

**PENGUKURAN LAJU PENGENDAPAN DALAM
PENENTUAN TOLERANSI PENAMBANGAN PASIR DAN BATU (*sirtu*)
(Studi Kasus di DAS Lukulo Hulu Jawa Tengah)**

Saifudin dan Puguh Dwi Raharjo

puguh.draharjo@yahoo.co.id

Kandidat Peneliti Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangasambung

INTISARI

DAS adalah wilayah kesatuan ekosistem dibatasi oleh topografi dan berfungsi sebagai compiler, dealer air bersama dengan unsur sedimen di sistem sungai. Daerah Aliran Sungai Luk Ulo luas 676 km², Curah hujan di DAS hulu memiliki jangkauan dari 2.500 mm / tahun sampai 3250 mm / tahun, dan saham hilir DAS curah hujan kurang lebih 2.600 mm / tahun. Pada musim hujan debit dari Sungai Luk Ulo memuncak tajam dan ketika sangat kecil musim kemarau. Erosi, sedimentasi, banjir, ketersediaan air sangat berhubungan dengan faktor fisik dan sosial-budaya. Luk Ulo DAS terletak di Jawa Tengah di mana mengalami degradasi lingkungan, sedimentasi sungai Luk Ulo dimanfaatkan dan menghasilkan ketidakseimbangan DAS. Indikasi kerusakan DAS Likely ditonton dari tingkat ketinggian sedimentasi dan erosi. Tujuan penelitian ini untuk menentukan pertambangan pasir, sehingga keseimbangan ketersediaan pasir dan maksimal pertambangan pasir (*sirtu*) dapat mengamati. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei dan pengukuran sedimen, yaitu dengan asupan sampel air mempertimbangkan beban ditanggihkan dan juga pengukuran debit sungai setiap sub DAS. Parameter pengukuran sedimentasi adalah konsentrasi sedimen tersuspensi Cs (mg / l), debit Q (m³ / detik) dan keluarnya Qs sedimen tersuspensi (gr / detik). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei dan pengukuran sedimentasi, yaitu dengan asupan sampel air mempertimbangkan beban ditanggihkan dan juga pengukuran debit sungai setiap sub DAS. Parameter pengukuran sedimentasi adalah konsentrasi sedimen tersuspensi Cs (mg / l), debit Q (m³ / detik) dan keluarnya Qs sedimen tersuspensi (gr / detik). Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa beban sedimen harian di Luk Ulo hulu watershed di hujan Oktober-November sebesar 1.438,36 ton / hari, sedangkan beban sedimen dalam satu tahun sebesar 194,43 ton / Hektar / tahun.

Kata kunci: Daerah Aliran Sungai, Lukulo, Sungai, Sedimentasi, Discharge, Pertambangan, Sands

ABSTRACT

Watershed is unity region of ecosystem limited by topographic and functioning as compiler, dealer of the water along with sediment element in river system. Luk Ulo Watershed broadly 676 km², Rainfall in upper stream watershed have range from 2500 mm/year until 3250 mm/year, and shares of downstream watershed rainfall more or less

2600 mm/year. At rain season discharge of Luk Ulo River is mounting sharply and very small when dry season. Erosion, sedimentation, floods, dan water availability relevant with physical and socio-culture factor. Luk Ulo Watershed located in central java in which experiencing of environmental degradation, the sedimentation of Luk Ulo river is exploited and resulting imbalance of watershed. The Indication of Likely Watershed damage is watched from height level of sedimentation and erosion. This research target to determine mining of sands, so that balance of sands availability and maximal mining's of sands (sirtu) can be observe. Method which used in this research is survey and measurement of sediment, that is with intake of water sample considering load suspended and also measurement of river discharge every sub watershed. Parameter for sedimentation measurement is concentration of suspended sediment C_s (mg/l), discharge Q (m³/detik) and discharge of suspended sediment Q_s (gr/detik). Method which used in this research is survey and measurement of sedimentation, that is with intake of water sample considering load suspended and also measurement of river discharge every sub watershed. Parameter for sedimentation measurement is concentration of suspended sediment C_s (mg/l), discharge Q (m³/detik) and discharge of suspended sediment Q_s (gr/detik). From the research result can know that daily sediment load in Luk Ulo upstream watershed at the rains October - November equal to 1.438,36 ton/day, while sediment load in one year equal to 194,43 ton/Hectare/year.

Key Words: Watershed, Lukulo, River, Sedimentation, Discharge, Mining, Sands

PENDAHULUAN

Daerah aliran Sungai (DAS) merupakan satu kesatuan wilayah ekosistem parameter yang bekerja saling mempengaruhi. Erosi, pengendapan, banjir, dan ketersediaan air terkait dengan faktor fisik, sosial dan budaya masyarakat. Permasalahan DAS bagian hulu terkait dengan masalah sosial (tingkat pendidikan rendah, kemiskinan, pertumbuhan penduduk, ketersediaan lapangan kerja) yang berpotensi mengganggu kelestarian lingkungan DAS. DAS terdapat masukan berupa air hujan dan ini keluaran, aliran, infiltrasi, simpan air, erosi, longsor lahan, pelapukan, pengangkutan dan pengendapan sedimen, aliran energi serta dinamika penduduk. Keluaran bersifat alami berupa hasil air, hasil sedimen, unsur hara dan kimia yang terangkut oleh limpasan, sedangkan yang bersifat non alami berupa hasil pembangunan, yaitu : Pendapatan asli daerah, tingkat kesejahteraan masyarakat, serta produktivitas lahan. Keluaran DAS yang bersifat negatif seperti: banjir, kekeringan, pengendapan deposisi, degradasi lahan, pencemaran perairan, dan pencemaran udara.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Luk Ulo merupakan DAS terbesar di Jawa Tengah dengan luas 676 km², yang meliputi tiga kabupaten yaitu kabupaten Kebumen, kabupaten Banjarnegara dan kabupaten Wonosobo. Pemanfaatan sumberdaya lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan dan tata ruang wilayah, dapat menyebabkan terjadinya bahaya erosi dan longsor, berkurangnya simpanan air serta menimbulkan masalah banjir, kekeringan dan sedimentasi. Tingkat penam-

bangun pasir di DAS Luk Ulo sangat besar setiap tahun berkisar 125.100 m³, jika pengambilan sirtu melebihi kapasitas pengendapannya maka akan sangat berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan seperti erosi dan longsor disepanjang tepi sungai.

DAS Luk Ulo terletak pada koordinat antara 109° 30' 30" – 109° 52' 30" BT dan 07° 37' 30" – 07° 22' 30" LS, mempunyai anak-anak sungai antara lain Kali Kating, Kali Sentol, Kali Kedung Bener, Kali Gebang, Kali Cacaban, Kali Mondo, Kali Cangkring, Kali Loning dan Kali Maetan dengan luas 675,53245 km². Panjang sungai sekitar 68,5 km, pola aliran dominan denritik di bagian hulu hingga tengah, sedangkan dari tengah ke hilir pola aliran yang berbentuk paralel hingga sub paralel. Kemiringan alur sungai utama bagian hulu sebesar 18 m/km dan bagian hilir sebesar 1 m/km. Fisiografi bagian hulu berupa perbukitan, pegunungan dan lembah antar pegunungan.

Pada saat ini kondisi lingkungan hulu DAS Luk Ulo telah mengalami degradasi yang berat atau tinggi. Tingkat degradasi tersebut ditandai oleh besarnya fluktuasi debit sungai antara musim hujan dan kemarau, terjadinya perubahan tata guna lahan, menipisnya tanah permukaan, terbentuknya selokan atau parit alami, perubahan vegetasi, kekeruhan dan pengendapan di sungai, aktifnya gerakan tanah serta kurang tersedianya sumber daya air pada musim kemarau. Sedimen pada sungai Luk Ulo telah di tambang secara tak terkendali yang berakibat pada kerusakan lingkungan antara lain erosi dan gerakan tanah pada tebing sungai, serta terbentuknya lubang-lubang bekas penambangan yang membahayakan.

Tingkat kerusakan DAS Luk Ulo juga dapat dilihat dari tingkat pengendapan pasir dan batu yang mengindikasikan tingginya tingkat erosi pada bagian hulu DAS. Erosi adalah proses terkikisnya dan terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah oleh media alami yang berupa air (air hujan). Tanah dan bagian-bagian tanah yang terangkut dari suatu tempat yang tererosi disebut sedimen. Sedangkan pengendapan adalah proses terangkutnya/terbawanya sedimen oleh suatu limpasan-/aliran air yang diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya melambat atau terhenti seperti pada saluran sungai, waduk, danau maupun kawasan tepi teluk/laut (Arsyad, 1989). Erosi dapat mempengaruhi produktivitas lahan yang biasanya mendominasi DAS bagian hulu dan dapat memberikan dampak negatif pada DAS bagian hilir (sekitar muara sungai) yang berupa hasil sedimen.

Pengendapan sedimen pada dasar sungai banyak dimanfaatkan untuk penambangan sirtu, setidaknya terdapat 72 titik penambangan sirtu yang melibatkan sekitar 400 tenaga kerja, penambangan pasir tersebut mencapai volume penambangan sampai 125.100 m³/th. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya laju pengendapan sehingga dapat ditentukan ambang batas atau toleransi penambangan sirtu yang ramah lingkungan. Sedangkan sasaran dari penelitian adalah sebagai bahan masukan dan acuan bagi instansi terkait, dalam menentukan kebi-

jakan yang menyangkut rencana pengelolaan dan pelestarian kawasan pada DAS Luk Ulo hulu secara terpadu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada DAS Luk Ulo hulu yang meliputi sub DAS Loning, sub DAS Maetan, sub DAS Medono, sub DAS Lokidang, sub DAS Cacaban, sub DAS Gebang dan sub DAS Welaran. Waktu kajian dilakukan antara bulan Agustus – Oktober 2008. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey dengan melakukan pengukuran laju pengendapan yaitu dengan pengambilan sampel air yang mengandung *suspended load* serta pengukuran debit sungai pada saat terjadi hujan sampai terjadi kesetabilan debit sungai di setiap Sub DAS.

Analisa laboratorium dilakukan untuk mengetahui jenis dan besarnya pengendapan, sampel yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari 6 lokasi di muara anak-anak sungai Luk Ulo bagian hulu dan 1 lokasi di sungai induk Luk Ulo di bendung Kaligending, per lokasi berkisar antara 10 – 15 sampel air tergantung dari penurunan tinggi muka air antara 3 – 5 cm.

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain berupa meteran 50 meter, digunakan untuk mengukur lebar penampang basah sungai, *stop-watch*, digunakan untuk mengukur waktu aliran atau arus air sungai, *suspended sediment sampler*, botol *sampling*; kertas filter, digunakan untuk menyaring sampel sedimen melayang, oven pengering, digunakan untuk mengeringkan sampel sedimen melayang, GPS (*Global Positioning System*), digunakan dalam menentukan posisi data dan sampel diambil, Peta RBI Digital Skala 1:25.000 (Bakosurtanal) lembar Karangsembung, Kalkulator, digunakan untuk menghitung data hasil pengukuran, seperangkat alat komputer dan printer.

Parameter – parameter yang diukur untuk keperluan dalam analisis ini, yaitu konsentrasi sedimen melayang/*concentration of suspended sediment* Cs (mg/l), debit limpasan air sungai/*discharge* Q (m³/detik) dan debit sedimen melayang/*discharge of suspended sediment* Qs (gr/detik). Beberapa tahapan untuk menentukan nilai – nilai Q, Cs, dan Qs menggunakan rumus sebagai berikut:

Analisis Beban Endapan Layang (BEL) dilakukan dengan cara penentuan konsentrasi yang dihitung dengan memakai persamaan sebagai berikut (Chow, 1964)

$$C_s = \frac{G_2 - G_1}{V} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Cs = konsentrasi sedimen (mg/liter)

G1 = berat kertas filter (mg)

G2 = berat sedimen dan kertas filter
dalam kondisi kering (mg)

V = volume contoh sedimen (liter)

Debit Limpasan Air Sungai (DLAS) diperoleh dengan cara pengukuran luas penampang basah limpasan air sungai dan kecepatan limpasan air sungai pada masing-masing seksi tempat pengukuran dan pengambilan contoh yang telah ditentukan, yang perhitungannya menggunakan persamaan umum DLAS (Chow, 1959) yaitu :

$$Q = V A \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Q = debit limpasan air sungai (m³/detik)

A = luas penampang basah

V = kecepatan limpasan air sungai (m³/detik)

limpasan air sungai (m²)

Prediksi laju pengendapan dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan debit sedimen Qs (gram/detik), adapun persamaan umum hubungan keamatan antara Q dan Qs (Gregory and Walling, 1976) yaitu:

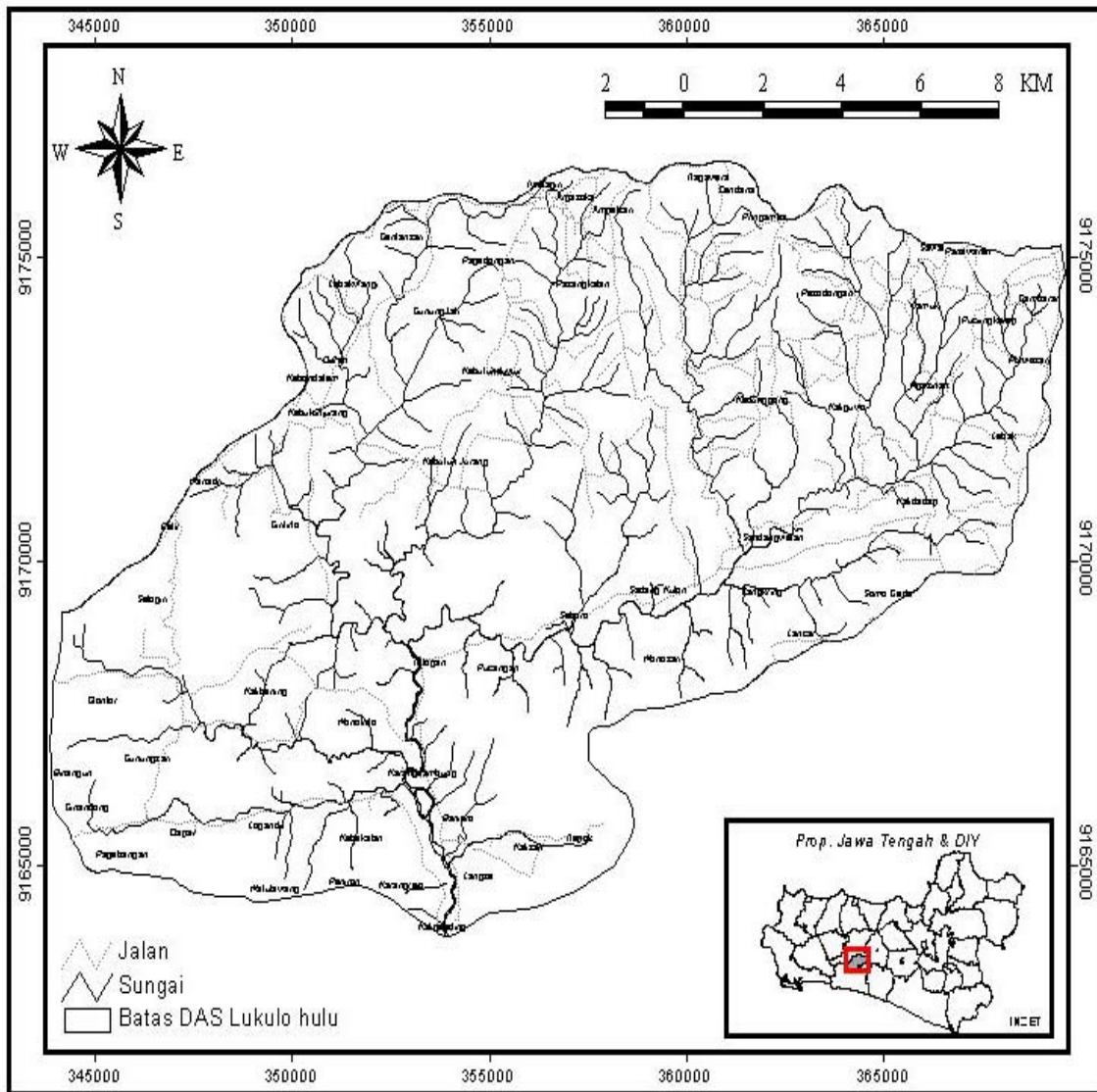
$$Q_s = Q C_s \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

Qs = debit sedimen air sungai (gr/detik)

Cs = konsentrasi sedimen (mg/liter)

Q = debit limpasan air sungai (m³/detik)



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

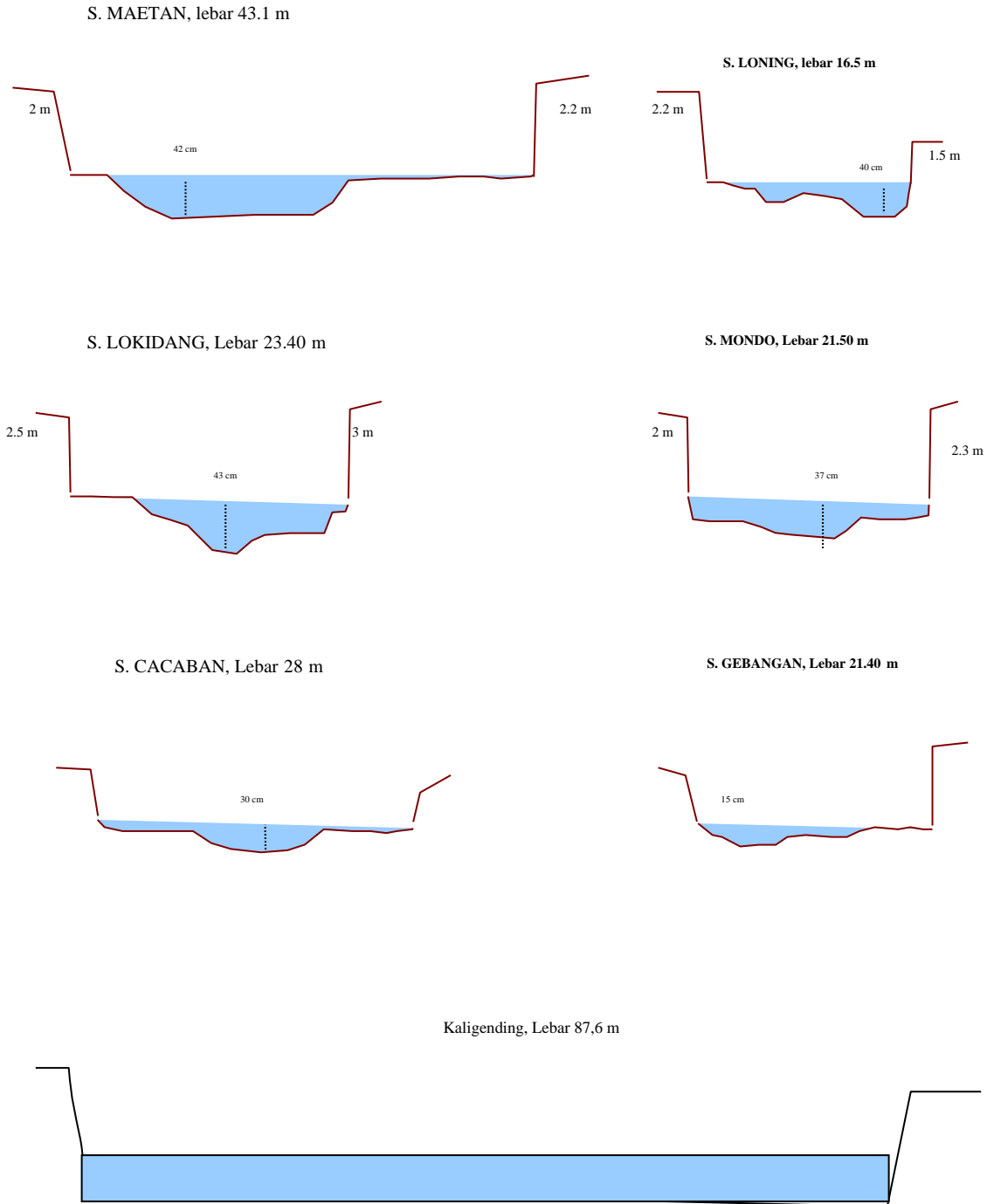
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sungai Luk Ulo mempunyai debit yang berfluktuasi sangat besar. Meskipun pada musim kemarau aliran Sungai Luk Ulo tidak kering sama sekali, tetapi debitnya sangat kecil. Pada musim penghujan debitnya meningkat tajam dan sering menimbulkan bencana banjir pada wilayah kota Kebumen dan daerah di sebelah selatannya. Penyebab terjadinya banjir adalah curah hujan yang berlebih dibandingkan dengan kapasitas infiltrasi tanah yang ada di daerah tangkapan hujan sehingga sebagian besar air hujan berubah menjadi aliran permukaan. Aliran permukaan ter-

sebut terkumpul ke dalam saluran sungai yang mempunyai kapasitas penyaluran yang tertentu. Apabila aliran air yang ada di dalam saluran melebihi dari kapasitas penyaluran maka terjadilah banjir. Pengamatan atas morfologi sungai Luk Ulo di beberapa tempat mengalami pelebaran dan pada tempat yang lain terjadi penyempitan, hal ini menunjukkan bahwa sungai ini terpengaruh oleh proses struktural.

Material dasar yang terdapat di sepanjang saluran sungai Luk Ulo menggambarkan bahwa telah terjadi proses-proses agradasi (erosi dan gerakan massa tanah/batuan) yang intensif di daerah hulu. Pengendapan yang berlebih di sepanjang saluran sungai akan mengakibatkan berkurangnya kapasitas saluran sungai. Proses agradasi yang mempunyai laju lebih besar daripada laju pembentukan tanah akan mengakibatkan timbulnya lahan-lahan di daerah hulu yang mempunyai ketebalan tanah tipis dengan sifat-sifat yang kurang dapat mendukung untuk kegiatan produksi. Dari sudut hidrologis keberadaan lapisan tanah yang tipis dalam jumlah yang besar akan menyebabkan problem banjir yang serius di daerah hilir karena sebagian besar hujan akan langsung menjadi aliran permukaan.

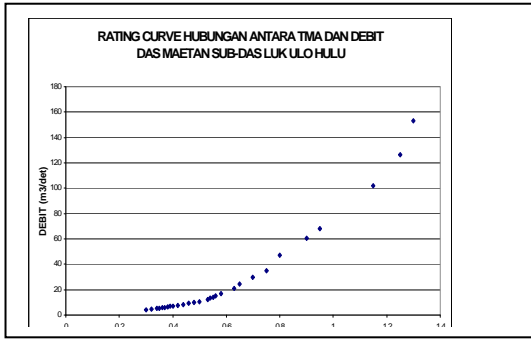
Daerah hulu Sungai Luk Ulo telah berkembang menjadi daerah permukiman pedesaan dengan hampir seluruh penduduknya menggantungkan pada sektor pertanian. Seiring dengan perkembangan jumlah penduduknya maka lahan pertanian yang tersedia menjadi semakin terbatas. Kerusakan lahan sebagai konsekuensi pemanfaatan lahan-lahan marginal hampir tidak dapat dihindari. Hilangnya lapisan tanah atas karena erosi akan menyebabkan produktivitas tanah semakin menurun, selain itu dengan banyaknya tanah tergerus erosi akan meningkatkan muatan sedimen pada aliran sungai dan selanjutnya muatan sedimen ini akan diendapkan pada bendung sungai, sehingga akan lebih cepat mengalami pendangkalan. Gambar 2. merupakan panampang melintang perimeter basah Sub DAS Luk Ulo hulu.



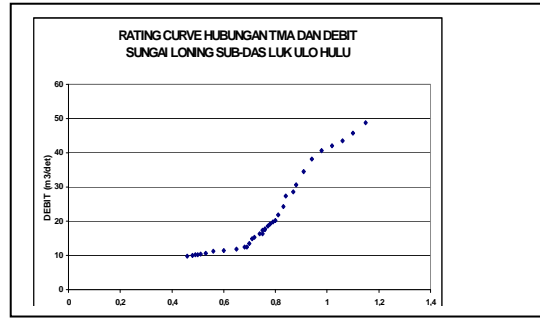
Gambar 2. Panampang melintang perimeter basah Sub DAS Luk Ulo Hulu

Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk membuat lengkung kalibrasi (rating curve) dan menemukan persamaannya. Perkiraan muatan sedimen dapat dicari melalui persamaan lengkung kalibrasi. Gambar 3. merupakan grafik rating curve hubungan antara TMA dan debit di DAS Luk Ulo hulu

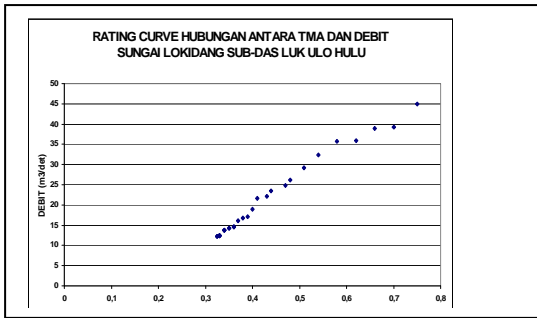
$$Q = 103,5756 (h - 2.2497332)^2$$



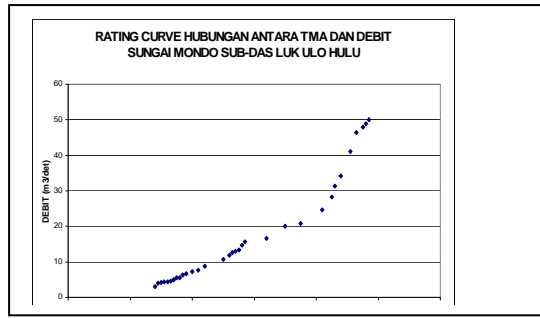
$$Q = 37,47199 (h - 0,035989)$$



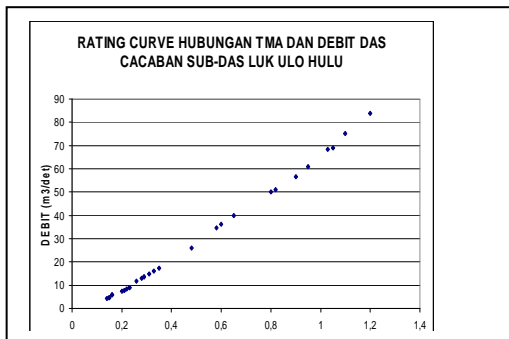
$$Q = 76,66139 (h - 0,4758)^2$$



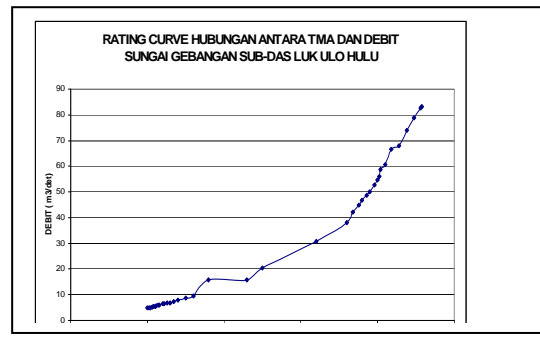
$$Q = 47,88004 (h - 0,010642)^2$$



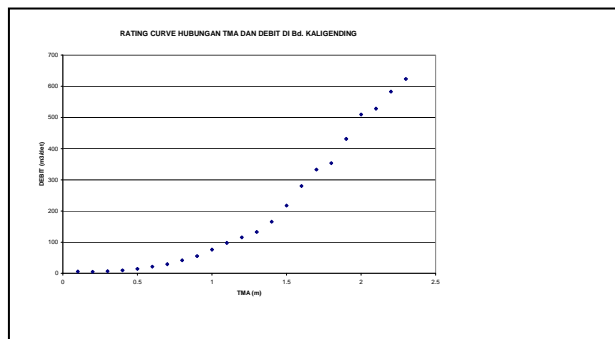
$$Q = 19,54899 (h - 2.2497332)^2$$



$$Q = 14,44386 (h - 0,023597)^2$$



$$Q = 50,44459 (h - 5,273576)^2$$



Gambar 3. Grafik Rating Curve hubungan antara TMA dan debit di DAS Luk Ulo hulu

Berdasarkan hasil perhitungan debit aliran dan data tinggi muka air yang tercatat dalam pengukuran 5 menitan pada waktu banjir, di outlet sub DAS Luk Ulo hulu, maka dapat dibuat suatu hubungan antara debit aliran dengan tinggi muka air, yang disebut rating curve. Hasil perhitungan tinggi muka air dan debit dari sub DAS Luk Ulo hulu yang terdiri dari 6 anak sungai yaitu, sungai Maetan, sungai Loning, sungai Lokidang, sungai Mondo, sungai Cacaban dan sungai Gebang telah diterapkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar di atas. Adapun persamaan debit aliran dapat dilihat pada persamaan masing-masing sungai di atas.

Dari hasil plotting dan perhitungan debit yang dituangkan dalam bentuk grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa umumnya hubungan antara tinggi muka air dan debit di sub DAS Luk Ulo hulu membentuk garis eksponensial, hal ini berarti bahwa semakin tinggi muka air sungai semakin besar debit yang dihasilkan secara eksponensial. Sebagai contoh di sungai Maetan TMA (0,6 m) debit 20 m³/det, sedangkan pada TMA (1,2 m) sekitar 110 m³/det, karena dengan naiknya tinggi muka air luas perimeter basah akan bertambah luas dan debit bertambah cepat. Berdasarkan dari analisis debit (Q) dan perhitungan konsentrasi sedimen (Cs) dari sample sedimen maka dapat dihitung juga debit sedimen (Qs) dari masing-masing sungai. Tabel 1. merupakan tabel perkiraan debit sungai dan kadar muatan suspensi sungai Luk Ulo hulu.

Tabel 1. merupakan perkiraan debit sungai dan kadar muatan suspensi sungai Luk Ulo hulu.

Sub-DAS	Luas DAS (Ha)	Q (m ³ /dt)	Cr (gr/l)	Qs (l/dt)	Qs (ton/hr)	Qs (ton/Ha/th)
Maetan	5.414,3	30,53	128,80	4192,51	289,7863	19,26806
Loning	3.045,6	37,14	121,74	51301,31	389,1191	45,99516
Lokidang	3.275,9	35,31	116,56	55792,91	291,6628	32,05184
Mondo	4.236,8	27,14	98,79	2583,91	223,2393	18,9686
Cacaban	2.650,6	53,42	104,91	5595,31	483,3614	65,64933
Gebangan	2.365,6	69,59	105,27	7359,19	635,7263	96,74564
Kaligending	26.632,3	118,96	1478,9	1.478,96	1.438,36	194,4297

Sumber : Perhitungan dan survey lapangan 2008

Pada tabel 1. di atas disajikan perkiraan debit sungai dan kadar muatan suspensi yang dilakukan dari bulan September hingga akhir Oktober 2008. Berdasarkan dari hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa muatan sedimen terbesar terdapat pada Sungai Gebangan, sungai Cacaban dan sungai Loning yaitu sebesar 96,43 ton/Ha/th, 65,65 ton/Ha/th dan 45,96 ton/Ha/th. Hal ini sesuai dengan perkiraan perhitungan hasil erosi di daerah tersebut merupakan daerah yang mempunyai erosi yang termasuk kelas berat. Sedangkan laju pengendapan terkecil di sungai Mondo dan sungai Maetan hal ini dapat diperkirakan karena di daerah tersebut hulu sungainya masih mempunyai hutan yang cukup baik sehingga masih dapat untuk menyimpan air tanah dengan cukup baik. Jumlah total muatan sedimen

di setiap sub DAS (Maetan, Loning, Lokidang, Mondo, Cacaban dan Gebangan) adalah 278,68 ton/ha/th, tetapi muatan sedimen yang di ukur pada outlet sungai DAS Lukulo hulu yang terdapat di Bendung Kaligending hanya sekitar 194,43 ton/ha/th maka masih ada selisih sekitar 84,25 ton/ha/th, ini diperkirakan karena banyak yang mengendap di perjalanan air dari hulu ke Kaligending. Tabel 2. merupakan tabel lokasi pengambilan pasir pada DAS Lukulo Hulu.

Tabel 2. Lokasi pengambilan pasir pada DAS Lukulo Hulu

Portal	Jumlah Pengambilan Pasir (truk/hr) Musim Kemarau	Jumlah Pengambilan Pasir (truk/hr) Musim Penghujan	Teknik Penambangan
Lokidang	40	10	Manual
Karangmangu	30	5	Mesin
Pasanggrahan	125	75	Mesin dan Manual
Kaligending Timur	125	60	Mesin dan Manual
Kaligending Barat	65	25	Mesin dan Manual
Karanggayam	15	0	Mesin dan Manual
Jumlah	400	175	

Sumber : Survey Lapangan

Berdasarkan dari pemantauan pengambilan pasir dengan truk, yang diperkirakan 1 truk bermuatan pasir 4 ton, di daerah sekitar Kaligending truk yang mengambil pasir dari Kaligending per hari pada waktu bulan kemarau sekitar 200 truk, daerah Pasanggrahan 125 truk per hari, daerah Karangmangu (Sungai Mondo) sekitar 35 truk per hari, Portal Lokidang sekitar 40 truk per hari, sehingga jumlah secara keseluruhan 400 truk per hari. Sehingga jumlah keseluruhan pasir yang diambil oleh truk adalah 1600 ton per hari. Muatan sedimen 1.438,36 ton per hari, maka terdapat defisit produksi pasir sebesar 161,64 ton per hari.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa muatan pengendapan harian di DAS Luk Ulo hulu di Bendung Kaligending pada musim hujan yaitu Oktober – November sebesar 1.438,36 ton per hari, sedangkan muatan pengendapan per Ha dalam setahun sebesar 194,43 ton/Ha/th. Besarnya sedimen di Kaligending diperkirakan oleh banyaknya erosi di sub DAS Gebangan dan Cacaban yang relatif sangat dekat dengan Bendung Kaligending sekitar 3 km. Pengambilan pasir di DAS Lukulo hulu sekitar 1.600 m³/hr, sedangkan pengendapan per hari sekitar 1.438 ton per hari (438 m³/hr), sehingga terjadi defisit pasir pada Sungai Lukulo sekitar 162 ton per hari. Guna terciptanya kesetimbangan dalam DAS maka toleransi dalam penentuan penambangan pasir dan batu (sirtu) di DAS Lukulo harus tidak melebihi dari hasil laju pengendapan, yakni dibawah 1.438,36 ton per hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad Sitanala, 1989. *Konservasi tanah dan Air*, Bogor : IPB Pres.
- Coocke, R.V and Doornkamp, P.JC, 1974. *Geomorphology in Environment Management An Introduction*, Vol. VIII, Clarendon Press, London.
- Chow, V, T, 1964. *Handbook of Applied Hidrology*, A Compendium of Water Resources Technology. McGraw – Hill Book Company, New York.
- Darmakusuma, Hadi, Muchamad Pramono, 1990. Debit Muatan Sedimen Sungai, Kursus Air Permukaan, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Gregory, K.J. and D.E. Walling, 1976. *Drainage Basin Form and Process*, Fletcher and Son Ltd., Norwich Hammer, W.I., 1981. Second Soil Conservation Consultant Report.
- Hardwinarto, S., 2000. *Dampak Gangguan Penutupan Lahan terhadap Sedimentasi pada Waduk di DAS Wain, Balikpapan*. Jurnal Frontir UNMUL, Samarinda, No 30.,hal. 53-64 .
- Hopley, D., 1999. *Geological & Geomorphological Input into Tropical Coastal Management with special reference to Balikpapan Bay*, East Kalimantan. Technical Report of Proyek Pesisir, Kalimantan Timur.
- Morgan R.C.P, 1979. *Soil Erosion*, London : Longman.
- Priyatna, 2001. *Indek Erodibilitas dan Potensi Erosi Pada Areal Kebun Kopi Rakyat dengan Umur dan Lereng Yang Berbeda*, Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian. Volume. 3. Nomor 2. Hal 84 – 88.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson, 1951. *Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea*. Kementerian Perhubungan, Djawatan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.26.
- Tukidal Yuniyanto, Suprpto D, Widiyanto, 1980. *Usaha Pengendalian Banjir dan Sedimen Transport Sungai Gebang*, Butuh Purworejo, Laporan Penelitian, Yogyakarta, Lembaga Penelitian UGM.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith, 1978. *Predicting Rainfall – Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. USDA Agriculture Handbook No. 537, 58 pages.