

**KARAKTERISTIK FISIK SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI BATANG GADIS,  
MANDAILING NATAL, SUMATERA UTARA**  
*(Physical Characteristics of Batang Gadis Sub Watershed, Mandailing Natal Regency,  
North Sumatra)\**

Oleh/By :

Bambang S. Antoko dan/*and* Asep Sukmana  
Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli

Sibaganding Km 10,5 Aek Nauli-Parapat 21174 Sumatera Utara; Telp. (0625) 41659, 41653

\*) Diterima : 04 April 2006; Disetujui : 01 Oktober 2007

**ABSTRACT**

*This study discusses physical characteristics of Batang Gadis Sub Watershed including watershed morphology, watershed morphometry, climate condition, geology, soil types, and land use. The watershed study area represents part of Batang Gadis National Park and also being main water source for Mandailing Natal town, North Sumatra. The study conducted at Aek Pohan sub sub watershed representing downstream of the Batang Gadis sub watershed and Batang Pungkut sub-sub watershed representing its upstream. The data were analyzed by using table analysis. The secondary data were taken by collecting data and maps from several sources. The result revealed that area of Aek Pohan and Batang Pungkut sub sub watersheds were 21,224.48 and 24,913.15 hectares. The soil types were latosol, red yellow podsolik and andosol with latosol that could be found at all watershed area. These watersheds have a long watershed form. Long watershed is naturally equipped with ability to hold rain water and prevent it from flowing at the same time, or with longer flow concentration, which resulted in lower top debit. The stream patterns are parallel, it means that the pattern of the river stream is in the form of one way length with its incoming branches from hillside direction and later on it unites with the main stream. This pattern has the risk of bringing disaster, such as landslides and floods if there are logging, land conversion, and road development occurred by cutting the back of the hill in the upstream area. The mud content at Batang Pungkut River was bigger than that of Aek Pohan River. Based on visual observation, this is caused by land conversion that happened in conservation area to gardens or farms, which did not consider the slope and type of soil. It will causes the happening of blocking river path and flash flood disaster if it is let continuously.*

*Key words : Physical characteristics, Batang Gadis Sub Watershed*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik fisik Sub DAS Batang Gadis dan faktor-faktor alami yang mempengaruhi potensi dan kerentanan Sub DAS. Informasi ini penting diperoleh sebagai bahan pertimbangan bagi pengelola dalam menyusun perencanaan pembangunan daerah setempat yang sesuai dengan karakteristik fisik DAS. Selain itu, kawasan DAS kajian adalah bagian dari kawasan Taman Nasional Batang Gadis dan merupakan sumber air utama bagi Lembah Mandailing, Sumatera Utara. Pengamatan dilakukan pada karakteristik fisik Sub-sub DAS Aek Pohan sebagai representasi wilayah hilir dan Sub-sub DAS Batang Pungkut sebagai representasi daerah hulu dari Sub DAS Batang Gadis. Penelitian yang dilakukan termasuk penelitian yang meliputi pengamatan lapangan dan analisis data sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut mempunyai kemampuan menyimpan air yang rendah sampai sedang, sehingga berpotensi mengalami penggenangan. Bentuk DAS pada kedua sub-sub DAS kajian adalah memanjang, sedangkan pola aliran DAS mengikuti pola aliran paralel, di mana resiko terhadap bencana banjir dan tanah longsor sangat tinggi jika terjadi kerusakan hutan pada daerah hulu. Sistem lahan dominan, adalah pegunungan dan perbukitan dengan penggunaan lahan berupa pertanian/tegalan dominan pada kelerengan > 40 %. Kondisi sedimentasi pada wilayah Batang Pungkut lebih besar dibandingkan Aek Pohan, yang disebabkan karena konversi lahan menjadi pertanian/tegalan tanpa memperhatikan kelerengan dan jenis tanah.

Kata kunci : Karakteristik fisik, Sub DAS Batang Gadis

## I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang dipisahkan dari wilayah lain di sekitarnya oleh pembatas topografis (punggung bukit) yang menerima air hujan, menampung, menyimpan, dan mengalirkan melalui sungai utama ke laut (Paimin *et al.*, 2004). Sedangkan Asdak (2002) menyebutkan bahwa DAS dapat dipandang sebagai suatu sistem pengelolaan, di mana DAS memperoleh masukan (*inputs*) yang kemudian diproses untuk menghasilkan luaran (*outputs*). Dengan demikian DAS merupakan *prosesor* dari setiap masukan yang berupa hujan dan intervensi manusia untuk menghasilkan luaran yang berupa produksi, limpasan, dan sedimen.

Karakteristik DAS ini tersusun dari faktor-faktor yang bersifat statis (relatif sulit berubah), antara lain hujan sebagai masukan utama, morfometri, dan geologi; dan faktor yang bersifat dinamis (cenderung mudah berubah), yaitu penggunaan lahan yang mencakup pengelolaan vegetasi, tanah, dan relief, secara menyeluruh dari hulu sampai hilir. Lebih lanjut Seyhan (1993) menyatakan bahwa karakteristik DAS dapat diartikan sebagai gambaran spesifik mengenai DAS yang dicirikan oleh parameter-parameter yang berkaitan dengan keadaan morfometri, topografi, tanah, geologi, vegetasi, tata guna (penggunaan) lahan, hidrologi, dan manusia. Selain itu karakteristik DAS merupakan dasar dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan DAS. Dengan demikian karakteristik DAS merupakan bahan baku utama bagi pengelola untuk melakukan rangkaian pendekatan perencanaan, pelaksanaan maupun pemantauan, dan evaluasi pengelolaan DAS secara efektif dan efisien, di samping memberikan peringatan dini terhadap kemungkinan terjadinya bencana alam pada setiap tingkatan pengelolaan DAS (Paimin, 2005).

Antoko *et al.* (2005) menyatakan bahwa potensi permasalahan yang ada pada suatu kawasan DAS merupakan suatu bentuk ancaman bagi kawasan tersebut

jika tidak diikuti dengan adanya upaya-upaya antisipasi, baik pada sistem hidrologi maupun masukan terhadap lahan. Sifat alami yang sudah terdapat pada wilayah studi dan bersifat relatif statis (sulit untuk berubah), seperti geologi yang didominasi oleh batuan gunung api (vulkanik), sistem lahan yang dominan pegunungan dan perbukitan, lereng yang curam antara 40-60 % serta curah hujan yang tinggi akan berpotensi menyebabkan terjadinya bencana alam, seperti tanah longsor dan banjir bandang jika penggunaan lahan dan kegiatan manusia tidak mendukung upaya mitigasi bencana yang akan terjadi.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik fisik Sub DAS Batang Gadis, Kabupaten Mandailing Natal (Madina), Provinsi Sumatera Utara. Dengan mengetahui karakteristik fisik DAS diharapkan dapat memudahkan pengelola terkait dalam menyusun perencanaan pembangunan daerah setempat yang sesuai dengan karakteristik fisik DAS, sehingga dapat meminimalisir terjadinya bencana alam seperti tanah longsor, banjir bandang dan bencana geologis, misalnya gempa bumi.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian karakteristik fisik Sub DAS Batang Gadis dilakukan pada dua sub-sub DAS representatif, yaitu Sub-sub DAS Aek Pohan seluas 21.224,48 ha sebagai perwakilan Sub DAS Batang Gadis daerah hilir dan Sub-sub DAS Batang Pungkut seluas 24.913,15 ha mewakili Sub DAS Batang Gadis daerah hulu (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan dari bulan Juli sampai Oktober 2005. Secara administrasi pemerintahan kedua lokasi kajian termasuk dalam wilayah Kabupaten Madina, Provinsi Sumatera Utara. Topografi pada lokasi penelitian adalah berbukit, dengan ketinggian tempat antara 180 meter sampai dengan 200 meter di atas permukaan laut (dpl).

## B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian adalah kompas, *Global Positioning System Receiver* (GPS Receiver), altimeter, kamera, program *Arcview GIS 3.3*, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) lembar Lubuksikaping (0716), Sumatera (Bakosurtanal, 1986), peta geologi dan keterangan lembar Lubuksikaping (0716), Sumatera (Rock *et al.*, 1983), buku keterangan dan peta satuan lahan dan tanah lembar Lubuksikaping (0716), Sumatera (Subardja *et al.*, 1990), peta penggunaan lahan pada DAS kajian yang diterbitkan oleh Baplan pada tahun 2004, dan alat tulis.

## C. Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui pengamatan dan *checking* lapangan, interpretasi terhadap data sekunder serta peta-peta yang tersedia dan gayut. Penilaian karakteristik fisik pada wilayah studi dilakukan dengan interpretasi pada peta RBI dan analisis pemantauan fisik dan hidrologi (penggunaan lahan, jenis tanah, kelerengan, debit aliran, curah hujan, dan sedimentasi) berdasarkan buku data debit sungai tahun 1996-2002 yang diterbitkan oleh Dinas Pengairan Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2003 dan data curah hujan tahun 1996-2002 yang diperoleh dari Stasiun Pengamatan Natal dan Batang Toru. Untuk mendapatkan data yang disesuaikan dengan kepentingan penelitian, maka peta-peta yang telah tersedia kemudian ditumpang susun (*overlay*) dengan memanfaatkan program *software* komputer, yaitu *Arcview GIS versi 3.3*. Penyajian data kemudian dilakukan dalam bentuk tabel-tabel. Untuk mengetahui konsentrasi sedimen pada aliran sungai yang ada di wilayah studi, maka dilakukan pengambilan sampel sedimen. Karena keterbatasan maka pengambilan sampel sedimen hanya dilakukan pada musim peralihan. Lokasi pengambilan dilakukan pada aliran Sungai Aek Pohan dan Sungai Batang Pungkut. Selain itu,

pengambilan sampel lainnya dilakukan juga pada Sungai Batang Gadis yang merupakan aliran sungai induk dari Sungai Aek Pohan dan Sungai Batang Pungkut. Data lainnya seperti morfometri DAS, hidrologi DAS, jenis tanah, dan geologi diperoleh melalui interpretasi peta-peta yang tersedia untuk daerah yang diteliti.

## D. Analisis Data

Data hasil interpretasi peta kemungkinan terdapat perubahan-perubahan maupun sering tidak sesuai dengan kondisi saat ini, sehingga dilanjutkan dengan pengecekan di lapangan agar data yang diperoleh akurat. Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis deskriptif komparatif, yaitu membandingkan parameter-parameter hidrologi di kedua lokasi kajian. Beberapa parameter morfometri DAS yang dapat diukur dari interpretasi peta antara lain (Murtiono, 2001) :

### 1. Luas DAS

Luas DAS dapat diukur melalui peta rupa bumi yang telah didelineasi garis batas DAS yang kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan *planimeter* yang dicek dengan sistem *grid*.

### 2. Bentuk DAS

Bentuk DAS mempunyai arti penting dalam hubungannya dengan aliran sungai, yaitu berpengaruh terhadap kecepatan terpusatnya aliran. Bentuk DAS berpengaruh terhadap bentuk hidrograf alirannya. Untuk menentukan bentuk DAS, digunakan rumus sebagai berikut (Murtiono, 2001):

$$F = \frac{A}{L_b^2}$$

Keterangan :

F = Koefisien bentuk DAS

A = Luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

L<sub>b</sub> = Panjang sungai utama (km)

### 3. Kerapatan Aliran Sungai

Kerapatan aliran sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu DAS.

Indeks tersebut dapat diperoleh dengan persamaan (Murtiono, 2001):

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Keterangan :

Dd = Indeks kerapatan aliran sungai (km/km<sup>2</sup>)

L = Panjang sungai total (km)

A = Luas DAS (km<sup>2</sup>).

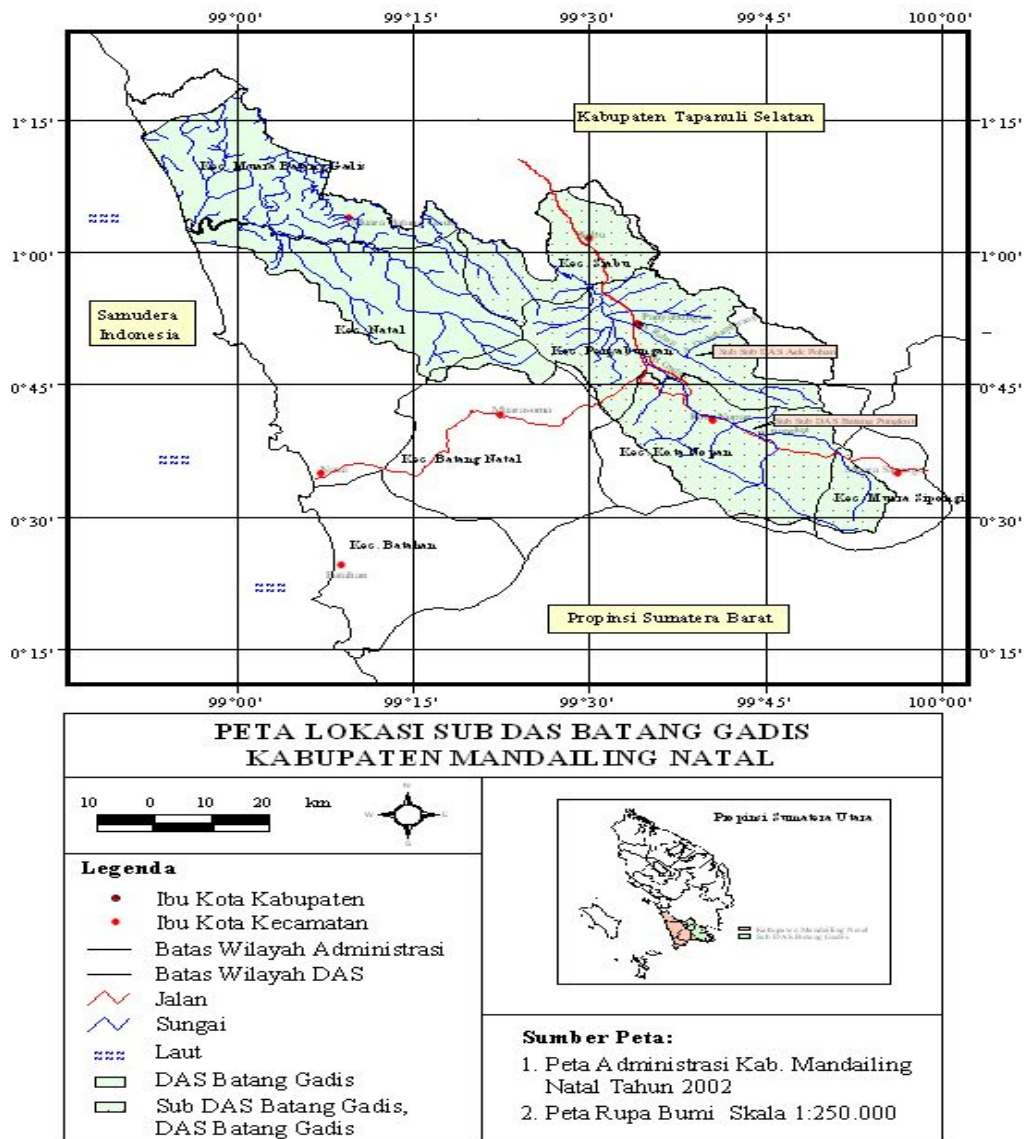
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Morfometri DAS

Hasil interpretasi terhadap peta rupa bumi menghasilkan parameter-parameter

morfometri DAS yang diteliti dapat diidentifikasi seperti luas DAS, keliling DAS, panjang sungai utama, total panjang sungai, panjang DAS, lebar DAS, pola aliran, kerapatan aliran, dan bentuk DAS (Tabel 1).

Berdasarkan nilai morfometri pada Tabel 1, Sub-sub DAS Aek Pohan mempunyai nilai kerapatan aliran (Dd) sebesar 0,36 km<sup>-1</sup>. Nilai ini dikategorikan bahwa wilayah ini mempunyai kemampuan menyimpan air yang sedang, karena mempunyai nilai Dd antara 0,25 sampai 10 km<sup>-1</sup> (Soewarno, 1991). Sub-sub DAS Batang



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian (Research area)

Tabel (Table) 1. Nilai morfometri Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut (*Morphometry values of Aek Pohan and Batang Pungkut Sub-sub Watershed*)

No (No)	Parameter (Parameter)	Nilai sub-sub DAS Aek Pohan (Value of Aek Pohan Sub-sub Watershed)	Nilai sub-sub DAS Batang Pungkut (Value of Batang Pungkut Sub-sub Watershed)
1.	Luas DAS (A) (km <sup>2</sup> ) ( <i>Area of watershed</i> )	212,25	249,13
2.	Keliling DAS (p) (km) ( <i>Drained perimeter</i> )	91,5	76,25
3.	Panjang DAS (Ln) (km) ( <i>Length of watershed</i> )	40	28
4.	Panjang sungai utama (Lb) (km) ( <i>Length of main channel</i> )	41,25	37,75
5.	Lebar DAS (W) (km) ( <i>Width of watershed</i> )	5,15	6,6
6.	Sungai terpanjang (L) (km) ( <i>Length of longest water course</i> )	41	37
7.	Kerapatan aliran (Dd) (km <sup>-1</sup> ) ( <i>Drainage density</i> )	0,36	0,16
8.	Titik pusat DAS ( <i>Center of gravity of watershed</i> )	(4,27 , 9,96)	(4,27 , 6,97)
9.	Panjang aliran (Lg) (km) ( <i>Length of overland flow</i> )	2,57	3,3
10.	<i>Circulation ratio</i> (Rc)	0,32	0,27
11.	<i>Limniscate constans</i> (K)	1,89	0,79
12.	<i>Biforcation ratio</i> (Rb)	2 , 2	2
13.	Rata-rata tertimbang ordo (Wrb) ( <i>Weighted mean</i> )	2	2
14.	Faktor simetris (SIM) ( <i>Symmetry factor</i> )	1,75	0,44

Pungkut mempunyai nilai kerapatan aliran (Dd) sebesar 0,16 km<sup>-1</sup>. Nilai ini berarti bahwa wilayah ini mempunyai kemampuan menyimpan air yang rendah, karena mempunyai nilai Dd < 0,25 km<sup>-1</sup>. Artinya, alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras, maka angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, apabila kondisi lain yang mempengaruhinya relatif sama (Soewarno, 1991). Lebih lanjut Murtiono (2001) menyebutkan bahwa menurut kriteria Lynsley (1949) nilai Dd pada kedua DAS kajian tergolong buruk, di mana DAS berpotensi untuk mengalami penggenangan terutama pada bagian hilir di kanan dan kiri sungai, karena drainase yang kurang baik.

Pola aliran suatu DAS merupakan ciri fisik dari DAS tersebut, karena aliran sungai dapat mempengaruhi efisiensi sistem drainase dan karakteristik hidrografisnya. Bentuk pola aliran sungai pada

kedua DAS kajian mengikuti pola paralel. Menurut Asdak (2002), pola aliran suatu DAS yang mengikuti pola paralel, berarti bahwa pola aliran sungai berbentuk memanjang ke satu arah dengan cabang-cabang sungai kecil yang datangnya dari arah lereng-lereng bukit kemudian menyatu di sungai utama yang mengalir di lembahnya. Pola aliran ini mempunyai resiko membawa bencana banjir dan tanah longsor yang tinggi jika terjadi pembalakan kayu, konversi hutan alam atau pembuatan jalan memotong punggung bukit di daerah bagian hulu. Sungai-sungai kecil di hulu yang tersumbat kayu, batuan, dan tanah akan membentuk bendungan alam dengan tenaga perusak yang besar bagi daerah di hilirnya.

Bentuk DAS dapat dinyatakan dengan nilai *circularity ratio* (Rc), yaitu dengan rumus:  $Rc = 4\pi A/p^2$ , di mana Rc = *circularity ratio*; A = luas DAS; p = keliling DAS. Sub-sub DAS Aek Pohan dengan nilai panjang DAS maksimum 40 km, lebar maksimum 5,15 km, dan

keliling DAS 91,5 km mempunyai nilai  $R_c = 0,32$  (nilai  $R_c$  ini mempunyai bentuk DAS memanjang). Pada Sub-sub DAS Batang Pungkut yang mempunyai nilai panjang DAS maksimum 28 km, lebar maksimum 6,6 km, dan keliling DAS 76,25 km mempunyai nilai  $R_c = 0,27$  (nilai  $R_c$  ini berarti mempunyai bentuk DAS memanjang). Bentuk DAS memanjang mempunyai sifat menahan air hujan dan tidak mengalirkannya dalam waktu yang serentak dengan waktu konsentrasi agak panjang, sehingga menyebabkan debit puncak lebih rendah.

Nilai *bifurcation ratio* ( $R_b$ ) pada Sub-sub DAS Aek Pohan adalah 2,2; sedangkan pada Sub-sub DAS Batang Pungkut adalah 2. Menurut Soewarno (1991), berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Strahler, nilai  $R_b < 3$  bermakna bahwa pada alur sungai tersebut akan mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, sedangkan penurunannya berjalan dengan lambat. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa panjang sungai utama pada Sub-sub DAS Aek Pohan lebih panjang dibanding Sub-sub DAS Batang Pungkut. Proporsi yang lebih panjang ini akan menyebabkan waktu mencapai puncak ( $t_p$ ) menjadi lebih panjang dan waktu konsentrasi lebih lama, sehingga debit puncak yang dihasilkan akan lebih kecil dibanding panjang sungai utama yang lebih pendek.

## B. Kondisi Hidrologi DAS

### 1. Curah Hujan

Hasil pengamatan stasiun penakar hujan berdasarkan stasiun pengamatan curah hujan yang ada dalam wilayah DAS kajian (Stasiun Pengamatan Natal dan Batang Toru) antara tahun 1996 sampai dengan 2002 diketahui bahwa besarnya curah hujan tahunan yang terjadi di wilayah penelitian, yaitu antara 744 mm sampai dengan 4.687 mm. Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951) Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut (Sub DAS Batang Gadis) termasuk tipe iklim A. Data curah hujan pada DAS kajian periode 1996-2002 disajikan dalam Tabel 2.

### 2. Debit Aliran

Debit aliran dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi kesehatan atau kekritisan suatu DAS. Debit aliran rata-rata tahunan dari aliran air sungai di kedua lokasi penelitian berdasarkan data yang tersedia pada Stasiun Pengamat Arus Sungai Batang Gadis di Kabupaten Madina, Provinsi Sumatera Utara (periode tahun 1996-2002) adalah sebesar  $108,71 \text{ m}^3/\text{dtk}$  atau  $0,2356 \text{ m}^3/\text{dtk}/\text{km}^2$ . Debit maksimum yang pernah dicapai adalah sebesar  $462 \text{ m}^3/\text{dtk}$  pada tahun 1996 sedangkan debit minimum sebesar  $37,9 \text{ m}^3/\text{dtk}$  pada tahun 2000. Rasio nilai debit maksimum

Tabel (Table) 2. Curah hujan tahunan rata-rata pada Sub DAS Batang Gadis periode tahun 1996-2002 (Annual rainfall data at Batang Gadis sub watershed between 1996-2002)

No (No)	Tahun (Year)	Curah hujan tahunan di stasiun pengamatan (mm/thn) (Annual rainfall at station)	
		Natal	Batang Toru
1.	1996	3.114	4.129
2.	1997	2.127	2.206
3.	1998	4.152	3.828
4.	1999	3.949	4.687
5.	2000	3.118	2.493
6.	2001	744	4.159
7.	2002	1.729	1.745
Rerata (Averages)		2.704	3.321

Sumber (Source) : RTL-RLKT Sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut, 2004 (Technical planning of Aek Pohan and Batang Pungkut sub watershed, 2004)

dan minimum atau disebut nilai Koefisien Regim Sungai (KRS) adalah sebesar 12,19. Nilai KRS < 60, berarti kondisi DAS masih relatif baik jika ditinjau dari aspek konservasi tanah. Pada penelitian serupa yang pernah dilakukan di Sub DAS Tebo, Kabupaten Bungo Tebo, Provinsi Jambi diketahui bahwa debit maksimum yang pernah dicapai sebesar 783,20 m<sup>3</sup>/dtk (tanggal 5-2-1996) dan debit minimumnya sebesar 20,60 m<sup>3</sup>/dtk (tanggal 13-9-1987), sehingga mempunyai nilai KRS sebesar 38,01 atau kondisi DAS berkategori baik (Paimin *et al.*, 2004). Kondisi hidrologi pada DAS kajian disajikan dalam Tabel 3.

Koefisien aliran (C) menggambarkan perbandingan antara tebal aliran dengan curah hujan. Nilai C ini dapat dijadikan indikator dalam menilai kondisi hidrologi suatu DAS. Cook dan Bansby-Williams dalam Suyono (1996) menyatakan bahwa DAS disebut dalam keadaan baik jika mempunyai nilai koefisien aliran < 0,5 sedangkan DAS bernilai sedang mempunyai nilai C antara 0,5-0,75 dan DAS yang buruk mempunyai nilai C > 0,75. Artinya, kondisi kesehatan suatu DAS dianggap baik jika mempunyai nilai C yang makin kecil. Suatu DAS yang mempunyai nilai C besar (> 0,75), berarti kurang mampu dalam menghambat air hujan yang jatuh di wilayahnya, sehingga seba-

gian besar air hujan tersebut berubah menjadi aliran permukaan. Untuk mempermudah dalam menghitung nilai C, maka data debit (m<sup>3</sup>/dtk) dikonversi terlebih dahulu menjadi data debit (mm/tahun).

Berdasarkan Tabel 3, maka dapat diketahui bahwa nilai rata-rata koefisien aliran pada wilayah kajian adalah 0,26. Artinya kondisi kesehatan DAS kajian termasuk baik karena mempunyai nilai C < 0,5. Namun demikian nilai koefisien aliran pada tiga tahun terakhir kecenderungannya semakin meningkat walaupun masih tergolong baik, sehingga perlu dilakukan usaha-usaha konservasi, seperti memperbaiki atau merehabilitasi penutupan lahan nir hutan (semak belukar atau tanah terbuka) menjadi lahan hutan di wilayah DAS tersebut. Usaha ini dapat meningkatkan fungsi hutan sebagai pengatur tata air dan pengendali aliran.

### 3. Sedimentasi

Sedimentasi merupakan larutan partikel-partikel tanah yang terbawa aliran air dan diendapkan di tempat tertentu seperti sungai, danau, dan waduk (Sumijarto dan Ekowati, 2000). Pada lokasi kajian dilakukan pengambilan sampel sedimen yang dimaksudkan untuk mengetahui kadar lumpur pada aliran sungai di wilayah tersebut. Pada Sub-sub DAS Aek Pohan di wilayah hilir, pengambilan sampel dilakukan

Tabel (Table) 3. Kondisi hidrologi pada Sub DAS Batang Gadis tahun 1996-2002 (*Hydrology data at Batang Gadis Sub Watershed between 1996-2002*)

No (No)	Tahun (Year)	Faktor hidrologi ( <i>Hydrology</i> )					
		Q <sub>max</sub> (Max discharge) m <sup>3</sup> /dtk	Q <sub>min</sub> (Min discharge) m <sup>3</sup> /dtk	Q <sub>rata-rata</sub> (Average discharge) m <sup>3</sup> /dtk	KRS (Q <sub>max</sub> / Q <sub>min</sub> )	Curah hujan (Rainfall) mm	C (Coefficient)
1.	1996	462	76	110,66	6,07	3.621,5	0,21
2.	1997	308	96	143,42	3,2	2.166,5	0,45
3.	1998	404	75	114,77	5,38	3.990	0,20
4.	1999	234	44,5	156,09	5,25	4.318	0,25
5.	2000	250	37,9	77,53	6,6	2.805,5	0,19
6.	2001	189	55,3	76,82	3,14	2.451,5	0,21
7.	2002	168	59	81,66	2,85	1.737	0,32
Rerata ( <i>Average</i> )		287,86	63,39	108,71	4,64		0,26

Sumber (*Source*) : Dinas Pengairan Provinsi Sumatera Utara, 2003 (*The irrigation services of North Sumatera Province, 2003*)

Tabel (Table) 4. Hasil analisa sampel beberapa air sungai di wilayah DAS kajian (*Result of water river sample analysis in location*)

No (No)	Nama Sungai (River name)	V (ml)	a ( gr)	b (gr)	C (mg/l)	C (gr/l)
1.	Aek Pohan	624	53,7	53,8	160,26	0,16
2.	Aek Batang Pungkut	638	62,5	62,7	313,47	0,31
3.	Aek Batang Gadis	648	70,8	70,9	154,3	0,15

Keterangan (*Remarks*) :

V = Volume sampel sedimen (ml) (*Volume of sediment sample*)

a = Berat cawan kosong (gr) (*Weight of empty cup*)

b = Berat cawan berisi endapan sedimen (gr) (*Weight of cup contain sediment*)

C = Konsentrasi sedimen (mg/l)/(gr/l) (*Sediment consentration*)

pada bagian tengah aliran Sungai Aek Pohan. Pada Sub-sub DAS Batang Pungkut sebagai wakil wilayah hulu, pengambilan sampel dilakukan pada bagian tengah Sungai Batang Pungkut. Sebagai perbandingan dilakukan juga pengambilan sampel pada aliran Sungai Aek Batang Gadis, di mana aliran Sungai Aek Pohan dan Sungai Batang Pungkut bertemu.

Hasil pengujian dan analisis terhadap sampel air dengan metode penguapan pada beberapa sungai di wilayah DAS kajian disajikan dalam Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, maka Sungai Batang Pungkut mempunyai nilai kandungan lumpur paling tinggi dibanding pada sungai-sungai lainnya, yaitu sebesar 0,31 gram/liter kemudian Sungai Aek Pohan sebesar 0,16 gram/liter, sedangkan kandungan lumpur terendah terdapat pada Sungai Aek Batang Gadis sebesar 0,15 gram/liter. Tingginya kandungan lumpur pada Sungai Batang Pungkut berdasarkan pengamatan secara visual di lapangan disebabkan oleh konversi lahan pada kawasan lindung menjadi kebun campuran dan ladang yang tidak memperhatikan tingkat kelerengan dan kesesuaian jenis tanahnya.

### C. Keadaan Geologi

Berdasarkan peta geologi skala 1 : 250.000 tahun 1983, karakteristik geologi Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut secara umum terbentuk dari batuan gunung api pusat Maninjau yang tak terbedakan, terutama berasal dari lapisan

batuan gunung api dan tidak menunjukkan bekas pusat gunung api. Pada wilayah hilir Aek Pohan sebagian besar terbentuk dari batuan sedimen dan meta sedimen seperti aluvium, yang terdiri dari pasir, kerikil, dan lanau. Selain itu juga terdapat lapisan paleozoikum dan/atau mesozoikum tak terbedakan yang termasuk dalam kelompok woyla dan ini berasal dari meta gunung api hornfel, batu sabak, dan sedikit batu gamping. Formasi Sihapas terdapat di bagian utara Aek Pohan, formasi ini berasal dari batu pasir kuarsa bersih, serpih berkarbon batulanau, dan konglomerat. Formasi Silungkang terdapat dalam jumlah sedikit dan termasuk dalam anggota batu gamping dan meta batu gamping. Batuan gunung api lainnya, adalah formasi pusat sorik merapi yang berasal dari lahar andesitik dan breksi gunung api. Sedangkan jenis batuan terobosan diwakili oleh intrusi rao-rao yang berasal dari granitoida, leukogranit, dan diorit kaya akan kumululus plagioklas. Selain itu juga terdapat formasi batolit panyabungan yang berasal dari granit, mikroggranit, leukogranit, beberapa terfoliasi sampai bersifat genes dan diorit.

Pada wilayah Batang Pungkut juga terdapat formasi Silungkang yang berasal dari batu gamping, meta gunung api basa, metatufa, batu pasir, dan gunung api klastika. Selain itu terdapat juga formasi Kuantan yang terdiri dari batu sabak, kuarsit dan arenit meta kuarsa, wake, dan filit. Kedua formasi ini termasuk dalam batuan sedimen dan meta sedimen. Sedangkan yang termasuk dalam batuan terobosan



adalah intrusi muarasipongi yang berasal dari granit, granodiorit, dan diorit.

Berdasarkan hasil analisis terhadap peta sistem lahan yang dibuat oleh *Regional Physical Planning Programme for Transmigration* (RePProT) tahun 1988, maka sistem lahan yang mendominasi wilayah penelitian adalah pegunungan dan perbukitan dengan kelerengan antara 41-60 %. Terdapat juga beberapa sistem lahan pegunungan yang mempunyai kelerengan > 60 % seperti pegunungan Bukit Pandan, Pandreh, dan Telawi. Sistem lahan lainnya adalah sistem lahan dataran yang terdapat dengan variasi kelerengan kurang dari 2 % sampai dengan 60 %. Dataran dengan kelerengan < 2 %, seperti dataran aluvial Tanjung pada kelerengan antara 2-8 %, seperti dataran Pidolidombang pada kelerengan 9-15 %, seperti dataran Sungai Madang kelerengan 16-25 %, yaitu dataran Barong Tongkok kelerengan 26-40 %, yaitu dataran Aekna Bontair dan dataran Dolok Parlajan dengan kelerengan antara 41-60 %. Sistem lahan dengan kelerengan < 2 %, adalah lembah aluvial Bakunan dan jalur kelokan Sebangau. Berdasarkan klasifikasi kerentanan kelompok sistem lahan, maka wilayah penelitian tergolong dalam kategori sangat rentan terhadap bahaya erosi, karena didominasi oleh sistem lahan pegunungan dan perbukitan. Kerentanan terhadap bahaya banjir juga perlu diperhatikan pada daerah yang mempunyai kelerengan < 2 % sampai dengan 8 %. Untuk wilayah ini perlu dilakukan perbaikan drainase.

Selain itu, semua wilayah pada Mandailing termasuk Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut dikategorikan sebagai daerah rawan bencana, di mana wilayah ini ada pada daerah vulkanis aktif dan bagian dari Daerah Patahan Besar Sumatera (*Great Sumatran Fault Zone*) atau dikenal sebagai Sub Patahan Batang Gadis-Batang Angkola-Batang Toru. Aktivitas vulkanis dan pergerakan lempeng bumi pada daerah ini telah membentuk berbagai jenis cekungan batuan sedimen

dan di jalur gunung api akan terbentuk zona mineralisasi emas, perak, dan tembaga (Perbatakusuma *et al.*, 2005).

#### D. Jenis Tanah

Dalam suatu DAS, tanah berfungsi sebagai media tumbuh tanaman dan pengatur tata air serta erosi, terutama dalam hal kapasitas infiltrasi dan permeabilitas tanah. Semakin besar kemampuan tanah dalam kapasitas infiltrasi dan permeabilitas tanah, maka semakin banyak juga air yang dapat diloloskan ke dalam tanah. Artinya tata air juga akan terjaga dengan baik dan erosi dapat dikurangi. Kapasitas infiltrasi yang tinggi biasanya terdapat pada tanah dengan tekstur kasar sedangkan tanah dengan kandungan liat tinggi mempunyai kapasitas infiltrasi yang rendah. Ini akan berakibat pada semakin besarnya aliran permukaan (Pudjiharta, 2003).

Luas jenis tanah berdasarkan penggunaan lahan di wilayah studi disajikan dalam Tabel 5. Analisis berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa jenis tanah yang mendominasi pada masing-masing lahan di Sub-sub DAS Aek Pohan adalah jenis tanah latosol sebesar 20.405,9 ha (96,14 %) kemudian diikuti oleh jenis tanah podsolik merah kuning, yaitu 818,58 ha (3,86 %). Berdasarkan tingkat kepekaan tanah terhadap erosi, maka jenis tanah latosol termasuk agak peka sedangkan jenis podsolik merah kuning adalah peka. Pada jenis tanah latosol banyak diusahakan sebagai lahan kebun campuran. Namun demikian jenis tanaman kulit manis dan karet juga berkembang pada jenis tanah podsolik merah kuning.

Jenis tanah yang mendominasi pada Sub-sub DAS Batang Pungkut adalah jenis tanah latosol seluas 24.633,15 ha (98,88 %) dengan penggunaan lahan terbesar sebagai hutan seluas 16.898,41 ha. Penggunaan lahan berupa hutan seluas 279,28 ha juga ada pada jenis tanah andosol (1,12 %). Berdasarkan tingkat kepekaan tanah terhadap erosi, maka jenis tanah latosol dikategorikan sebagai jenis

yang agak peka sedangkan jenis tanah andosol adalah peka.

Berdasarkan data-data tersebut di atas, maka Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut dapat dikategorikan sebagai daerah rawan bencana tanah longsor. Ancaman ini terutama potensial terjadi pada lahan dengan lereng curam (> 40 %) yang dibuka untuk pertanian, tegalan, dan budidaya tanaman semusim atau perladangan.

### E. Kemiringan Lereng

Berdasarkan analisis terhadap peta kelerengan, maka sebaran kelas lereng pada setiap penggunaan lahan dalam masing-masing Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut adalah seperti pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa wilayah dengan tingkat kelerengan > 40 % pada Sub-sub DAS Aek Pohan, sebagian besar dimanfaatkan sebagai lahan pertanian atau tegalan (6.731,10 ha), sedangkan luas hutan pada tingkat kelerengan tersebut adalah sebesar 9.551,37

ha. Luas semak belukar yang dapat diasumsikan sebagai lahan kritis mencapai 23,09 % dari total luas Sub-sub DAS Aek Pohan atau sebesar 4.910,51 ha. Hal ini perlu diwaspadai, karena wilayah tersebut secara alami mempunyai tingkat kerentanan yang tinggi terhadap degradasi lahan dan erosi. Upaya lain yang perlu dilakukan adalah mengganti penutupan lahan berupa semak belukar menjadi penutupan lahan hutan. Sedangkan lahan pertanian atau tegalan yang ada pada tingkat kelerengan > 40 % sebaiknya dialokasikan sebagai kawasan hutan lindung atau direhabilitasi, karena kondisinya yang rentan dan perannya yang penting bagi tata air. Untuk lahan pertanian/tegalan yang ada pada kelerengan > 15 % perlu diterapkan praktek konservasi tanah dan air, seperti pembuatan teras atau guludan.

Pada Sub-sub DAS Batang Pungkut sebagian besar didominasi oleh hutan, yaitu sebesar 17.545,97 ha atau 70,42 % dari total luas DAS. Luas hutan yang terletak pada kelerengan > 40 % adalah sebesar 17.132,28 ha atau 97,64 % dari total

Tabel (Table) 5. Luas jenis tanah berdasarkan penggunaan lahan DAS kajian (*Areal of soil types according to land use at the studied watershed*)

No (No)	Sub-sub DAS/penggunaan lahan ( <i>Sub-sub watershed/land use</i> )	Jenis tanah ( <i>Soil type</i> )			Jumlah ( <i>Total</i> ) ha	% Terhadap luas DAS ( <i>Percentage</i> )
		Latosol ( <i>Latosol</i> ) ha	Podsolik merah kuning ( <i>Red yellow podcolic</i> ) ha	Andosol ( <i>Andosol</i> ) ha		
I	Aek Pohan					
1	Pemukiman ( <i>Settlement</i> )	40,5	-	-	40,5	0,19
2	Semak belukar ( <i>Shrubs</i> )	4.903,19	-	-	4.903,19	23,10
3	Hutan ( <i>Forest</i> )	5.774,94	-	-	5.774,94	27,21
4	Kebun campuran ( <i>Mix plantation</i> )	3.210,96	571,37	-	3.782,33	17,82
5	Pertanian/tegalan ( <i>Farming/dry field</i> )	6.476,31	247,21	-	6.723,52	31,68
Jumlah ( <i>Total</i> ) I		20.405,9	818,58	-	21.224,48	100,00
II	Batang Pungkut					
1	Semak belukar ( <i>Shrubs</i> )	2.086,51	-	-	2.086,51	8,38
2	Hutan ( <i>Forest</i> )	16.898,41	-	279,28	17.177,69	68,95
3	Kebun campuran ( <i>Mix plantation</i> )	187,79	-	-	187,79	0,75
4	Pertanian/tegalan ( <i>Farming/dry field</i> )	5.461,46	-	-	5.461,46	21,92
Jumlah ( <i>Total</i> ) II		24.633,15	-	279,28	24.913,15	100,00

Tabel (Table) 6. Kelas kemiringan lereng pada Sub-sub DAS Aek Pohan dan Batang Pungkut (*Slopes at Aek Pohan and Batang Pungkut Sub-sub watershed*)

No (No)	Sub-sub DAS/ penggunaan lahan (Sub-sub Watershed/ land use)	Kelerengan lahan (ha) <i>Land slope (ha)</i>					Jumlah (Total) %	% Luas DAS (Percentage)
		< 8 %	8-15 %	15-25 %	25-40 %	> 40 %		
I	Aek Pohan							
1	Pemukiman (Settlement)	36,57	3,93	-	-	-	40,50	0,19
2	Semak belukar (Shrubs)	0,12	18,45	276,56	153,20	4.453,18	4.901,51	23,09
3	Hutan (Forest)	-	-	-	100,72	5.674,31	5.775,03	27,21
4	Kebun campuran (Mix plantation)	-	-	49,9	150,73	3.575,71	3.776,34	17,79
5	Pertanian/tegalan (Farming/dry field)	405,39	154,82	24,77	95,10	6.051,02	6.731,10	31,72
Jumlah I		442,08	177,2	351,23	499,75	19.753,72	21.224,48	
% Terhadap luas DAS (Percentage)		2,08	0,84	1,66	2,35	93,07	-	100,00
II	Batang Pungkut							
1	Pemukiman (Settlement)	-	-	-	-	-	-	0,00
2	Semak belukar (Shrubs)	-	-	-	97,10	1.989,41	2.086,51	8,38
3	Hutan (Forest)	-	23,87	-	389,82	17.132,28	17.545,97	70,42
4	Kebun campuran (Mix plantation)	-	-	-	-	110,20	110,20	0,44
5	Pertanian/tegalan (Farming/dry field)	-	-	-	-	5.170,47	5.170,47	20,76
Jumlah II		-	23,87	-	486,92	24.402,36	24.913,15	
% Terhadap luas DAS (Percentage)		-	0,09	-	1,96	97,95	-	100,00

luas hutan. Kawasan ini perlu dilindungi, karena kepentingannya bagi tata air dan lingkungan di sekitarnya. Namun demikian pada tingkat kelerengan tersebut ternyata terdapat juga penggunaan lahan berupa pertanian atau tegalan, yaitu sebesar 5.170,47 ha atau 20,76 %. Penggunaan lahan secara intensif, seperti pertanian atau tegalan pada lereng yang curam sangat berpotensi menimbulkan bencana tanah longsor. Jika hal ini tidak diperhatikan, maka keberadaan lahan budidaya pada kelerengan yang tinggi dikhawatirkan dapat menimbulkan konversi lahan hutan dalam skala besar di kemudian hari. Secara langsung, alih fungsi lahan hutan ke lahan nir hutan akan mengganggu fungsi hutan sebagai pengatur dan pelindung tata air serta dapat memicu timbulnya bencana alam berupa tanah longsor atau banjir bandang.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

1. Aek Pohan didominasi oleh batuan gunung api dan mempunyai sistem lahan dominan berupa pegunungan dan perbukitan dengan kelerengan 41-60 %. Tingkat kelerengan > 40 % meliputi 93,07 % dengan penutupan lahan dominan berupa pertanian dan tegalan sebesar 30,63 %, sedangkan wilayah dengan kelerengan 0-8 % meliputi 2,08 %. Jenis tanah terdiri dari jenis tanah latosol (96,14 %) dan podsolik merah kuning sebesar 3,86 %. Kondisi penutupan lahan pada Aek Pohan terdiri dari pertanian dan tegalan (31,72 %), hutan (27,21 %), semak belukar (23,09 %), kebun campuran (17,79 %), dan pemukiman (0,19 %).

2. Batuan gunung api mendominasi wilayah Batang Pungkut dengan sistem lahan dominan, yaitu pegunungan dan perbukitan. Tingkat kelerengan > 40 % tersebar dalam 97,95 % dari keseluruhan luas DAS. Penutupan lahan yang dominan pada kelerengan ini adalah hutan sebesar 70,21 %. Jenis tanah pada Batang Pungkut didominasi oleh jenis tanah latosol (98,88 %) sedangkan jenis tanah andosol terdapat sebesar 1,12 %. Kondisi penutupan lahan di Batang Pungkut didominasi oleh hutan (70,42 %) kemudian pertanian dan tegalan (20,76 %), semak belukar (8,38 %), dan kebun campuran (0,44 %).
3. Bentuk DAS pada wilayah kajian adalah memanjang yang berarti mempunyai sifat menahan air hujan dan tidak mengalirkannya dalam waktu yang bersamaan. Bentuk seperti ini akan menyebabkan debit banjirnya relatif kecil karena perjalanan banjir dari anak-anak sungai mempunyai waktu yang berbeda-beda. Nilai KRS sebesar 12,19 yang berarti kondisi DAS dikategorikan baik. Koefisien aliran antara tahun 1996 sampai dengan 2002 rata-rata bernilai < 0,5 sehingga kondisi kesehatan DAS yang diteliti termasuk kategori baik.

## **B. Saran**

1. DAS yang diteliti tergolong sangat rentan terhadap degradasi, karena didominasi oleh sistem lahan pegunungan dan perbukitan serta 90 % wilayah dari keseluruhan luas DAS berada pada kelerengan > 40 %. Untuk itu penutupan lahan pada kelerengan tersebut perlu diupayakan berupa hutan. Selain itu keberadaan semak belukar sebesar 30 % dari total wilayah DAS perlu diupayakan untuk direhabilitasi menjadi kawasan hutan. Upaya perbaikan kondisi penutup lahan berupa hutan ini diharapkan dapat meningkatkan fungsi hutan sebagai pengatur tata air dan pengendali aliran permukaan sekaligus dapat mengurangi kemungkinan terjadinya bencana banjir bandang dan tanah longsor di wilayah DAS yang diteliti.
2. Pemerintah daerah setempat perlu memperhatikan bentuk pengelolaan DAS dan lahan yang sesuai dengan karakteristik DAS yang diteliti. Diharapkan hal ini dapat diatur dalam Rencana Umum Tata Ruang Kabupaten Madina. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir terjadinya bencana alam yang berdampak negatif tinggi, seperti tanah longsor dan banjir bandang.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Antoko, B.S., A. Sukmana dan A.M. Putra. 2005. Kajian Karakteristik Hidrologi dan Lahan di DAS Batang Gadis, Sumatera, Sebagai Dasar Pengembangan Sistem Perencanaan Pengelolaan DAS. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2005. Balai Litbang Kehutanan Sumatera. Tidak diterbitkan.
- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional). 1986. Peta RBI Lembar Lubuksikaping (0716), Sumatera. Bogor.
- Lynsley, F. 1949. Water Resources Engineering. Mc Graw Hill. New York.
- Murtiono, U.H. 2001. Petunjuk Teknis Pengukuran dan Perhitungan Parameter Morfometri DAS. Balai Litbang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Wilayah Indonesia Bagian Barat. Surakarta.
- Paimin. 2005. Laporan Ringkas Penelitian (Tingkat UKP) : Sistem Karakterisasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Tahun 2004. Balai Litbang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Wilayah Indonesia Bagian Barat. Surakarta. Tidak diterbitkan.

- Paimin, Sukresno, N. Haryanti, B. Haryadi, I.B. Pramono, A.B. Supangat, Wardojo, A. Wuryanto, N. Wahyuningrum, T.M. Basuki, S. Donie dan Purwanto. 2004. Laporan Kajian Karakteristik Daerah Aliran Sungai. Buku I : Laporan Utama. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2003. Balai Litbang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Wilayah Indonesia Bagian Barat. Surakarta. Tidak diterbitkan.
- Perbatakusuma, E. A., D. Wurjanto, P. Supriadi, B. Ismoyo, Wiratno, L. Sihombing, I. Wijayanto, E. S. Widodo, B. O. Manullang, S. Siregar, A. Damanik dan A. H. Lubis. 2005. Kolaborasi Pengelolaan Ekosistem Taman Nasional Batang Gadis. Naskah Akademik. Proyek Kerjasama Departemen Kehutanan, Pemerintah Kabupaten Mandailing Natal, dan Conservation International Indonesia. Jakarta.
- Pudjiharta, A. 2003. Kajian Tata Air Melalui Analisa Karakteristik Fisik Daerah Aliran Sungai di Lampung. Buletin Penelitian Hutan No. 635. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- RePProT (Regional Physical Planning Programme for Transmigration). 1988. Review of Phase I Results Sumatra. Ministry of Transmigration. Jakarta.
- Rock, N.M.S., D.T. Aldiss, J.A. Aspden, M.C.G. Clarke, A. Djunuddin, W. Kartawa, Miswar, S.J. Thompson, R. Whandoyo. 1983. The Geology of Lubuksikaping Quadrangle (0716), Sumatra. Geology Research and Development Centre. Bandung
- Schmidt, F.H. dan J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea. Verh. No. 42. Direktorat Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Seyhan, E. 1993. Dasar-Dasar Hidrologi. Edisi Indonesia. Cetakan Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soewarno. 1991. Hidrologi : Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Penerbit Nova. Bandung.
- Subardja, D., K. Djuanda, Y. Hadian, Samdan C.D., Y. Mulyadi, W. Supriatna dan Junus Dai. 1990. Buku Keterangan dan Peta Satuan Lahan dan Tanah Lembar Lubuksikaping (0716), Sumatera. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sumijarto dan E. Ekowati. 2000. Karakteristik DAS Limboto Sulawesi Utara. Buletin Teknologi Pengelolaan DAS No. 4. Balai Teknologi Pengelolaan DAS Ujung Pandang. Makassar.
- Suyono. 1996. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dalam Konteks Hidrologi dan Kaitannya dengan Pembangunan Berkelanjutan. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Tidak diterbitkan.