

**ANALISIS KARAKTERISTIK SEDIMENTASI DI WADUK PLTA
BAKARU DALAM UPAYA MENANGGULANGI KRISIS ENERGI
LISTRIK DI PROVINSI SULAWESI SELATAN
DAN SULAWESI BARAT**

Abdul Wahid*, Sampe Paembonan, Daud Malamassam**,
Baharuddin Mappangaja****

* Dosen Fakultas Teknik Universitas Tadulako

** Dosen Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

ABSTRACT

The aim of the study was to discover characteristics of sedimentation at the hydroelectric power plant in Bakaru. The study was conducted at the hydroelectric power plant in Bakaru and Mamasa watershed about 230 km from Makassar, South Sulawesi Province and about 200 km from Mamuju, West Sulawesi Province. The study was a survey. The collection of sediment samples at the dam was done purposively by determining five core boring point in the middle of the dam every 500 m beginning from the dam toward the upstream as long as 2.500 m representing the research location. The data analyzed by using descriptive statistics by means of cross tabulation. The sediment samples collected from both locations were tested by Unified Soil Classification System employing grain measurement analysis and Atterberg borders at the Soil Mechanics Laboratory of Civil Engineering Departement, Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The result of the study indicate that characteristic of sedimentation at the PLTA dam in Bakaru is a bed load from the Bakaru dam to upstream as long as 2.500 m is dominated by sand 86,53%; ash 8,58 % dan clay 4,89 %.

Key words: sedimentation, hydroelectric power plant

PENDAHULUAN

Kondisi sedimentasi atau pengendapan yang terjadi di waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Bakaru saat ini sudah sangat memprihatinkan dan berdampak terhadap pengoperasian waduk tersebut tidak optimal lagi. Pada kondisi tertentu, kekeruhan dan kekerasan sedimen yang terbawa bersama aliran air juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen turbin maupun komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air lainnya, dan sudah pasti berdampak pula terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru yang tadinya direncanakan 2 x 63 MW menjadi 1 x 27 MW demikian pula dengan

wilayah pendistribusian yang tadinya dikhususkan hanya ke satu Provinsi yaitu Sulawesi Selatan dan sekarang menjadi dua provinsi yaitu Provinsi Sulawesi Selatan dan Provinsi Sulawesi Barat.

Kondisi yang memprihatinkan itu didasarkan atas penelitian yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) Wilayah Sulsel dan Sultra Sektor Bakaru Periode Juni 2005, menunjukkan bahwa volume air di waduk cenderung menurun dari kapasitas tampung 6.919.900 m³ pada tahun 1990 menjadi 588.500 m³ pada tahun 2005, sedangkan volume sedimentasi menunjukkan peningkatan yang signifikan yaitu 0 m³ pada tahun 1990 menjadi 6.331.400 m³ pada tahun 2005.

Berdasarkan hasil studi dari tim yang diorganisasikan oleh *Japan International Cooperation Agency (JICA)* pada tahun 1982 dalam Kajian Sedimentasi yang berjudul Analisis Sumber Sedimentasi dan Upaya Penanggulangan Pendangkalan DAM Bakaru Propinsi Sulawesi Selatan yang merupakan kerjasama antara Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (Bapedalda) Propinsi Sulawesi Selatan dengan Devisi Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, bersama Lembaga Pengabdian pada Masyarakat (LPM) Universitas Hasanuddin Tahun 2002, menunjukkan bahwa total *sediment load* tahunan rata-rata di Daerah Aliran Sungai Mamasa dengan luas 108.000 Ha, diperkirakan sebesar $133 \times 10.000 \text{ m}^3$ atau $126 \text{ m}^3/\text{km}^2$ yang setara dengan kehilangan lapisan tanah sebesar 0,13 mm/tahun. Menurut hasil studi Analisis Dampak Lingkungan terhadap Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru pada tahun 1998, menyatakan bahwa sedimentasi yang terjadi di Waduk PLTA Bakaru diperkirakan sebesar 480.000 ton/tahun.

Akibat besarnya sedimentasi yang terjadi pada Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru, maka ditetapkanlah bahwa hal tersebut merupakan masalah utama yang perlu dan harus mendapat perhatian oleh seluruh pihak yang terlibat dalam pengelolaan Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru dan seluruh pihak yang mendapatkan manfaat dari pembangkit listrik tenaga air tersebut. Selanjutnya juga dinyatakan bahwa jika pengembangan pembangkit listrik tenaga air bakaru telah selesai, maka diperkirakan akan menimbulkan efek hilir sehubungan dengan naiknya

muka air sekitar 1,5 meter dan adanya pelepasan air mendadak dari $0 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $90 \text{ m}^3/\text{detik}$ terhadap pengguna air disebelah hilir *power house*. Selain masalah sedimentasi dan efek hilir tersebut di atas, beberapa permasalahan sosial juga muncul. Menurut laporan masyarakat dari Dusun Bone, Desa Ulu Saddang, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang, akibat proses sedimentasi yang terus meningkat di Reservoir Garugu maka pada beberapa tahun terakhir ini permukiman mereka termasuk kebun, sawah dan jalan yang menghubungkan antar kecamatan tergenang air. Akibatnya banyak jalan rusak dan tanaman perkebunan yang dikelola oleh masyarakat seperti kemiri, kakao, kopi dan buah-buahan tidak lagi berproduksi dan bahkan terancam mati. Selain itu sawah-sawah yang tergenang air juga menyebabkan gagal panen. Kondisi seperti ini sangat meresahkan masyarakat khususnya di Dusun Bone, Dusun Silei, dan Dusun Salumada, Desa Ulu Saddang.

Akibat volume sedimentasi yang mengendap begitu cepat, rata-rata $4.230.224 \text{ m}^3/\text{tahun}$ maka daya tampung waduk pada saat ini menjadi super kritis, oleh karena itu PT. PLN (Persero) Wilayah Sulsel, Sultra, dan Sulbar Sektor Bakaru melakukan salah satu upaya melalui Presentasi Dampak Sedimentasi Terhadap Performance Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru yang dilaksanakan pada Tanggal 1 September 2005 di Hotel Sahid Makassar, menyatakan bahwa laju sedimen menurut desain New-Jec adalah $133.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$ sehingga kapasitas waduk sebesar $6.919.900 \text{ m}^3$ akan penuh sesuai umur rencana 50 tahun tapi kenyataan baru

15 tahun kapasitas waduk sisa 588.500 m³ berarti sudah terisi sebesar 6.331.400 m³. Selanjutnya disampaikan bahwa terjadi dampak sedimentasi terhadap peralatan turbin dan cooling system dimana interval pemeliharaan peralatan menurut Buku Manual 8 sampai 10 tahun ternyata rata-rata dilaksanakan 4 tahun, bahkan terjadi klaim dari masyarakat lingkungan PLTA Bakaru karena ladang dan kebun sepanjang bantaran sungai tergenang air akibat pendangkalan dasar sungai pada saat banjir tiba dan beban maksimum saat kemarau hanya mampu selama 2 jam selebihnya yang beroperasi hanya 1 unit dengan beban rata-rata 27 MW.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi pendangkalan di Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru salah satu cara yaitu dengan penggelontoran yang dimulai tanggal 4 Februari 2000 dengan nilai volume sedimen terbuang 893.500 m³, 5 April 2001 dengan nilai volume sedimen terbuang 258.840 m³, 5 September 2001 dengan nilai volume sedimen terbuang 187.722 m³, 2 Mei 2005 dengan nilai volume sedimen terbuang 543.429 m³, 7 Maret 2005 dengan nilai volume sedimen terbuang 162.000 m³, dan terakhir tanggal 25 Januari 2006 dengan nilai volume sedimen terbuang 540.000 m³, namun upaya-upaya yang telah

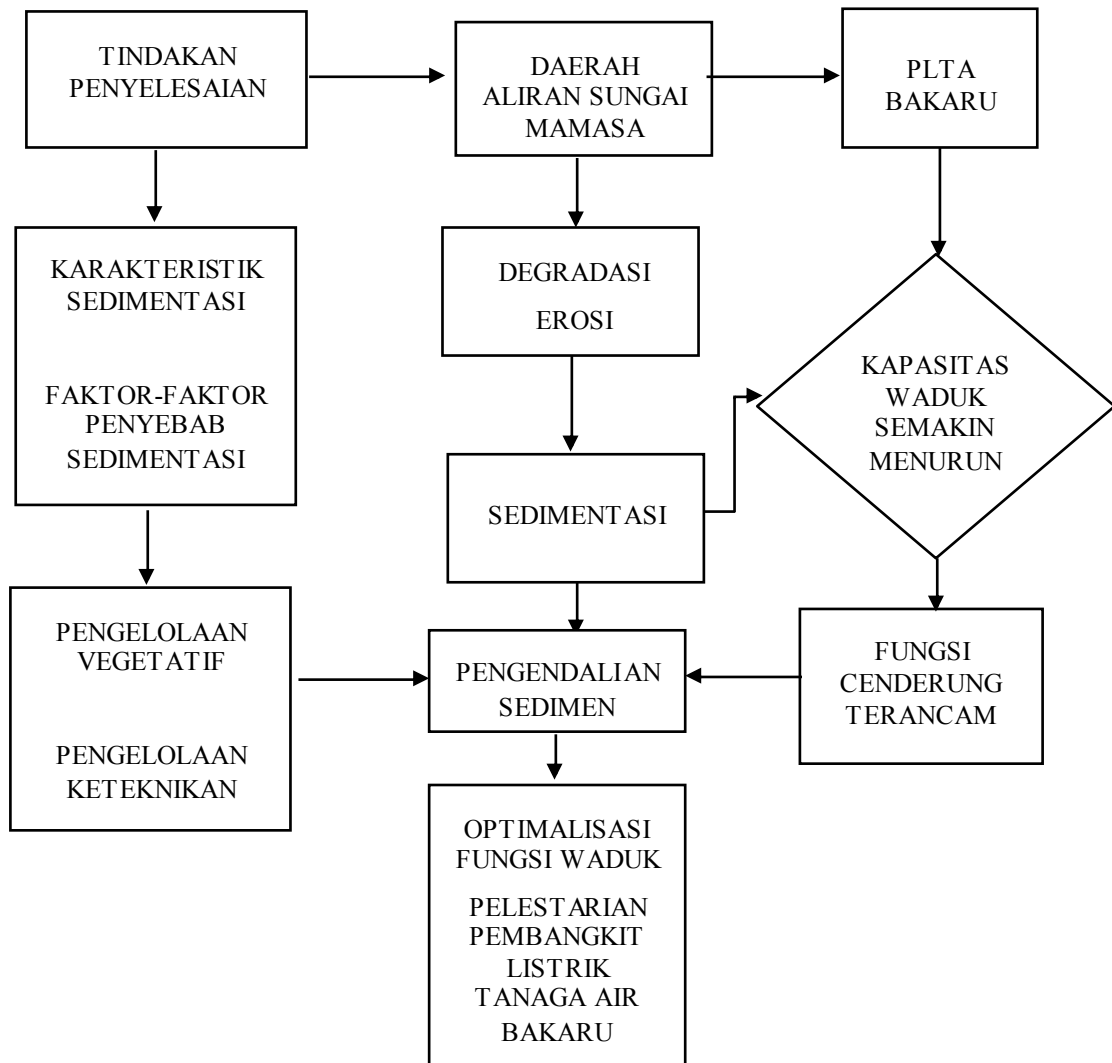
dilakukan tersebut di atas nampaknya belum memberikan hasil yang diharapkan, karena volume sedimentasi di dalam waduk tersebut masih tetap artinya belum menunjukkan adanya perubahan volume akibat adanya pekerjaan pengerukan tersebut

Tujuan Penelitian

Melihat latar belakang di atas, dimana tingkat sedimentasi di Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru meningkat secara nyata dari waktu ke waktu dan saat ini telah mencapai tingkat yang sangat mengkhawatirkan. Untuk mencegah terjadinya peningkatan sedimentasi dan untuk menjamin optimalisasi fungsi Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru, maka perlu dilakukan upaya-upaya sistematis dan terencana yang didasarkan penelitian tentang karakteristik Daerah Aliran Sungai dan karakteristik Sedimentasi pada kawasan penyangga Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sedimentasi di waduk pembangkit listrik tenaga air bakaru dalam upaya menanggulangi krisis energi listrik di Provinsi Sulawesi Selatan dan Provinsi Sulawesi Barat.

Kerangka Pemikiran



METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

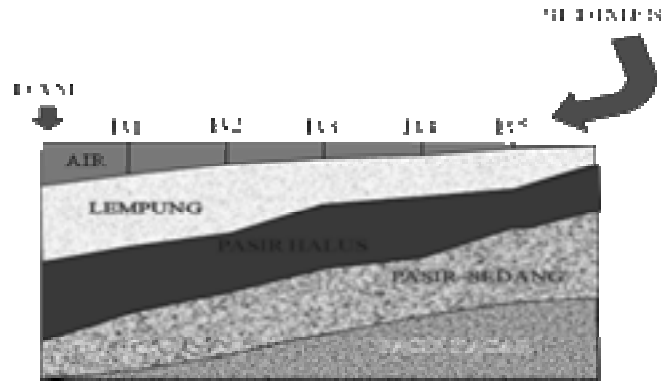
Lokasi penelitian ini adalah di Waduk Pembangunan Listrik Tenaga Air Bakaru 250 km dari Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan atau 200 km dari Kota Mamuju Propvinsi Sulawesi Barat.

Pengumpulan Data

Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara survei

lapangan dengan mengambil contoh material sedimen yang di dalam waduk dengan alat core boring. Pengambilan sampel tersebut dilakukan secara *purporsive sampling* yaitu menentukan lima titik core boring (B1, B2, B3, B4 dan B5) ditengah penampang melintang waduk setiap 500 m yang dimulai dari bendungan ke arah hulu sepanjang 2.500 m dan telah mewakili lokasi penelitian seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Cara Pengambilan Sampel di Waduk dengan Alat Core Boring

Data Sekunder

Data sekunder yang dikumpulkan, meliputi:

- Administrasi Pemerintahan
- Kependudukan
- Curah Hujan
- Hidrologi
- Ekonomi Penduduk
- Data-data lain yang relevan

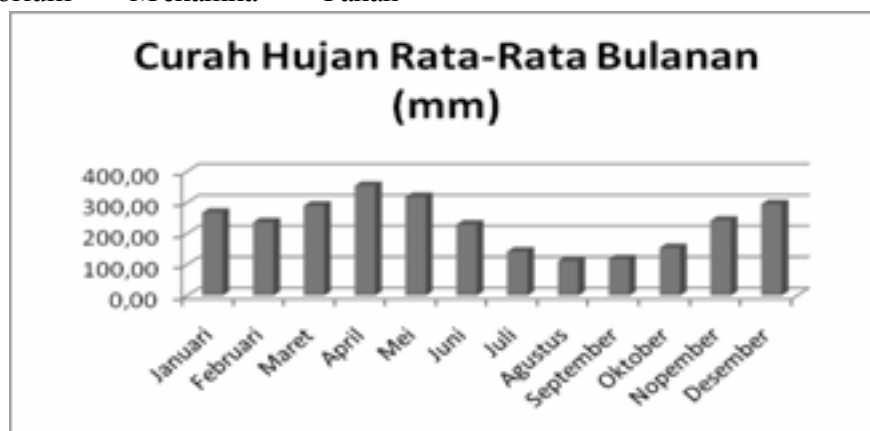
Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara statistik deskriptif melalui tabulasi silang dan kemudian digambarkan secara grafik karakteristik sedimentasi di waduk berdasarkan hasil Pengujian *Unified Soil Classification System* di laboratorium Mekanika Tanah

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan menggunakan metode Analisis Ukuran Butir Dan Batas-Batas Atterberg.

HASIL DAN PEMBAHASAN Kondisi Curah Hujan

Curah hujan merupakan sumber air satu-satunya kedalam satu sistem hidrologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas curah hujan di Daerah Aliran Sungai Mamasa cukup tinggi. Hasil analisis data curah hujan 10 tahun terakhir di Daerah Aliran Sungai Mamasa menunjukkan bahwa bulan basah berlangsung selama 10 bulan dan bulan lembab selama 2 bulan.



Gambar 2. Histogram Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Beberapa Stasiun Penakar di DAS Mamasa Tahun 2006

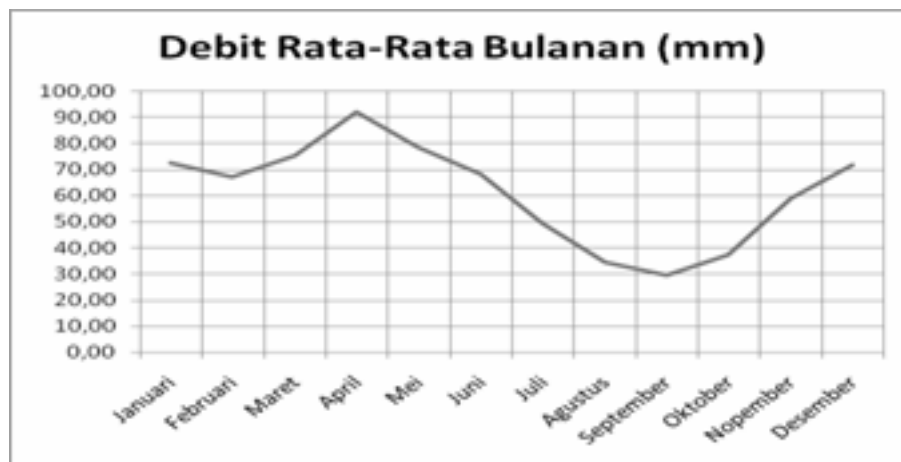
Pada Gambar 1 tersebut di atas menunjukkan bahwa curah hujan dengan intensitas tinggi terjadi pada bulan-bulan Oktober, November, Desember, Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni dan Juli sedang bulan lembab terjadi pada bulan Agustus dan September. Di daerah ini tidak ditemui bulan kering. Intensitas curah hujan yang tinggi dan terjadi hampir sepanjang tahun ini selain bermanfaat dalam mendukung usaha tani di daerah ini juga dapat berpotensi untuk menimbulkan masalah banjir apabila tidak dikelola dengan baik.

Dalam pemanfaatan curah hujan ini perlu diperhatikan kondisi penutupan vegetasi, jenis tanah, lereng lapangan dan sistem pemilihan/pengolahan tanah, kemampuan teknologi dan ekonomi pertanian.

Kondisi Debit Air Sungai

Salah satu indikator kinerja suatu Daerah Aliran Sungai adalah karakteristik hidrologi. Karakteristik hidrologi ini sangat ditentukan oleh morfologi wilayah Daerah Aliran Sungai, tipe iklim, topografi dan kelerengan serta sifat tanah dan jenis penggunaan lahan yang kesemuanya menentukan kuantitas dan kualitas debit aliran sungai.

Debit air yang terukur pada aliran Sungai Mamasa yang ada di bendungan Garugu merupakan resultante dari semua debit air dari semua anak-anak Sungai Mamasa, demikian pula menyangkut kualitas airnya. Di wilayah Daerah Aliran Sungai Mamasa, terdapat 85 anak sungai yang bermuara di Sungai Mamasa yang terdiri dari 19 sungai besar dan 66 sungai kecil. Debit air rata-rata bulanan di Daerah Aliran Sungai Mamasa yang di ukur di bendungan Garugu dari tahun 1997 s/d 2006 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Debit Rata-Rata Bulanan Sungai Mamasa ke Waduk Bakaru Tahun 1997 s/d 2006

Fluktuasi debit air pada musim hujan dan musim kemarau dari tahun ke tahun semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi

hidrologi Daerah Aliran Sungai Mamasa terdapat gangguan yang disebabkan adanya perubahan pada penutupan vegetasi atau gangguan

karena penggunaan lahan yang keliru. Pengamatan debit air untuk mengetahui fluktuasi debit dalam laporan ini didasarkan pada hasil pengukuran pihak Pembangkit Listrik Tanaga Air Bakar baru karena waktu yang terbatas sehingga peneliti tidak dapat melakukan pengukuran.

Kondisi Erosi dan Sedimentasi

a. Erosi

Kualitas air sungai dapat dilihat dan diamati dari tingkat kekeruhan air. Material tanah yang tersuspensi dalam air sungai adalah bahan sedimentasi yang bersumber dari hasil erosi. Berdasarkan bentuk erosi, maka erosi dapat dibedakan yakni erosi percikan, erosi permukaan, erosi alur erosi parit dan erosi tebing sungai. Semua hasil erosi sampai ke sungai ke semuanya

menjadi material tersuspensi air sungai yang dialirkan bersama debit air sungai. Karena erosi tidak dapat diamati dalam waktu singkat maka erosi dinilai berdasarkan prediksi erosi dengan menggunakan data curah hujan, sifat tanah, kemiringan lereng, tingkat penutupan lahan serta tindakan konservasi tanah yang diterapkan.

Hasil analisis jumlah erosi pada beberapa sungai utama di Daerah Aliran Sungai Mamasa menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi di Daerah Aliran Sungai ini susah sangat memprihatinkan dengan tingkat bahaya erosi rata-rata berat sampai sangat berat. Perincian nilai erosi dan tingkat bahaya erosi beberapa sungai utama di Daerah Aliran Sungai Mamasa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Erosi dan Tingkat Bahaya Erosi di DAS Mamasa

Sungai Utama	Nilai Erosi (ton/ha/thn)	Tingkat Bahaya Erosi	Keterangan
Marego	135.404	Berat	Sungai-sungai kecil yang terdapat di Daerah Aliran Sungai Mamasa juga memiliki potensi erosi yang relatif sama.
Kewari	162.119	Berat	
Nunuan	210.045	Sangat Berat	
Kunali	95.035	Sedang	
San	411.596	Sangat Berat	
Silawa	180.501	Berat	
Balo	153.210	Berat	
Sapai	294.651	Sangat Berat	
Sumule	181.224	Berat	
Sibenawa	140.335	Berat	
Lombe	225.117	Sangat Berat	
Batuapang	395.899	Sangat Berat	
Miwah	123.778	Berat	
Malobo	184.467	Berat	
Kadikke	194.778	Berat	
Kampinisan	266.870	Sangat Berat	
Kadake	274.013	Sangat Berat	
Bue	485.350	Sangat Berat	
Tatean/Mamasa	395.273	Sangat Berat	
Jumlah	4.509.665	-	

Sumber: Hasil Analisis Data, Tahun 2006

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan ternyata erosi tebing sungai dan longoran tebing sungai justru memberikan kontribusi yang besar terhadap sedimen yang tersuspensi dalam air sungai Mamasa.

b. Sedimentasi

Material bahan sedimentasi yang tersuspensi di air Sungai Mamasa yang menyebabkan pendangkalan sangat cepat pada ruas sungai dekat bendungan Garugu adalah berasal dari Kabupaten Mamasa. Material/mineral penyusun tanah yang ada di Kabupaten Mamasa adalah batuan konglomerat yang banyak mengandung mika sama

dengan mineral yang terdapat di muara sungai dekat Dam tepatnya yang ada di dusun Bone, Silei. Partikel fraksi pasir yang diamati yakni pasir yang mengandung mika. Sedimentasi yang ada di dusun Bone Silei dan Salumada yang berasal dari Kabupaten Mamasa bersumber dari hasil erosi permukaan, erosi tebing sungai, longsor tebing sungai dan longsor tebing jalan. Sehingga hasil akumulasi sedimen, penyebab utamanya adalah erosi hasil longsor bukan dari erosi permukaan. Perincian analisis fraksi sedimen di Daerah Aliran Sungai Mamasa dari Hulu sampai bendungan Garugu disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Fraksi Sedimen (Bed Load Sedimen) di DAS Mamasa dari Hulu sampai DAM Garugu

No.	Kode	Tempat	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	Tekstur
1.	SB1	Salo Bue' (Mamasa)	95,45	1,64	2,91	Pasir
2.	SM	S. Mamasa (Mamasa)	90,62	4,16	5,22	Pasir
3.	SB	S. Tabone (Sumarorong)	95,56	1,60	2,84	Pasir
4.	M.L1	Malabok, S. Mamasa (Mambi)	87,23	9,07	3,70	Pasir
5.	M.S	Messawa (S. Mamasa)	97,57	0,88	1,55	Pasir
6.	MB2	Malabok (S. Mamasa)	95,14	1,76	3,10	Pasir
7.	SM1	Salumada (S. Mamasa) Kab. Pinrang	95,17	1,75	3,08	Pasir
8.	SM2	Salumada (Tanggul S. Mamasa)	56,07	33,64	10,29	Lempung berpasir
9.	SM3	Salumada (Tanggul sungai)	35,86	43,82	20,32	Lempung
10.	SM4	Salumada (S. Mamasa)	95,17	1,75	3,08	Pasir
11.	SI1	Silei (Tanggul sungai)	82,77	10,46	6,87	Pasir berlumpung
12.	SI2	Silei (Tanggul sungai)	80,87	12,73	6,40	Pasir berlumpung
13.	B1	Bone (Tanggul sungai)	90,46	4,17	5,37	Pasir
14.	B2	Bone (Tanggul sungai)	91,47	7,17	1,36	Pasir
15.	B3	Bone (Tanggul sungai)	93,67	4,89	1,44	Pasir
16.	B4	Bone (S. Mamasa)	92,17	4,71	3,12	Pasir
17.	Kabupaten Polewali Mandar	Kaloran (3 km dari DAM Garugu)	95,82	1,61	2,67	Pasir

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil karakteristik sedimentasi yang ada di Waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru merupakan material bedload sepanjang 2.500 m dimulai dari bendungan bakaru sampai ke arah hulu Daerah Aliran Sungai Mamasa yang didominasi oleh pasir 86,53 persen; debu 8,58 persen dan tanah liat 4,89 persen.

Saran

Bapedalda Provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat perlu melakukan inventarisasi luas lahan kritis yang ada di Daerah Aliran Sungai Mamasa setiap tahun dan menyusun program-program pemulihannya agar dapat meminimalisasi dampak erosi dan sedimentasi terhadap pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Air Bakaru.

Pemerintah Kab. Pinrang, Mamasa dan Tana Toraja perlu melakukan kerjasama dalam bentuk MoU yang diaktualisasikan dalam bentuk Tim Penyusun Proposal Rehabilitasi Lahan untuk diajukan ke Departemen Kehutanan atau Badan-Badan lain baik dalam negeri maupun di luar negeri yang peduli terhadap masalah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Amano K. And Suzuki H. 2003. *Modeling of Suspended Concentration Affected by Resuspension of Bottom Sediments in a shallow Reservoir*. Proceeding of the 1st International Conference on

Hydrology and Water Resources in Asia Pasicif Region. Pa-lu-lu Plaza, Kyoto, Japan.

Arsyad, S., 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Penerbit IPB/IPB PRESS, Program Pascasarjana IPB.

Asdak, C., 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Pemerintah Propinsi Sulawesi Selatan, 2005, *Quick Research Report Kondisi Eksisting DAM Bakaru Terhadap Ketersediaan Energi Listrik di Sulawesi Selatan*, Makassar.

Bennett S.J and Alonso C.V. 1997. *Erosion and Sedimentation Research in The U.S. Departement Of Agriculture, Agriculture Research Service*. Proceedings the U. S. Geological Survey (USGS) Sediment Workshop, Februari 4-7.

Budihardja D. dan Syaifuddin, 2003. *Prediksi Erosi dan Sedimentasi di Dataran Tinggi Bedugul Propinsi Bali Menggunakan Model ANSWERS*. Jurnal A Vol.8 Nomor 1: 46-54. Jak:

Haan C.T., Barfield B.J. and Hayes J.C., 1994. *Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments*. Academic Press. A Division of Harcourt Brace & Company San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo and Toronto.

Hargono B. 2003. *Sabo, Sediment Control Strategi in Indonesia*. Proceeding of the 1st

- International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pasific Region. Pa-lu-lu Plaza, Kyoto, Japan.
- Hoque M.M, Bala S.K, Haque M.A, and Ahmed S.M.U. 2003. *Flow and Erosion of the Meghna River at the Vicinity of the Meghna Bridge*. Proceeding of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pasific Region. Pa-lu-lu Plaza, Kyoto, Japan.
- Hossain M.M, Kader M.M, and Islam Md.R. 2003. *Sediment Transport Aspects Of The Gorai River in Bangladesh*. Proceeding of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pasific Region. Pa-lu-lu Plaza, Kyoto, Japan.
- Mappangaja, B. 1996. *Kajian Tata Air pada Areal HPH/HTI*. Balai Teknologi Pengelolaan DAS Ujungpandang.
- Munir A. dan Wahid A., 2007. *Development of WEB-Geospatial Simulation for River Basin Management in Indonesia*. International Seminar on River and Development "Environmentally Sound River Development", The Patra Bali Resort & Villas Bali – Indonesia, 25-27 April 2007, Abstract Book: 3-6.
- Nagata K, Hasan M, Otani K, Watanabe T, and Mizuno N. 2003. *Debris Flow Sediment Discharge at the Volcanic Area of Mt. Merapi in Indonesia*. Proceeding of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pasific Region. Pa-lu-lu Plaza, Kyoto, Japan.
- Noriaki H, Kimio I, and Yoshikimi I. 2003. *Large Scale Sedimentation Disaster Caused by the Eruption of Mount Pinatubo Philippines*. Proceeding of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pasific Region. Pa-lu-lu Plaza, Kyoto, Japan.
- Paembonan, S., 1979. *Evaluasi Pelaksanaan Program Penyelamatan Hutan, Tanah, dan Air di Sub DAS Malino, DAS Sa'dan, Propinsi Sulsel*. Tesis Pasca Sarjana, Insitut Pertanian Bogor.
- Ridho A., 2005. *Pendangkalan Danau dan Waduk: Proses, Konsekwensi dan Penanganannya*. Jurnal Alami, Vol.10 Nomor 1: 14-18. Jakarta.
- Tikno S, 2001. *Inventarisasi Tingkat Bahaya Erosi dan Usaha Konservasi Tanah dan Air Untuk Menunjang Pengembangan Wilayah*. Jurnal Alami, Vol.6 Nomor 1: 15-20. Jakarta.
- Tjakrawarsa G. dan Hadinugroho H.Y.S, 2003. *Nilai Ekonomi Erosi, Sedimentasi dan Jasa Air Studi Kasus di Sub DAS Jeneberang Hulu, Sulsel*. Jurnal Alami, Vol.8 Nomor 1: 32-39. Jakarta.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, 1978. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.