangat basah), sedangkan klasifikasi iklim menurut Koppen termasuk iklim Af (iklim tropika basah) dengan ciri hujan sepanjang tahun.

### **3. Topografi dan Tanah**

Kondisi lahan di daerah penelitian memiliki topografi yang bervariasi mulai dari datar (lereng 0-3 %) hingga agak curam (lereng 30 – 45 %), dengan ketinggian berkisar 18 – 267 m dpl, panjang lereng tunggal berkisar antara 22 meter sampai 155 meter.

Menurut klasifikasi tanah sistem USDA, tanah-tanah di lokasi penelitian tergolong tanah *Typic Hapludults* dan *Typic Dystropepts*, atau *Orthic Acrisols* dan *Dystric Cambisols* (menurut sistem FAO/UNESCO,1988), dengan bahan induk sedimen (*Sand Stone*) dan batuan beku jenis *Neogen Volcanic Rock* (Tanaka, 1994 dan Faperta Unmul 1998). .

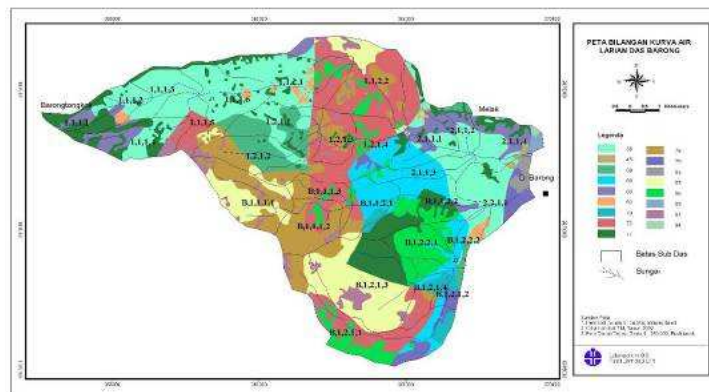
Berdasarkan data analisa sampel tanah menunjukkan bahwa permeabilitas tanah (*hydraulic conductivity*) berkisar antara 0,9 - 21,59 yang tergolong tinggi, hal ini sebagai cerminan gerakan air dalam tanah mempunyai dinamika yang besar. Kandungan bahan organik berkisar antara 0,27 - 11,64 %, kandungan bahan organik mempunyai peranan penting dalam menjaga kestabilan agregat tanah. Menurut Voroney et al 1981

dalam Asdak 2001, sifat erodibilitas tanah turun secara linier dengan kenaikan unsur organik tanah.

Nilai erodibilitas tanah di lokasi penelitian yang dianalisa dengan metode Wischmeier dan Smith (1978) menunjukkan nilai erodibilitas tanah berkisar antara 0,01 sampai 0,52, yang termasuk sangat rendah sampai sedang.

#### **4. Bilangan Kurva Aliran (Run-off Curve Number)**

Bilangan kurva aliran menunjukkan bagian air hujan yang menjadi aliran permukaan, yang nilainya berkisar antara 1 – 100. Semakin besar nilai kurva aliran ini semakin banyak air hujan yang menjadi aliran permukaan, sehingga bilangan kurva aliran ini dapat dijadikan sebagai indikator respon hidrologi terhadap perubahan kondisi tutupan lahan. Bilangan kurva aliran DAS Barong cukup beragam yang lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



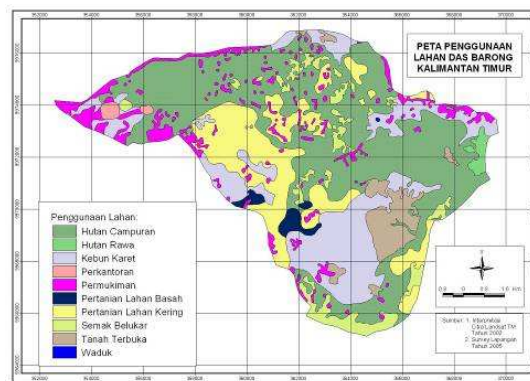
Gambar 2. Peta Bilangan kurva larian air Das Barong

#### **5. Penggunaan Lahan**

Penggunaan lahan di DAS Barong saat ini sebagian besar terdiri dari semak belukar (3.865 ha), kebun karet (2.551 ha), dan ladang (2.031 ha). Sedangkan sawah seluas 394 ha, pemukiman dan kebun campuran 440 ha dan hutan 644 ha (Gambar 3). Berdasarkan hasil verifikasi di lapangan dan wawancara dengan masyarakat setempat, menyatakan bahwa semak belukar berasal dari lahan pertanian yang pernah diusahakan dan kemudian ditinggalkan untuk beberapa tahun. Peningkatan luas lahan semak belukar ini mencirikan belum optimalnya pemanfaatan lahan usah atani.

Bila dibandingkan dengan penggunaan lahan tahun 1991 semak belukar, ladang dan hutan kebun mengalami penurunan, tetapi kebun karet mengalami peningkatan yang sangat besar dari 432 ha menjadi 2.119 ha.

Ladang pada umumnya ditanami padi gogo setahun sekali, kemudian diberakan setelah ditanami ubi kayu. Hanya sebagian kecil petani yang mengusahakan ladangnya terus-menerus dalam setahun. Jenis tanaman pada ladang yang diusahakan terus-menerus selama setahun terdiri dari jagung, kacang tanah, kacang panjang, tanaman sayuran, ubi kayu dan padi gogo.



Gambar 3. Peta penggunaan lahan saat ini

### **ANALISA RESPON HIDROLOGI**

Untuk mengetahui respon hidrologi sebagai akibat perubahan penggunaan lahan di DAS Barong dilakukan simulasi dengan menggunakan Model SEDIMOT II. Simulasi pertama, mengasumsikan hutan berubah menjadi pertanian dan pertanian berubah menjadi daerah pemukiman. Simulasi ini dianggap pada kondisi lingkungan yang terburuk, sebagai pertimbangan adalah wilayah ini merupakan Ibukota Kabupaten Kutai Barat dengan pertumbuhan penduduk cukup tinggi tapi tingkat pendidikannya kurang memadai, sumber daya alam yang melimpah. Simulasi kedua, kondisi lingkungan sedang, lahan untuk hutan masih dapat dijaga/dipertahankan, lahan pertanian berubah menjadi pemukiman. Sebagai pertimbangan adalah seperti pada simulasi kedua tapi pemerintah daerah bersama Departemen Kehutanan dapat mempertahankan wilayah lahan untuk kehutanan dan produksi pertanian dapat dicukupi oleh wilayah disekitarnya (lahan pertanian di Melak sudah berubah menjadi areal

pemukiman, sebagai konsekuensi perkembangan daerah urban). Simulasi ketiga. kondisi lingkungan yang baik, penggunaan lahan untuk hutan tetap, lahan pertanian diolah dengan menggunakan teknik konservasi, dan areal pemukiman pada luasan yang tetap tetapi kepadatan bertambah.

### **1. Outlet Waduk Mentiwan**

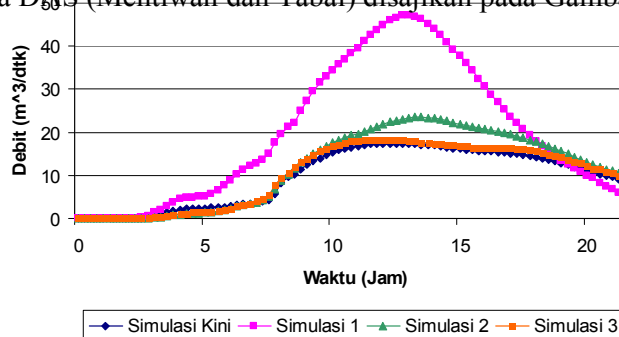
Simulasi pada Waduk Mentiwan dimaksudkan untuk mengetahui efektifitas waduk dalam mereduksi aliran permukaan dan konsentrasi sedimen. Pada saat ini Waduk Mentiwan dapat menurunkan debit puncak sekitar 31% ( dari 24,08 m<sup>3</sup>/dtk menjadi 16,56 m<sup>3</sup>/dtk).

Pada simulasi 1, waduk dapat mereduksi puncak banjir sebesar 27,31%, yaitu dari 62.840,17 m<sup>3</sup>/dtk menjadi 45.678,79 m<sup>3</sup>/dtk, dan juga meningkatkan sediment yield dari 79 ton menjadi 861 ton. Pada simulasi 2 dihasilkan debit puncak inlet waduk sebesar 28,66 m<sup>3</sup>/dtk yang dapat dikurangi menjadi 22,58 m<sup>3</sup>/dtk oleh Waduk Mentiwan dan juga meningkatkan sediment yield dari 79 ton menjadi 321 ton.

Perubahan penggunaan lahan pada simulasi 3 menghasilkan debit puncak inlet waduk sebesar 25,06 m<sup>3</sup>/dtk yang dapat diturunkan menjadi 16,85 m<sup>3</sup>/dtk dan juga meningkatkan sediment yield dari 79 ton menjadi 166 ton.

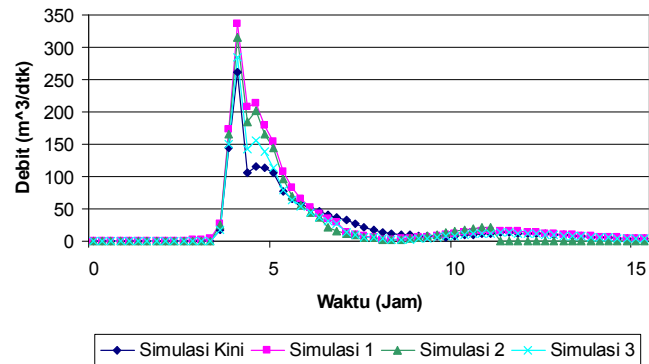
### **2. Inlet Danau Barong**

Danau Barong yang mempunyai dua inlet yang berasal dari DAS Mentiwan dan DAS Tabai dilakukan simulasi penggunaan lahan dengan model SEDIMOT II. Hasil simulasi terhadap respon hidrologi yang berupa hidrograf dan sedimengraf pada DAS Barong dari kedua DAS (Mentiwan dan Tabai) disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

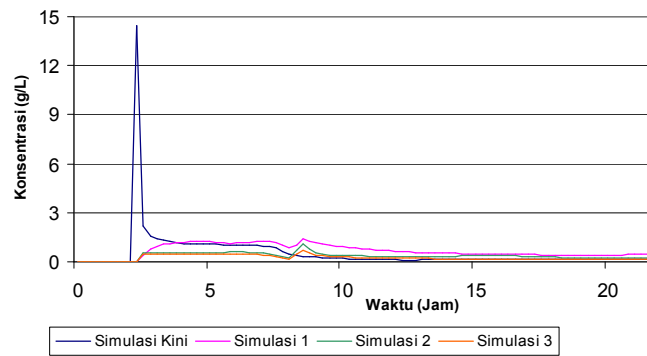


Gambar 4a. Simulasi hidrograf dari DAS Mentiwan.

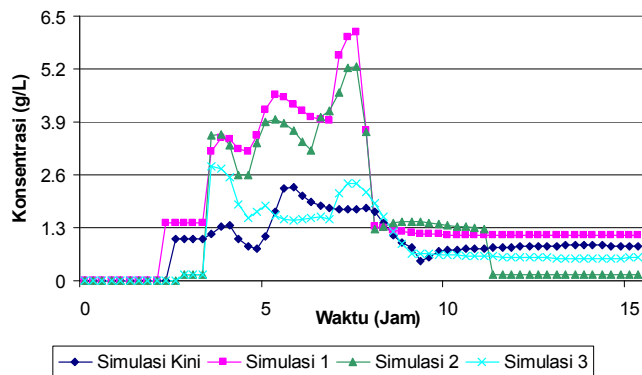




Gambar 4b. Simulasi hidrograf inlet dari DAS Tabai.



Gambar 5a. Simulasi Sedimengraf inlet D.Barong dariDAS Mentiwan



Gambar 5b. Simulasi sedimengraf inlet D. Barong dari DAS Tabai

Pada simulasi dengan kondisi tutupan lahan saat ini, DAS Mentiwan yang memiliki luas 538.783 ha memberikan total limpasan sebesar 729.646  $m^3$  dan 204 ton

sedimen. Sementara DAS Tabai dengan luas 445.641 ha memberikan total limpasan sebesar 1.284.391 m<sup>3</sup> dan 2.524 ton sedimen.

Pada simulasi I, yang mengasumsikan bahwa semua areal hutan dikonversi menjadi pertanian dan areal pertanian diubah menjadi permukiman, pada DAS Mentiwan akan meningkatkan total limpasan dari 729.646 m<sup>3</sup> menjadi 1.304.681,47 m<sup>3</sup> dan sedimen dari 204 ton menjadi 1.100 ton. Sedangkan pada DAS Tabai total total limpasan meningkat 1.284.391 m<sup>3</sup> menjadi 1.595.454,52 m<sup>3</sup> dan sedimen dari 2.524 ton menjadi 5.790 ton. Hal ini dikarenakan perubahan areal hutan menjadi pertanian dan areal lahan pertanian menjadi pemukiman, padahal areal hutan sangat baik untuk menyerap air hujan (koefisien run-off sekitar 90 %) sehingga bila terjadi hujan hanya sebagian kecil yang menjadi surface runoff dan erosi sangat kecil. Tetapi pada lahan pertanian pada umumnya kondisinya terbalik, surface run-off dan erosi besar, walaupun dengan teknik-teknik tertentu hal ini dapat diturunkan. Pada areal pemukiman besaran surface run-off akan semakin besar lagi tapi erosinya sangat kecil.

Pada simulasi II, yang mengasumsikan lahan untuk hutan tetap dan lahan pertanian dialihgunakan menjadi permukiman, pada DAS Mentiwan akan meningkatkan total limpasan dari 729.646 m<sup>3</sup> menjadi 833.916 m<sup>3</sup> dan sedimen dari 204 ton menjadi 366 ton. Sedangkan pada DAS Tabai total total limpasan meningkat 1.284.391 m<sup>3</sup> menjadi 1.488.186 m<sup>3</sup> dan sedimen dari 2.524 ton menjadi 4.854 ton.

Pada simulasi III, yang mengasumsikan areal lahan untuk hutan dan pertanian tetap, tetapi sudah diintroduksi teknik-teknik pertanian konservasi dan areal pemukiman lebih padat, pada DAS Mentiwan akan menurunkan total limpasan dari 729.646 m<sup>3</sup> menjadi 683.723 m<sup>3</sup> dan sedimen dari 204 ton menjadi 169 ton. Sedangkan pada DAS Tabai total limpasan menurun 1,281,869 m<sup>3</sup> menjadi 1.284.391 m<sup>3</sup> dan sedimen dari 2.524 ton menjadi 1.836 ton.

## **KESIMPULAN**

1. DAS Barong - Melak merupakan salah satu cerminan kondisi daerah hulu Sungai Mahakam, saat ini, bila hujan sesaat dengan intensitas 30 mm/jam yang menjadi limpasan sebesar 67 % dan sedimen yang terangkut aliran sungai setara

0,28 ton/ha. Prosentase limpasan dan sedimen yang besar ini menunjukkan ketidak seimbangan hidrologi, mengingat lahan kedap air (pemukiman) hanya 4 %.

2. Dimasa yang akan datang diperkirakan kondisi wilayah ini semakin kritis, mengingat pertumbuhan mempunyai pertumbuhan penduduk tinggi tapi tingkat pendidikannya kurang memadai dan kekayaan alam yang melimpah serta merupakan pusat pemerintahan Kabupaten Kutai (seperti pada simulasi pertama). Pada kondisi ini diperkirakan limpasan yang berasal dari DAS Mentiwan meningkat lebih dari 70% dan *sediment yield* meningkat lebih dari 400%. Sedangkan yang berasal dari DAS Tabai limpasan meningkat lebih dari 24% dan *sediment yield* meningkat kurang lebih 120%.
3. Untuk mengurangi prosentase curah hujan yang menjadi limpasan dan menurunkan *sediment yield* pada DAS Barong diperlukan optimasi penggunaan lahan dan teknik-teknik pertanian yang ramah lingkungan, seperti : pengolahan lahan pertanian dengan teras sering, penggunaan mulsa untuk melindungi lahan pertanian, dan penanaman lahan terbuka dengan rumput.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press.
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press.
- BPS Kutai Barat, 2003, Kutai Barat Dalam Angka 2003.
- Fakultas Pertanian Unmul dan Rio Tinto. 1998. Penentuan Kapabilitas Lahan Untuk Tanaman Padi di Kecamatan Melak, Barong Tongkok, Long Iram dan Damai. Laporan Hasil Survey.
- Sintala Arsyad, 2006, Konservasi Tanah dan Air, IPB press, 396 hal.
- Tanaka N. 1994. Characteristic of Soils Developed on Volkanic Parent Materials in Barong Tongkok Area, East Kalimantan. PUSREHUT and JICA Expert Report 1994-No.7.

- U.S. Soil Conservation Service. 1972. Hydrology. National Engineering Handbook. Section 4, Washington D.C. dalam : Sitanala Arsyad. 1989. Konservasi Tanah dan Air. IPB. Bogor.
- Ward, A.D. and Elliot, W.J. 1995. Environmental Hydrology. Lewis Publishers. New York. USA.
- Warner, R. C., B. N. Wilson, B.J. Barfield, D. S. Logsdon, and P. J. Nebgen, 1989. *A Hydrology and Sedimentology Watershed Model. Part II: User's Manual*, Department of Agricultural Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.
- Weischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. US Dept. Agric. Hand Book No. 537.
- Wilson, B. N., B.J. Barfield, and J. D. Moore, 1989. *A Hydrology and Sedimentology Watershed Model. Part I: Model Techniques*, Department of Agricultural Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.
- [www.pu.go.id/satminkal/Dijen\\_SD](http://www.pu.go.id/satminkal/Dijen_SD), 2008, Profile Wilayah Sungai Kalimantan III, Direktorat Jendral Sumberdaya Air, PU.