

MUATAN SUSPENSİ TOTAL DAN LAJU SEDİMENTASI
SUNGAI KAYAN DI KABUPATEN BULUNGAN, KALİMANTAN TIMUR

*Total Suspended Load and Sediment Yield of Kayan River,
Bulungan District, East Kalimantan*

Oleh:

Suprpto Dibyosaputro

Jurusan Geografi Fisik, Fakultas Geografi
Universitas Gadjah Mada, Bulak Sumur, Yogyakarta
Telp. (0274) 98337, 902337

ABSTRACT

This research was carried out at the drainage system of Kayan river, Bulungan District, East Kalimantan. The purposes of the research were to study the physical conditions of the Kayan catchment area, calculate the suspended sediment load, and to define the total sediment yield of Kayan river. Observation method were used in this research both of direct field observation as well as laboratory observation. Data acquired in this study were include of climatic data, geology, geomorphology, soil and land cover data. Besides also rain-fall data, temperature, river discharge and suspended sediment load. The total sediment yield were calculated by mean of mathematical and statistical analysis especially of linier regression analysis. The result of the research show that total the sediment yield of Kayan River with drainage area of 6.329,452 km² is about 236,921.25 m³/km²/tahun. The interesting result of the statistical analysis was that teh exisiting negative correlation between river discharge and suspended sediment load. It is the effect of the location of discharge and suspended sediment measurements. This condition caused by sea tide effect on river discharge at the appex delta. During high tide water river tend rising up on discharge but not on suspended sediment load. Instead, also existing settling down processes takes place of the the suspendend sediment load into the river bottom upper stream wrd the appex .

Keywords: River discharge, Suspended sediment load, Sediment yield.

PENDAHULUAN

Sebagai sumber air, sungai merupakan salah satu sumberdaya alam yang mempunyai fungsi serbaguna bagi kehidupan dan penghidupan manusia seperti sebagai fungsi produksi dan habitat fauna perairan, sarana transportasi, konservasi, serta sebagai sumber air baku guna pemenuhan kebutuhan air bersih di daerah. Oleh karena itu sungai harus dilindungi dan dijaga kelestariannya, baik fungsi maupun pemanfaatannya serta dikendalikan daya mutunya terhadap lingkungan.

Berkaitan dengan masalah lingkungan, aliran sungai dapat menimbulkan akibat negatif yang cukup serius. Diantara akibat yang ditimbulkan oleh aliran baik aliran permukaan maupun aliran air sungai adalah terlepas dan terangkutnya material-material batuan dan tanah dari daerah hulu ke daerah hilir sungai yang bersangkutan. Semua cara, tenaga yang bergerak melepaskan dan mengangkut puing-puing batuan dan tanah disebut erosi (Thornbury, W.D., 1958).

Keberadaan air sangat dibutuhkan bagi kehidupan masyarakat sehari hari

tampak dari umumnya pemukiman masyarakat yang terletak di tepi Sungai Kayan. Pemanfaatan sumberdaya air seringkali tidak disertai tindakan pengelolaan yang memadai sehingga akan menjadi problem bagi pelestarian fungsi sungai, baik pengaruh pada perubahan kuantitas maupun kualitas air. Penurunan kuantitas air sungai akibat terjadinya perubahan sifat aliran sungai yang semula aliran sungai bersifat permanen menjadi tidak permanen. Perubahan ini dapat terjadi akibat campur tangan manusia dalam mengelola daerah aliran sungai yang tidak benar. Kerusakan lingkungan akibat pembukaan areal hutan daerah atas (*upper catchment*) menyebabkan turunnya produktivitas sungai sebagai suatu ekosistem yang mempunyai berbagai fungsi tersebut di atas. Dalam penelitian ini sungai dipandang sebagai media alam untuk mengangkut material sungai khususnya sedimen. Besar debit sungai dan sedimen sungai yang terangkut sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan daerah hulu sungai. Hilang dan berkurangnya penutup lahan (*land cover*) daerah hulu berakibat pada tingginya kesempatan tetes hujan menghantam secara langsung tanah pucuk (*top soil*) dan mengurai agregat tanah menjadi butir-butir lepas (*erosi*) yang selanjutnya material lepas tersebut diangkut oleh aliran permukaan dan masuk ke alur sungai sebagai muatan sediment (*sediment load*), yang diangkut dalam dua bentuk yaitu muatan suspensi dan muatan dasar. Berbagai akibat yang ditimbulkan oleh meningkatnya muatan sedimen tersebut antara lain terjadinya pendangkalan dasar sungai, berkurangnya kapasitas alur sungai menampung dan mengalirkan air sungai dan banjir di daerah hilir.

Sediment yield yang terangkut aliran sungai dapat dibedakan menjadi "muatan

sedimen dasar" dan "muatan sedimen tersuspensi" (Burgh, 1972). Muatan sedimen dasar adalah partikel sedimen yang bergerak pada dasar sungai dengan cara menggelinding, meluncur dan atau melompat; sedangkan muatan sedimen tersuspensi adalah partikel-partikel sedimen yang bergerak di atas muatan dasar dan berada di dalam air dengan cara melayang (Hsienwen Shein, 1971).

Sungai Kayan berada dan mengalir melintasi batas wilayah administrasi Pemerintahan Kabupaten Malinau dan Kabupaten Bulungan. Oleh karena itu pengelolaan daerah aliran sungai harus dilakukan tidak sendiri sendiri (*partial*) melainkan secara terpadu (*integrated*) oleh kedua pemerintah daerah tersebut dengan memperhatikan karakteristik ekosistemnya sehingga dapat tercapai pengelolaan yang efisien dan efektif khususnya dalam usaha konservasi daerah aliran sungai bagian atas (*upper catchment*).

Terkait dengan permasalahan sedimentasi yang berakibat pada pendangkalan dasar sungai dan muara sungai ini, maka tujuan penelitian ini mencakup beberapa hal yaitu:

1. Mempelajari kondisi geografis DAS Sungai Kayan,
2. Menghitung besar muatan sedimen suspensi Sungai Kayan, dan
3. Menghitung total hasil sedimen (*sediment yield*) yang terangkut Sungai Kayan.

METODE PENELITIAN

Sungai Kayan mempunyai luas daerah aliran sungai sebesar 6.329,452 km². Besarnya *sediment yield* ini dihitung berdasarkan pada kadar sedimen suspensi

yang terangkut aliran Sungai Kayan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi baik langsung di lapangan maupun observasi laboratorium khususnya dalam analisis kadar sedimen suspensi Sungai Kayan. Data yang dikumpulkan dikelompokkan ke dalam dua macam data yaitu data primer meliputi data kecepatan aliran sungai, luas penampang sungai dimana dilakukan pengukuran kecepatan aliran sungai, dan data kadar sedimen suspensi dan data sekunder yang mencakup: data geologi dari Peta Geologi untuk mengetahui jenis batuan, umur dan persebaran batuanya; topografi dan kemiringan lereng dari Peta Rupa Bumi; data luas masing-masing penggunaan lahan dari Peta Tata Guna Tanah; jenis dan sifat fisik tanah dari Peta Tanah dan data klimatologi meliputi hujan, kelembaban, dan suhu udara untuk menghitung aliran permukaan (*run-off*), evaporasi dan evapotranspirasi di dalam DAS.

Langkah-Langkah Penelitian

1. Penentuan stasiun pengukur kecepatan aliran dan debit sungai serta *sediment yield* pada *out let* Sungai Kayan untuk mengetahui besar sedimen DAS Kayan.
2. Membagi penampang sungai menjadi beberapa seksi (tiap seksi 10 meter)
3. Mengukur kedalaman air sungai dan mengukur kecepatan aliran tiap seksi sungai.
4. Pengambilan contoh sedimen suspensi menggunakan *suspended sampler* tipe US-DH-48 dengan cara *depth integrated system*; dilakukan bersamaan pengukuran debit sungai.
5. Analisis laboratorium untuk menghitung kadar sedimen suspensi Sungai Kayan

Pengukuran Debit Sungai Kayan

Pengukuran debit Sungai Kayan dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Sungai Kayan dengan lebar 360 meter dibagi 36 seksi (lebar tiap seksi 10 meter).
2. Tiap seksi diukur kedalaman airnya, kemudian diukur kecepatan alirannya pada kedalaman tertentu (0,2 dan 0,8 dari kedalaman air sungai), selanjutnya dihitung luas penampangnya.
3. Debit sungai dihitung dengan mengalikan kecepatan aliran dengan luas penampang.
4. Debit total air sungai adalah jumlah seluruh debit masing-masing seksi dalam penampang sungai tersebut, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_w = \sum_{q=1}^n q_n$$

Catatan :

Q = debit total sungai ($m^3/detik$)

q^w = debit masing-masing seksi penampang sungai ($m^3/detik$)

n = banyaknya seksi pengukuran

Perhitungan *Sediment Yield*

Untuk menghitung besarnya *sediment yield* terlebih dahulu dibuat *sedimen rating curve* yakni hubungan antara kadar sedimen suspensi (C_s) dengan debit sungai (Q_w) dengan menggunakan program regresi SPSS. Bentuk umum persamaan regresi *sedimen rating curve* adalah:

$$C_s = a + b \cdot Q_w$$

Catatan :

C_s = kadar sedimen suspensi (mg/l)

Q_w = debit aliran sungai/*run-off* ($m^3/detik$)

a dan b = konstante regresi

Perhitungan volume *sediment yield* tahunan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (I. Douglas, 1968):

$$Q_s = \frac{C_s \times Q_r}{Ad \times G_b} \times 0,3448$$

Catatan:

Q_s = Volume sedimen suspensi ($m^3 / km^2 / tahun$)

C_s = Kadar sedimen suspensi ($mg/l = ppm$)

Q_r = Debit air sungai/*run-off* ($feet^3 / dt$)

Ad = Luas Daerah Aliran Sungai ($mile^2$)

G_b = Berat jenis batuan (suspensi)

Dari beberapa penelitian dijelaskan, bahwa besar muatan sedimen suspensi diperkirakan sebesar 90% dari *sediment yield* total, yang berarti bahwa 10% lainnya adalah muatan sedimen dasar sungai. Dengan demikian *sediment yield* total Sungai Kayan dapat dihitung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Daerah Aliran Sungai Kayan.

a. Letak, luas dan batas

Kabupaten Bulungan merupakan salah satu kabupaten di Propinsi Kalimantan Timur, mempunyai luas 18.101,50 km^2 terletak antara $116^{\circ}20'45''$ hingga $118^{\circ}00'00''$ B.T dan $2^{\circ}06'05''$ hingga $3^{\circ}45'10''$ L.U. Batas batas Kabupaten Bulungan adalah sebagai berikut:

- 1) Sebelah Utara dengan Kabupaten Nunukan,

- 2) Sebelah Timur dengan Laut Sulawesi dan Kota Tarakan,
- 3) Sebelah Selatan dengan Kabupaten Berau, dan
- 4) Sebelah Barat dengan Kabupaten Malinau.

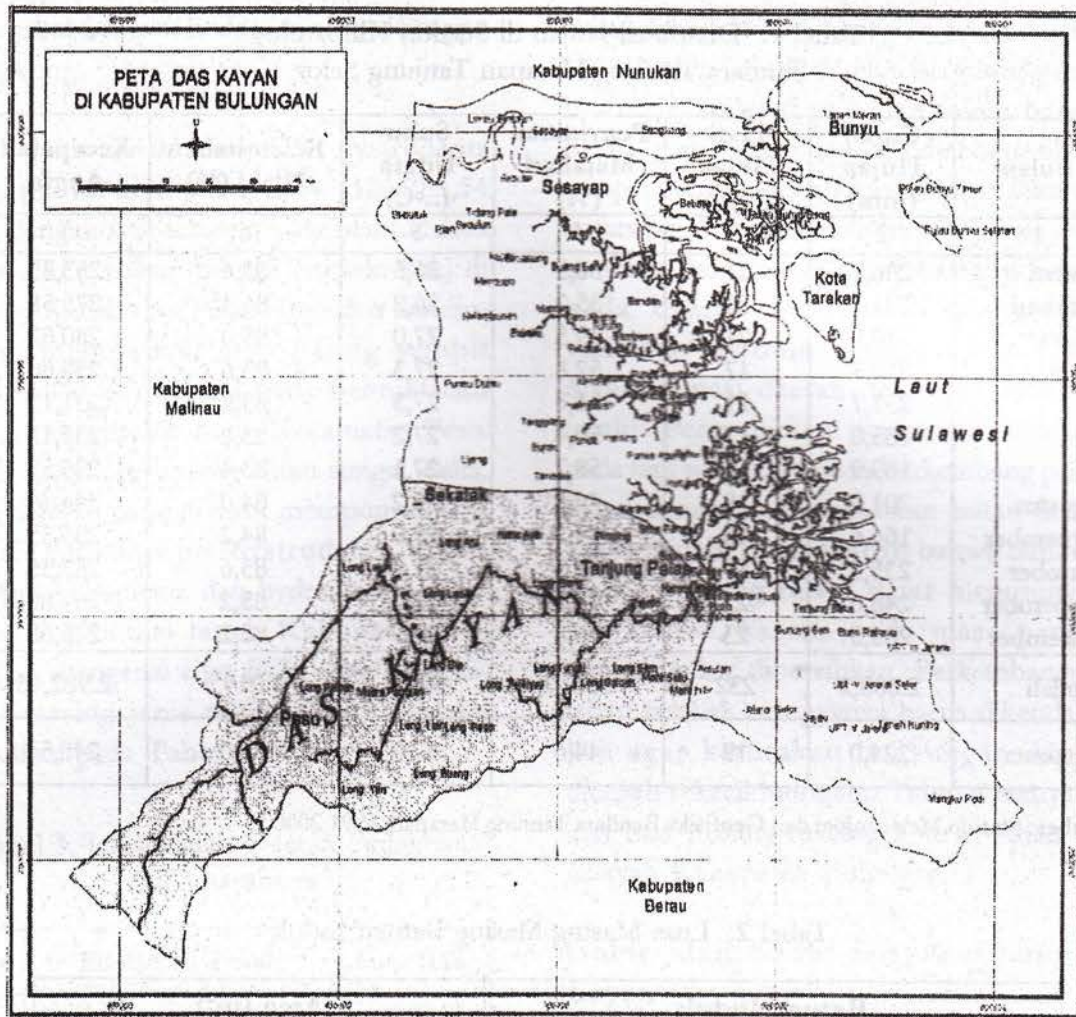
Perhitungan *sediment yield* total Sungai Kayan membutuhkan unit penelitian berupa daerah aliran sungai. Sungai Kayan adalah sungai terpanjang di Kabupaten Bulungan, yaitu 576 km, dengan luas daerah aliran sungai sebesar 6.329,452 km^2 (Gambar 1).

b. Iklim

Berdasarkan hasil pengamatan dan pencatatan yang dilakukan di Stasiun Meteorologi Tanjung Selor pada tahun 2002, Kabupaten Bulungan pada umumnya dan Tanjung Selor pada khususnya mengalami musim hujan sepanjang tahun dengan hari hujan selama 232 hari dengan besar penyinaran matahari rata rata 52,6%. Secara umum Kabupaten Bulungan beriklim sedang, dengan rata rata suhu udara berkisar antara $22,5^{\circ}C$ - $34,6^{\circ}C$. Curah hujan selama tahun 2004 di Kabupaten Bulungan pada umumnya dan Tanjung Selor pada khususnya berkisar antara 113,2 mm hingga 386,8 mm, kelembaban udara Kabupaten Bulungan tercatat relatif tinggi berkisar antara 81% hingga 86% dengan rata rata selama tahun 2002 adalah 84,4%. Data selengkapnya iklim di wilayah penelitian disajikan pada Tabel 1.

c. Geologi dan Geomorfologi

Sebagian besar daerah penelitian berbatuan aluvium, yang hampir tersebar di seluruh Kabupaten Bulungan, tersebar mulai Salim Batu, Bonou, Tanjung Selor hingga Pulau Mening, Pekin, Ibus dan pulau kecil lainnya. Sebelah Tenggara Kota



Gambar 1. Gambar Batas Daerah Aliran Sungai (DAS) Kayan

Tanjung Selor terdapat batugamping dan batubara muda. Di sebelah Barat Tanjung Selor terdapat batugamping pasir dan tuf di bagian atas dan batulempung, batuanlanau di bagian bawah yang berumur Tertier. Batugamping dan napal terdapat pula di sekitar Gunung Benau. Adapun batuanpasir kuarsa dan batulempung terdapat di sebelah Barat, Selatan dan Timur daerah Kalam Panjang. Secara rinci luasan sebaran batuan disajikan pada Tabel 2.

Bentuklahan di daerah Bulungan umumnya seragam yang dibentuk dari proses pengendapan, berupa dataran aluvial

dan terdapat perbukitan. Dataran terdapat hampir di semua bagian Kabupaten Bulungan. Sebagian besar daerah Bulungan merupakan dataran aluvial yang materinya terdiri atas aluvium yang diendapkan oleh beberapa sungai. Walaupun demikian terdapat endapan laut yang terdiri dari terumbu karang, berbentuk bukit berbatuan gamping yang terdapat di sebelah Selatan Tanjung Selor. Pada bagian sebelah Barat Tanjung Selor terdapat perbukitan yang materinya batulempung dengan ketinggian sekitar 200 m dari muka laut dan merupakan perbukitan antiklinal, seperti yang terdapat pada daerah lintasan. Secara keseluruhan

Tabel 1. Distribusi Hujan di Stasiun Klimatologi
Bandara Tanjung Harapan Tanjung Selor

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hari)	Penyinaran Matahari (%)	Suhu Udara (..°C)	Kelembaban Nisbi (%)	Kecepatan Angin
1	2	3	4	5	6	7
Januari	236,7	21	36,5	26,5	85,6	253,35
Pebruari	271,4	20	35,2	26,2	86,4	275,58
Maret	240,9	21	39,5	27,0	85,0	280,02
April	212,7	17	52,8	27,3	83,6	257,80
Mei	233,7	21	51,8	27,3	85,2	231,13
Juni	185,0	17	50,4	27,2	83,2	231,13
Juli	189,9	18	58,7	27,1	85,4	235,57
Agustus	201,9	18	46,6	27,2	84,0	244,46
September	166,6	15	44,2	27,0	84,2	235,35
Oktober	235,3	19	39,3	27,3	85,6	253,35
Nopember	248,6	22	43,9	27,0	85,2	257,80
Desember	265,5	23	36,8	26,9	86,2	226,68
Jumlah	2.688,2	232	535,7	324,4	1.019,5	2.982,46
Rata-rata	224,0	19	44,6	27,0	85,0	248,54

Sumber : Stasiun Meteorologi dan Geofisika Bandara Tanjung Harapan, 1991 2000

Tabel 2. Luas Masing Masing Batuan Induk

Batuan Induk	Area (m ²)
Aluvium	3.330.358.871,6872
Batugamping	23.361.592,6035
Organik (gambut/Batubara)	659.300.296,2808
Plutonik	98.471.677,0472
Sedimen	11.972.526.450,4038
Sedimen dan vulkan	877.747.570,3240
Vulkanik	180.370.805,3132

bentuklahan di Kabupaten Bulungan terdiri atas: Bukit sisa, Dataran aluvial marin, Dataran Aluvial, Delta dan Perbukitan Struktural.

e. Tanah

Jenis tanah terdapat di daerah Bulungan yaitu: *dystrudepts eutruudepts*, *endoaquaeps dystrudepts*, *endoaquaeps sulfaquents*, *haplohemists haplofibrists*, *haplo-*

humults hapludox, *haplorthods palehumults*, *hapludands udivtrands*, *hapludox kandiudults*, *hapludox palehumults*, *hapludults dystrudepts*, *hapludults dystrudepts*, *hapludults paleudults*, *haprendolls eutru-depts*, dan *hydraquents sulfaquents*. Jenis tanah ini mempunyai kisaran tekstur dari geluh pasir sampai dengan lempung, dan kisaran drainase dari drainase buruk hingga baik (*excessive*), serta memiliki kisaran

kelembaban tanah dari lembab hingga tergenang.

Jenis tanah hapludults dystrudepts mempunyai area paling luas (326.283,54 ha), dengan area sebaran pada bentuklahan tektonik/*structural* (perbukitan tektonik) di sekitar Kecamatan Pesu. Hapludox kandiudults mempunyai area paling sempit (1.355.833 ha) berada pada bentuklahan vulkan di sebelah Barat Kecamatan Pesu. Pada daerah sepanjang aliran sungai, delta, dan dataran pasang surut mempunyai jenis tanah endoaquepts dystrudepts, endoaquepts sulfaquents dan hydraquents sulfaquents. Kondisi tanah Kabupaten Bulungan mengenai sifat fisik, serta luas masing-masing jenis tanah secara spasial disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Tanah Daerah Penelitian dan Luasannya

No	Klasifikasi Tanah	Luas (Ha)
1	Dystrudepts eutrudepts	87.775
2	Endoaquaeps dystrudepts	14.381
3	Endoaquaeps sulfaquents	23.392
4	Haplohemists haplofibrists	43.214
5	Haplohumults hapludox	2.401
6	Haplorthods palehumults	22.793
7	Hapludults udivitrands	6.760
8	Hapludox kandiudults	1.356
9	Hapludults dystrudepts	236.283
10	Hapludults paleudults	10.598
11	Haprendollsepts	2.336
12	Hydraquents sulfaquents	26.041

f. Liputan Lahan

Liputan lahan sebagian besar daerah Bulungan adalah hutan lahan kering dan

hutan lahan basah. Sebagian besar hutan lahan kering berada di relief bergunung dan berbukit, sedangkan hutan lahan basah berada pada daerah dengan relief berombak sampai dengan datar. Liputan lahan lainnya antara lain belukar, lahan terbuka, rawa dan tambak. Persebaran hutan sebagian besar pada daerah berbatuan bermaterial vulkanik/plutonik, sedang hutan rawa mendominasi daerah delta dan dataran banjir. Permukiman umumnya tersebar pada tepi sungai. Tambak berkembang pada delta, dengan memanfaatkan hutan mangrove/nipah. Perlu disadari bahwa tambak di daerah yang relatif datar mempunyai kelemahan, karena pada masa panen tambak sukar dibersihkan. Perkembangan lahan tambak seyogyanya harus dikendalikan agar kerusakan lingkungan dapat dicegah sekecil mungkin. Tabel 4 menyajikan luas masing-masing liputan lahan di wilayah Kabupaten Bulungan.

Debit dan Kadar Suspensi Sungai Kayan

Dari hasil pengukuran debit sungai dan analisis laboratorium kadar sedimen suspensi Sungai Kayan yang disajikan pada Tabel 5 selanjutnya ditentukan *Suspended Sediment Rating Curve* yakni suatu grafik yang menghubungkan antara besarnya debit

Tabel 4. Luas Masing-Masing Liputan Lahan

Liputan Lahan	Area (m ²)
Hutan Lahan Basah	9.417.638.507
Belukar	1.680.253.857
Danau/Waduk	10.084
Hutan Lahan Kering	5.834.784.696
Lahan Terbuka	3.257.020
Rawa	551.454.099
Tambak	8.784.598

Sumber: Peta Penggunaan Lahan Wilayah Kabupaten

Tabel 5. Debit Air sungai dan Kadar sedimen Suspensi Sungai Kayan

No	Tanggal	Debit Aliran (m ³ /dt)	Kadar Sedimen Suspensi	
			mg/ml	mg/l
1	04 Agustus 2004	2.444	540	540.000
2	14 Agustus 2004	2.174	240	240.000
3	24 Agustus 2004	1.343	500	500.000
4	04 September 2004	2.444	320	320.000
5	14 September 2004	6.700	100	100.000
6	24 September 2004	2.093	40	40.000
7	04 Oktober 2004	4.023	160	160.000
8	14 Oktober 2004	3.957	40	40.000
9	24 Oktober 2004	1.084	60	60.000
10	04 Nopember 2004	1.078	140	140.000
11	14 Nopember 2004	2.819	120	120.000
12	24 Nopember 2004	1.752	360	360.000
13	04 Desember 2004	2.678	1100	1.100.000
14	14 Desember 2004	2.024	140	140.000
15	24 Desember 2004	5.554	60	60.000
16	04 Januari 2005	1.805	720	720.000
17	14 Januari 2005	6.003	120	120.000
18	24 Januari 2005	1.665	180	180.000
19	04 Februari 2005	1.315	240	240.000
20	14 Februari 2005	509	300	300.000

Sumber: Data Primer, 2004, 2005

sungai dan kadar sedimen suspensi sungai tersebut dengan menggunakan program SPSS. Hasil perhitungan *suspended sediment rating curve* Sungai Kayan tersebut disajikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$C_s = -40,273 \cdot Q_w + 381.658$$

Catatan:

C_s = kadar suspensi (mg/l)

Q_w = debit sungai (m³/detik)

Secara grafis *suspended sediment rating* tersebut disajikan pada Gambar 4.

Debit Run-Off

Besarnya debit *run-off* rata-rata dihitung dengan terlebih dahulu

menghitung tebal *run-off* yaitu selisih antara presipitasi (P) dengan evapotranspirasi (E). Presipitasi tahunan rata-rata telah dihitung dari hasil pencatatan Stasiun Meteorologi Bandara Udara Bulungan, yaitu sebesar 2.688,2 mm/tahun. Besarnya tebal *run-off* dihitung dengan persamaan :

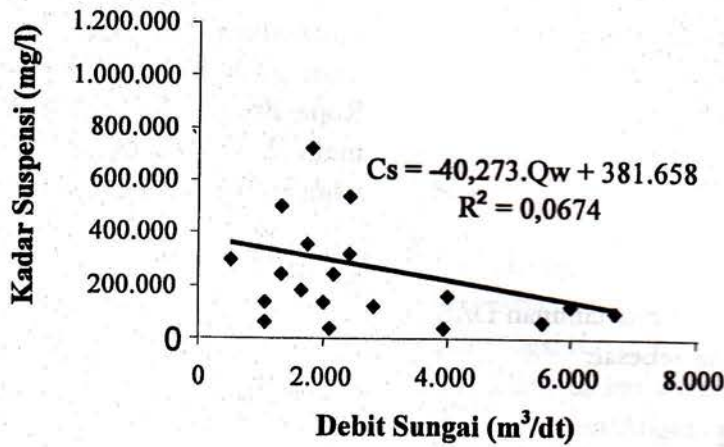
$$R = P - E \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

R = tebal *run-off* rata-rata tahunan (mm/tahun)

P = tebal hujan rata-rata tahunan (mm/tahun)

E = evapotranspirasi rata-rata tahunan (mm/tahun)



Gambar 4. *Suspended Sediment Rating Curve* Sungai Kayan

Besarnya nilai evapotranspirasi rata-rata tahunan dihitung dengan persamaan:

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{E_0}}}$$

Sedangkan besarnya E_0 (evaporasi dari permukaan bebas) dihitung dengan rumus Langbein (dalam Seyhan, 1957) sebagai berikut:

$$E_0 = 325 + 21.T + 0,9 T^2$$

Catatan :

E = evapotranspirasi rata-rata tahunan (mm/tahun)

E_0 = evaporasi rata-rata tahunan (mm/tahun)

P = tebal hujan rata-rata tahunan (mm/tahun)

T = temperatur rata-rata tahunan ($^{\circ}C$)

Dengan menggunakan rumus-rumus di atas, maka besarnya evaporasi dan evapotranspirasi dapat dihitung. Temperatur rata-rata tahunan berdasarkan hasil pencatatan di Stasiun Meteorologi dan

Geofisika Bandara Udara Tanjung Harapan, 1991 2000 adalah $27^{\circ}C$, sedangkan tebal hujan rata-rata setahun adalah 2.688,2 mm/tahun. Dengan demikian besarnya penguapan bebas dari permukaan (E_0 = evaporasi) adalah:

$$\begin{aligned} E_0 &= 325 + 21(27) = 0,9 (27)^2 \\ &= 325 + 567 + 656,1 \\ &= 1548,1 \text{ mm/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{E_0}}} \\ &= \frac{2688,2}{\sqrt{0,9 + \frac{2688,2^2}{1548,1^2}}} \\ &= \frac{2688,2}{\sqrt{0,9 + \frac{7.26.419,4}{2.396.613,6}}} \\ &= \frac{2688,2}{\sqrt{3,9152}} \\ &= 1358,6 \text{ mm/tahun} \end{aligned}$$

Tebal *run-off* rata-rata tahunan (R) dapat dihitung sebesar:

$$\begin{aligned} R &= P - E \\ &= 2688,2 - 1358,6 \\ &= 1329,6 \text{ mm/tahun.} \end{aligned}$$

Debit *run-off* rata-rata tahunan DAS Kayan dapat dihitung sebesar:

$$Q_w = R \times Ad$$

Catatan:

Q_w = debit *run-off* rata-rata tahunan (m^3 /tahun)

R = tebal *run-off* rata-rata tahunan (mm/tahun)

Ad = luas DAS Kayan (km^2)

Untuk mengetahui rata-rata debit *run-off* dalam m^3 /detik, maka hasil perhitungan debit rata-rata tahunan tersebut di atas dibagi kedalam jumlah hari dalam setahun, jumlah jam dalam sehari, jumlah menit dalam satu jam dan jumlah detik dalam satu menit seperti rumus berikut:

$$Q_w = \frac{R \times Ad}{365 \times 24 \times 60 \times 60}$$

Catatan:

Q_r = debit *run-off* rata-rata tahunan (m^3 /detik)

R = tebal *run-off* rata-rata tahunan (mm/tahun)

Ad = luas DAS Kayan (km^2)

365 = 1 tahun sama dengan 365 hari

24 = 1 hari sama dengan 24 jam

60 = 1 jam sama dengan 60 menit

60 = 1 menit sama dengan 60 detik

Dengan data hasil perhitungan tebal *run-off* rata-rata tahunan sebesar 1.329,6

mm/tahun dan luas DAS Kayan berdasarkan hasil pengukuran luas dari Peta Rupa Bumi yaitu seluas 6.329,452 km^2 , maka besarnya debit *run-off* rata-rata tahunan diperkirakan sebesar:

$$\begin{aligned} Q_r &= R \times Ad \\ &= 1329,6 \text{ mm/tahun} \times 6.329,452 \text{ km}^2 \\ &= 8.414.702.620 \text{ m}^3/\text{tahun.} \\ &= 266,8 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Dengan memasukkan nilai Q_r (= Q_w) ini kedalam persamaan *suspended sediment rating curve* akan diperoleh nilai rata-rata sedimen suspensi sebesar:

$$\begin{aligned} C_s &= -40,273 \cdot Q_w + 381.658 \\ &= -40,273 \times 266,8 + 381.658 \\ &= 370.913,2 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Volume muatan sedimen suspensi yang dihasilkan oleh aliran permukaan (*run-off*) sebesar 1.329,6 mm/tahun (= 266,8 m³/tahun) adalah sebesar 370.913,2 mg/liter. Besar muatan sedimen suspensi yang terangkut oleh aliran air sungai diperkirakan sebesar 90% dari *sediment yield* total, yang berarti bahwa 10% lainnya adalah muatan dasar sedimen sungai.

Volume *Sediment Yield* Total Sungai Kayan

Berdasarkan persamaan *sediment rating curve* dan debit *run-off* tahunan rata-rata dapat dihitung besarnya *sediment yield* dengan menggunakan persamaan (I. Douglas, 1968):

$$Q_s = \frac{C_s \times Q_r}{Ad \times G_b} \times 0,3448$$

Catatan:

Q_s = Volume sedimen suspensi (m^3/km^2 /tahun)

C_s = Kadar sedimen suspensi (mg/l = ppm)
 Q_r = Debit air sungai/ *run-off* ($feet^3/dt$)
 A_d = Luas Daerah Aliran Sungai (*mile*)
 G_b^1 = Berat jenis batuan (suspensi)

Mengingat bahwa pengukuran dan perhitungan yang digunakan menggunakan satuan metrik sedangkan pada rumus tersebut menggunakan satuan lain (*feet* dan *mile*), maka terlebih dahulu dikonversikan nilai-nilai yang bersatuan metrik ke dalam nilai-nilai bersatuan *feet* dan *mile*. Berikut hasil konversi angka-angka metrik kedalam *feet* atau *mile*.

Perhitungan :

$C_s = 370.913,2 \text{ mg/l} = 370.913,2 \text{ ppm}$
 $Q_w = 266,8 \text{ m}^3/dt = 9.422,315 \text{ feet}^3/dt$
 $A_d = 6.329,452 \text{ km}^2 = 2.443,801 \text{ mile}^2$
 $G_b^1 = 2,3125163$ (rata-rata BD campuran batuan dalam suspensi)

Selanjutnya hasil konversi nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam rumus yang hasilnya disajikan berikut ini.

$$Q_s = \frac{C_s \times Q_w}{A_d \times G_b} \times 0,3448$$

$$Q_s = \frac{370.913,2 \times 9.422,315}{2.443,801 \times 2,3125163} \times 0,3448$$

$$Q_s = 213.229,125 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besar sedimen suspensi Sungai Kayan adalah $213.229,125 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$. Dengan menganggap bahwa Q_s yang terangkut air sungai sebesar 90% dari seluruh *sediment yield* total, maka volume *sediment yield* total ($Q_{s \text{ total}}$) dapat diperkirakan sebesar:

$$Q_{s \text{ total}} = \frac{100}{90} \times 213.229,125 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$$

$$Q_{s \text{ total}} = 236.921,25 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$$

Dengan demikian, maka berdasarkan data debit dan sedimen suspensi total *sediment yield* Sungai Kayan yang mempunyai DAS seluas $6.329,452 \text{ km}^2$ adalah sebesar $236.921,25 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$. Angka tersebut menunjukkan tingkat kerusakan di DAS Kayan khususnya di wilayah hulu adalah tinggi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian *sediment yield* total Sungai Kayan, sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan data kecepatan aliran rata-rata dalam satu penampang untuk menghitung debit masing-masing seksi sungai dan kadar sedimen suspensi rata-rata, didapat bahwa terjadi hubungan negatif antara debit sungai (Q_w) dengan kadar sedimen suspensi. Hal ini terlihat dari *Sediment Rating Curve* hasil perhitungan yaitu :

$$C_s = -40,273 \cdot Q_w + 381.658,$$

2. Korelasi negatif tersebut terjadi sebagai akibat dari lokasi pengukuran yang berada di daerah hilir berdekatan dengan apex delta Sungai Kayan yang kemudian mempunyai pola sungai memencar (*disvergen pattern*) sehingga dapat terjadi bahwa debit tinggi tetapi muatan sedimen suspensi justru menjadi rendah karena pengaruh pasang naik laut yang menyebabkan bertambahnya debit sungai tetapi mengencerkan kadar sedimen suspensi dalam air yang berasal dari lahan buritan (*binterland*).

DAFTAR PUSTAKA

- Doornkamp, J.C. 1970. *Geomorphology in Environment Management, an Introduction*. Edward Arnold. London.
- Douglas, I. 1968. Erosion in the Sungai Gombak, Selangor, Malaysia. *The Journal of Tropical Geography*, No. 26.
- Douglas, I. 1968. Rate of Denudation in Selected Small Catchment in Eastern Australia, University of Hull, Association Paper in Geography, No. 21.
- DPMA., 1975. Laporan Pengukuran Sedimen Transport dan Kualitas Air Kali Lukulo, Bandung.
- Hsien Ven Shen. 1971. *River Mechanic*, Vol. I. Ford Collins, Colorado
- Lougharn, R.J. 1971. Some Observation on Determination of Fluvial Sediment Discharge. *Australian Geographical Studies*. Vol. IX.
- More, V. L and Morgan, C.W. 1969. *Sediment Yield Transport and Channel Studies Effect of Watershad Changed on Stream Flow*, University of Texas Press. Austin and London.
- Sandiman Prawirohartono. 1975. *Akumulasi Sedimen dan Penyebarannya di Calon Waduk Mrica dan Naung, Daerah Pengaliran Sungai Serayu*, Dep. PUIL, Dirjen Air, Direktorat Bina Program, Purwokerto.
- Seyhan, E. 1975. *Fundameneal of Hydrology*, Geografisch Institut der Rijsk Universiteit, Utrech.
- Supriyo Ambar. 1975. Studi Muatan Suspensi Air Sungai Daerah Pengaliran Sungai Kali Merawu, *Skripsi*, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suprpto Dibyosaputro. 1977. Studi *Sediment Yield* Air Sungai Daerah Pengaliran Kali Lukulo Hulu di atas AWLR Karangsambung, Kebumen, *Skripsi*, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.