

*Evaluasi Sediment Yield di Daerah Aliran Sungai Cisanggarung Bagian Hulu dalam Memperkirakan Sisa Umur Waduk Darma (Muhammad Nursa'ban)*

## **EVALUASI *SEDIMENT YIELD* DI DAERAH ALIRAN SUNGAI CISANGGARUNG BAGIAN HULU DALAM MEMPERKIRAKAN SISA UMUR WADUK DARMA**

**Oleh:**  
**Muhammad Nursa'ban**  
**Staf Pengajar FISE UNY**

### **Abstract**

*The objective of this research are to: 1). Knowing the level of erosion that happened in the upstream of Cisanggarung Catchments' area. 2). Knowing the level of Sediment Yield in Darma reservoir. 3). Determining the estimation age left Darma reservoir.*

*This is the explorative research. Data collecting was conducted with observation method and documentation. Calculating of total erosion summing factors from surface erosion with dale erosion and channel erosion which level of is 25% from surface land;ground erosion that is using Universal approach [of] Soil Loss Equation ( USLE), while calculation of total erosion that is factor losing of land;ground. Erosion enabled to be analysed by conversion each;every land;ground erosion criterion enabled with tables guidance of stipulating of value of T for land;ground in Indonesia, is later;then multiplied 10 and land;ground volume weight. Analyse Sediment Yield [counted/calculated] high [of] water [at] highest terendah level until, river stream debit when different, and high [relation/link] and debit irrigate to adrift sediment ( Load Suspended) and sediment creep ( Bed Load), and also debit [relation/link] irrigate with Sediment Yield. Rest of Accumulating basin of Darma known from sediment amount closing over dead accommodation*

*Result research of menunjukkan that surface land;ground erosion storey;level that is 31.558,74 ton / year, or mean 573,795 ton/ha/tahun, total erosion 39.448,43 ton / year or 717,244 enabled land;ground erosion and ton/ha/tahun that is 686,033 ton / year or [about/around] 12,473 ton/ha/tahun. datas [of] menunjukkan that surface erosion storey;level and total erosion take place big compared to high enough [of] enabled erosion. annual Sediment Yield [in] Accumulating basin of Darma that is 32.996,419 ton / year or 14.873,660 m3. Accumulating basin of Darma cannot function again that is at the (time) of reaching umur  $\pm$  84,25 year. Year 2006*

*Accumulating basin of Darma have operated during 36 year so that the rest of Accumulating basin of Darma fulfilled [by] dead accomodation him by sediment that is  $\pm 48,25$  dead accomodation or year will loaded full (of) that is [at] year  $\pm 2054$ .*

## **PENDAHULUAN**

Waduk (*reservoir*) merupakan bangunan penampung air pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian, perikanan, *regulator* air (pengendali banjir), tanggul penampungan air limpasan yang dialirkan oleh *outlet* (sungai) ke Waduk itu agar tidak mengalir dan tergenang pada tempat di bawahnya dan dimanfaatkan untuk air minum, serta pariwisata. Ekosistem Waduk tak lepas dari pengaruh kondisi sungai-sungai yang mengalir masuk (*inlet*) dari suatu daerah aliran sungai. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah kesatuan ekosistem yang dibatasi oleh *igir* pemisah air (*water divide topography*) yang di dalamnya terdapat sistem sungai pengatus (penampung) air hujan yang masuk ke waduk dan keluar melalui saluran lepas tunggal.

Pada hakikatnya fenomena-fenomena alam tempat dimana kita tinggal, secara fisik maupun sosial akan selalu memiliki hubungan kausal dan keterkaitan (Bintarto, 1982:12). Waduk dan Daerah Aliran Sungai merupakan suatu unit kesatuan yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*). Kerusakan ekosistem yang terjadi pada suatu DAS akibat pemanfaatan dan

penggunaan lahan seperti lahan pertanian, perladangan, dan permukiman oleh masyarakat berpengaruh terhadap keseimbangan alam daerah itu. Kerusakan tersebut mengakibatkan perubahan luasan penggunaan lahan sebagai penyangga air sehingga akan menimbulkan terjadinya erosi dipercepat atau erosi tanah menuju proses kerusakan tanah.

Bencana erosi merupakan peristiwa transportasi atau pengangkutan tanah atau bagian-bagian tanah oleh media alami terutama air. Tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu DAS terkikis dan terangkut kemudian diendapkan ke tempat yang lebih rendah membentuk sedimentasi di Waduk. Sedimentasi mengakibatkan pendangkalan sungai dan waduk yang akhirnya akan menimbulkan banjir dan merusak fungsi Waduk.

Jumlah sedimen (*sediment yield*) hasil dari erosi di waduk akan menghasilkan suatu bentukan (*morfologi*) tubuh tanah yang menciptakan bentuk muka Waduk yang baru. Perubahan morfologi sedimen di Waduk tersebut mempunyai pengaruh terhadap nilai guna bangunan Waduk. Sedimentasi mengakibatkan pendangkalan yang dapat mengurangi fungsi dari Waduk sehingga tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Selain itu juga dapat mengurangi umur Waduk yang didesain ketika proyek pembangunan waduk direncanakan. Data bahan endapan yang masuk ke Waduk terutama jumlah sedimen yang terangkut oleh transportasi erosi dari Daerah

Aliran Sungai ke aliran sungai kemudian masuk ke Waduk, secara umum dapat digunakan untuk mengevaluasi besarnya *sediment yield* dan perkiraan sisa umur waduk.

Waduk Darma merupakan salah satu waduk buatan yang berada pada daerah aliran sungai Cisanggarung bagian hulu. Secara administratif terletak di Kecamatan Darma Kabupaten Kuningan Propinsi Jawa Barat. Luas waduk ini mencapai 425 hektar dan dapat menampung air maksimum 40.200.000 m<sup>3</sup> yang digunakan untuk menyuplai lahan seluas 22.060 hektar. Waduk buatan ini dibangun dengan cara membendung aliran sungai Cisanggarung dan beberapa anak sungainya seperti Kali Cikalapa, Kali Cilame, Kali Cilandak, Kali Cimuncang dan Kali Cinangka, serta beberapa sumber mata air seperti Cibuntu, Balong Beunteur dan Citambang

Berdasarkan data dari Balai Pengelolaan Sumberdaya Air (PSDA) Cimanuk-Cisanggarung mengungkapkan kapasitas tampung debit air Waduk Darma mengalami penyusutan menjadi sekitar  $\pm 30$  juta m<sup>3</sup> dari  $\pm 40$  juta m<sup>3</sup> pada elevasi maksimum. Turunnya kapasitas tampung debit air Waduk diduga karena telah mengalami proses sedimentasi. Kondisi ini dikhawatirkan mengganggu fungsi waduk sehingga dapat mengurangi sisa umur Waduk Darma. Fenomena *sediment yield* di Waduk Darma sebagai hasil erosi menarik penulis untuk menindaklanjuti sebagai bahan penelitian.

Kajian tentang erosi tanah diperoleh dari faktor-faktor erosi yang terjadi sedangkan pendangkalan di Waduk Darma diperoleh dari hasil pengukuran *Sediment Yield* sebagai hasil dari jumlah *suspended load* dan *bed load* dari Daerah Aliran Sungai Cisanggarung bagian hulu yang terangkut melalui aliran sungai-sungai yang masuk ke Waduk Darma. Setelah diketahui kedua hal diatas lalu diperkirakan sisa umur Waduk Darma.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif yang berusaha mendeskripsikan besar erosi tanah di Daerah Aliran Sungai Cisanggarung bagian hulu dan *sediment yield* serta perkiraan sisa umur Waduk Darma.

### **Sumber data**

Sumber data penelitian ini adalah berupa tempat (*place*) yaitu Daerah Aliran Sungai Cisanggarung bagian hulu dalam pengertian secara fisik sebagai sistem hidrologi dan ekosistem suatu daerah sebagai pengumpul, penyimpanan dan pengalir air dan sedimen ke daerah di bawahnya/hilir.

### **Sampel Penelitian**

Satuan unit lahan dijadikan sebagai sampel untuk menghitung besar erosi tanah yang terjadi di Daerah Aliran Sungai Cisanggarung bagian hulu. Satuan unit lahan tersebut diperoleh

berdasarkan hasil *overlay* peta kondisi geologi, jenis tanah, kemiringan lereng dan tata guna lahan. Sampel untuk menghitung besar *sediment yield* yaitu besarnya sediment pada aliran sungai Cikalapa, Cilame, Cisanggarung, dan Cinangka karena aliran-aliran sungai tersebut hampir mencakup sebagian besar daerah tangkapan air bagi Waduk Darma.

### **Menghitung besar erosi tanah**

Menentukan besarnya erosi tanah permukaan yaitu dengan cara menghitung besar erosi total dengan rumus Hadley (1985) yaitu menjumlahkan faktor besar erosi tanah permukaan (A) dengan erosi lembah dan erosi saluran yang besarnya adalah 25% dari faktor kehilangan tanah dengan rumus:  $E = A + (25\% A)$ . Besar erosi permukaan diperoleh dari rumus USLE. Persamaannya adalah sebagai berikut:  $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$  dimana,

1. Erosivitas Hujan (R) menggunakan rumus:

$$EI_{30} = 6,119 (\text{Rain})^{1,21} (\text{Days})^{-0,47} (\text{Maxp})^{0,53}$$

2. Erodibilitas Tanah (K) menggunakan rumus:

$$100 K = 1,292 [2,1 M^{1,14} (10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)]$$

3. Faktor Kelerengan (LS):

Pengukuran panjang dan kemiringan lereng (LS) pada penelitian ini menggunakan nilai LS menurut Goldman (1986).

4. Pengelolaan tanaman (C)

$$C = \frac{N_1C_1 + N_2C_2 + N_3C_3 + \dots + N_nC_n}{12}$$

5. Teknik konservasi tanah yang digunakan menggunakan rumus:

$$P = a_1P_1 + a_2P_2 + \dots + a_nP_n$$

Besar erosi tanah yang diperbolehkan (T), menggunakan rumus:

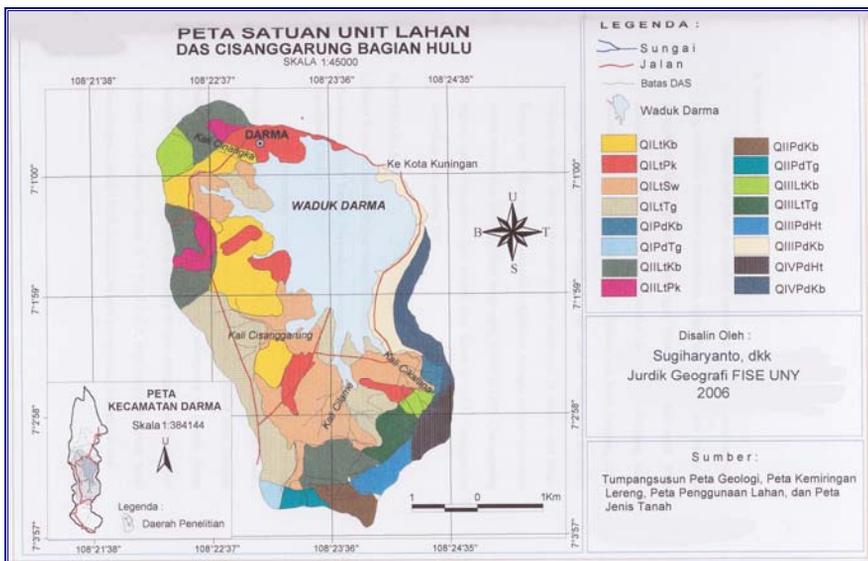
$$Mm \times BV \times 10 = T \text{ (ton/ha/th)}$$

Data-data tersebut diperoleh secara langsung dari lapangan dengan menggunakan teknik pengambilan *Stratified random* sampling. Cara pengambilan sampel dengan membuat penggolongan menurut: 1). Kondisi geologi adalah Old Quartery yang diberi simbol Q. 2). Kemiringan lereng lahan kurang dari 15% diberi simbol I, antara 15-25% diberi simbol II, 25-40% diberi simbol III dan lebih dari 40% simbol IV. 3). Jenis tanah pada lahan DAS Cisanggarung bagian hulu adalah kompleks latosol coklat kemerahan diberi simbol It dan podsolik merah kekuningan yang diberi simbol pd. Dan 4) Penggunaan lahan DAS Cisanggarung bagian hulu adalah untuk permukiman yang diberi simbol Pk, sawah diberi simbol Sw, tegalan diberi simbol Tg, kebun campuran diberi simbol Kb dan simbol Ht untuk hutan.

Berdasarkan hasil overlay peta-peta tersebut diperoleh 16 satuan unit lahan sebagai lokasi sampel penelitian.

Tabel 1. Satuan Unit Lahan

No	Satuan Unit lahan	No	Satuan Unit lahan
1.	Q I Pd Kb	9.	Q I Lt Tg
2.	Q I Pd Tg	10.	Q I Lt Sw
3.	Q II Pd Kb	11.	Q I Lt Pk
4.	Q II Pd Tg	12.	Q I Lt Kb
5.	Q III Pd Kb	13.	Q II Lt Kb
6.	Q III Pd Ht	14.	Q II Lt Pk
7.	Q IV Pd Kb	15.	Q III Lt Tg
8.	Q IV Pd Ht	16.	Q III Lt Kb



Gambar 1. Peta Satuan Unit Lahan

### **Menghitung sediment yield**

Besar *sediment yield* diperoleh dengan menghitung debit air sungai, *Suspended load* dan *bed load*. Teknik pengambilan sampel *sediment yield* dalam penelitian ini dilakukan dengan *purposive sampling*. Data primer untuk *sediment yield* mencakup; debit air sungai, *Suspended load* dan *bed load*. Sedangkan data-data yang diperlukan untuk penghitungan sisa umur Waduk Darma diperoleh dari hasil pengukuran laju erosi tanah dan *sediment yield* di Waduk Darma.

### **Memperkirakan sisa umur Waduk Darma**

Sisa umur Waduk Darma dihitung melalui besarnya rata-rata masukan sedimen ke Waduk Darma dikurangi pengeluaran sedimen dalam satu tahun, kemudian dikalikan jumlah tahun operasi waduk sehingga diketahui volume *sediment yield* saat ini. Setelah itu hubungkan dengan rencana umur waduk yang diperkirakan ketika akan membangun waduk. Dari hasil perhitungan data-data itu kita akan memperoleh perkiraan sisa umur Waduk Darma dengan mengetahui besar kapasitas volume tampungan mati Waduk Darma dengan volume sedimen yang masuk ke tampungan mati Waduk Darma dalam satu tahun dengan persamaan:

$$T_w = \frac{\text{Kapasitas dead storage (m}^3\text{)}}{\text{volume sedimen tahunan (m}^3\text{)}}$$

**Keterangan:**

*Tw = Jangka Waktu Dead Storage penuh dengan endapan sedimen (tahun)*

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 2 menunjukkan hasil besarnya erosi tanah permukaan, erosi total, dan besar erosi yang diperbolehkan pada setiap unit lahan di DAS Cisanggarung bagian hulu

Tabel 2. Erosi Yang Terjadi di DAS Cisanggarung Bagian Hulu

No	Satuan Unit lahan	Erosi (A) (ton/tahun)	Erosi Total (E) (ton/tahun)	Nilai T (ton/tahun)
1.	Q I Pd Kb	228,55	285,69	83.328
2.	Q I Pd Tg	134,63	168,28	36.691
3.	Q II Pd Kb	782,70	978,37	104.958
4.	Q II Pd Tg	528,28	660,35	106.973
5.	Q III Pd Kb	695,44	869,31	15.264
6.	Q III Pd Ht	7,21	9,01	12.698
7.	Q IV Pd Kb	9046,29	11307,86	50.575
8.	Q IV Pd Ht	34,70	43,38	40.194
9.	Q I Lt Tg	59,15	73,94	17.266
10.	Q I Lt Sw	0,09	0,11	13.342
11.	Q I Lt Pk	725,06	906,33	21.006
12.	Q I Lt Kb	75,24	94,06	25.856
13.	Q II Lt Kb	620,99	776,23	25.276
14.	Q II Lt Pk	7216,59	9020,74	51.938
15.	Q III Lt Tg	1900,29	2375,37	18.189
16.	Q III Lt Kb	9503,53	11879,41	62.480
	Jumlah	31.558,74	39.448,43	686.033
	Rata-rata (ton/ha/thn)	573,795	717,244	12.473

Sumber: Hasil perhitungan

*Evaluasi Sediment Yield di Daerah Aliran Sungai Cisanggarung Bagian Hulu dalam Memperkirakan Sisa Umur Waduk Darma (Muhammad Nursa'ban)*

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, kita dapat mengetahui bahwa besarnya erosi tanah permukaan maupun erosi total yang terjadi di daerah penelitian jauh lebih besar dibandingkan erosi yang diperbolehkan. Oleh sebab itu dapat diprediksikan bahwa erosi-erosi diatas akan sangat memberikan sumbangan terhadap laju sedimen bagi daerah dibawahnya termasuk Sediment Yield di Waduk Darma.

Tabel 3 menunjukkan bahwa total *Sediment Yield* di Waduk Darma yang berasal dari aliran-aliran sungai yaitu sebesar 32.996,419 ton/tahun. Aliran sungai Cisanggarung merupakan aliran sungai yang terbesar memberikan sumbangan sedimen ke Waduk Darma. Sedangkan aliran sungai yang terkecil memberikan sumbangan sedimen adalah Cikalapa dengan 4584,211 ton/tahun.

Tabel 3. Total Sediment Yield Tiap Aliran Sungai DAS Cisanggarung bagian hulu

No	Sungai	Sediment Yield (ton/tahun)
1	Cikalapa	4584,211
2	Cilame	7403,098
3	Cisanggarung	11502,864
4	Cinangka	9506,246
	Jumlah	32.996,419

Sumber: Hasil perhitungan

Untuk menentukan sisa umur Waduk Darma, berat *Sediment Yield* dari tiap aliran sungai dalam satuan ton dirubah terlebih dahulu menjadi satuan volume (m<sup>3</sup>), yaitu membaginya dengan

berat jenis sedimen aliran sungai bersangkutan. Besarnya berat jenis sedimen dari tiap aliran di DAS Cisanggarung bagian hulu ditunjukkan oleh tabel 4. Adapun rumusnya adalah:

$$Volume (m^3) = \frac{\text{berat (hasil sedimen) (ton)}}{\text{berat jenis (t/m}^3\text{)}}$$

Tabel 4. Berat Jenis aliran sungai di DAS Cisanggarung di bagian hulu

No.	Sungai	Berat Jenis (t/m <sup>3</sup> )	Sediment Yield (ton/tahun)	Sediment Yield (m <sup>3</sup> )
1	Kali Cikalapa	2,224	4584,211	2061,246
2	Kali Cilame	2,198	7403,098	3368,106
3	Kali Cisanggarung	2,321	11502,864	4955,995
4	Kali Cinangka	2,118	9506,246	4488,313
	Jumlah		32.996.419	14.873,660

Sumber: Data Primer

Sisa umur Waduk Darma diketahui dari jumlah sedimen yang menutupi daya tampungan mati (*dead storage*) yang dihitung melalui besarnya kapasitas volume waduk dibagi volume sedimen yang masuk ke Waduk Darma. Besarnya sedimen yang masuk ke Waduk Darma diperoleh dari hasil perhitungan total Sediment Yield tahunan seperti ditunjukkan tabel 39.

Waduk Darma mulai beroperasi sejak tahun 1970, dan diperkirakan mempunyai umur waduk lebih dari 100 tahun. Hingga tahun 2006 dalam kurun 36 tahun belum ada pengamatan sedimen

*Evaluasi Sediment Yield di Daerah Aliran Sungai Cisanggarung Bagian Hulu dalam Memperkirakan Sisa Umur Waduk Darma (Muhammad Nursa'ban)*

yang dilakukan secara periodik dalam setiap tahun. Berdasarkan desain Waduk Darma pada saat pembangunannya, kapasitas volume waduk direncanakan mencapai 40.200.000 m<sup>3</sup> dan tampungan mati (dead storage) dicadangkan dibawah ketinggian dasar intake pada elevasi ± 704 m sebesar ± 7.390.000 m<sup>3</sup> dan kapasitas penyimpanan air efektif ± 30.000.000 m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan volume total Sediment Yield tahunan diatas, perkiraan volume total Sediment Yield yang tertampung di Waduk Darma hingga tahun 2006 adalah 36 tahun x 14.873,660 m<sup>3</sup> yaitu 535.451,76 m<sup>3</sup>.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui bahwa setiap satu meter kubik air yang dibuang terdapat sekitar 0,00006 m<sup>3</sup>. Dalam satu tahun rata-rata pengeluaran air waduk Darma dilakukan sekitar 2 kali dengan volume pengeluaran pertama sekitar 30.000.000 m<sup>3</sup> dan pengeluaran kedua sekitar 2.000.000 m<sup>3</sup> atau dalam satu tahun dikeluarkan sekitar 32.000.000 m<sup>3</sup>. Artinya sedimen yang dikeluarkan dari Waduk Darma setiap tahun 32.000.000 m<sup>3</sup> x 0,00006 m<sup>3</sup> = 1920 m<sup>3</sup>/tahun. Selama kurun 36 tahun volume sedimen yang dikeluarkan yaitu 36 dikali 1920 yaitu 58.320 m<sup>3</sup>. Dari angka tersebut dapat diketahui volume sedimen yang tertinggal selama kurun 36 tahun yaitu:

$$\text{Volume Sediment} = 535.451,76 - 58.320 = 477.131,76 \text{ m}^3$$

Angka-angka tersebut kemudian digunakan untuk menghitung kapasitas mati Waduk Darma dengan cara:

$$T_w = \frac{\text{Kapasitas volume waduk (m}^3\text{)}}{\text{volume sedimen (m}^3\text{)}}$$

*Keterangan:*

$T_w$  = *Jangka Waktu kapasitas mati penuh dengan endapan sedimen (tahun)*

$$T_w = \frac{40.200.000 \text{ (m}^3\text{)}}{477.131,76 \text{ (m}^3\text{)}} = 84,25 \text{ tahun}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa Waduk Darma hanya mencapai umur 84,25 tahun atau tidak mencapai rencana umur pada saat awal pembangunannya yaitu minimal 100 tahun. Umur waduk hanya akan mecapai 84,25 tahun jika besar sedimen yang terangkut ke Waduk Darma melalui tiap aliran sungai dalam kondisi relatif sama, atau hampir sama kondisinya pada saat dilakukan penelitian ini. Tahun 2006 Waduk Darma telah beroperasi selama 36 tahun sehingga sisa umur Waduk Darma sampai terpenuhinya tampungan mati oleh sedimen yaitu  $\pm 84,25 - 36 = 48,25$  tahun atau tampungan mati akan terisi penuh yaitu pada tahun  $\pm 2054$ .

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tingkat erosi permukaan yang terjadi di daerah Aliran sungai Cisanggarung bagian hulu adalah 31.558,74 ton/tahun, atau rata-rata 573,795 ton/ha/tahun, besar erosi total 39.448,43 ton/tahun atau 717,244 ton/ha/tahun dan besar erosi tanah yang diperbolehkan yaitu 686,033 ton/tahun atau sekitar 12,473 ton/ha/tahun. Data-data tersebut menunjukkan bahwa tingkat erosi permukaan maupun erosi total berlangsung cukup tinggi dibandingkan dengan besar erosi yang diperbolehkan sehingga dengan kondisi itu, maka dapat diperkirakan Daerah Aliran Sungai Cisanggarung bagian hulu sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) bagi Waduk Darma memiliki kontribusi yang besar terhadap transportasi material sedimen dalam pembentukan *Sediment Yield* di Waduk Darma.
2. Besarnya *Sediment Yield* di Waduk Darma dalam satu tahun rata-ratanya adalah 32.996,419 ton/tahun atau 14.873,660 m<sup>3</sup>. Erosi total yang berlangsung di Daerah Aliran Sungai Cisanggarung bagian hulu yaitu 39.448,43 ton/tahun Hal ini menunjukkan bahwa *Sediment Yield* di Waduk Darma yaitu 83,64% dari besarnya erosi total.

3. Sisa umur Waduk Darma diketahui dari jumlah sedimen yang menutupi kapasitas tampungan mati (*dead storage*). Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan Waduk Darma tidak dapat berfungsi lagi yaitu pada saat mencapai umur  $\pm 84,25$  tahun atau kurang dari rencana awal pembangunan yaitu mencapai minimal 100 tahun. Tahun 2006 Waduk Darma telah beroperasi selama 36 tahun, sehingga sisa umur Waduk Darma sampai terpenuhinya tampungan mati oleh sedimen yaitu  $\pm 48,25$  tahun atau tampungan mati akan terisi penuh yaitu pada tahun 2054.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. (1977). *Risalah Waduk Darma*. Kuningan: Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Kuningan
- Bintarto, R. (1982). *Metode Analisa Geografi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chay Asdak. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ersin Seyhan. (1997). *Dasar-dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Foth. D. Henry. (1998). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Jamulyo dan Sutanto. (1993). *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Kartasapoetra A.G., Gunarsih K. dan Mul Mulyani. (2000). *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Rineka Cipta

*Evaluasi Sediment Yield di Daerah Aliran Sungai Cisanggarung Bagian Hulu dalam Memperkirakan Sisa Umur Waduk Darma (Muhammad Nursa'ban)*

Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. (1980). *Soil Erosion*. Harlow, England: John Wiley and Son

Linsley, J.G. (1949). *Hydrology For Engineering*. USA: Prentice Hall

Mohammad Arief Ilyas dan T. Budiharjo. (2002). "Tinjauan Pengaruh Erosi-Sedimentasi dan Upaya Konservasi Pada Beberapa Waduk di Pulau Jawa". *Prosiding Simposium Nasional Pencegahan Bencana Alam Sedimen*. Yogyakarta: ISDM Project.

Morgan, R.P.C. (1995). *Soil Erosion and Conservation*. England: Longman, Silsoe College and Cranfield University

Muhamud Nabalegwa. (2000). "Soil Conservation As An Effort To Attain Sustainable Development In Sermo Reservoir Catchment Area.". *Disertasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University

Notohadiprawiro, R.M. dan Tedjoyuwono. (1981). *Dampak Pada Tanah dan Tata Ruang*. (Kursus Dasar-Dasar Analisis Mengenai Dampak Lingkungan). Yogyakarta: PPLH UGM dan KMN KLH.

Otto Sumarwoto. (2001). *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Pabundu Tika. (1997). *Metode Penelitian Geografi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

Poerwadarminta, W.J.S.. (1984). *Kamus Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.

Rini Wudianto. (2000). *Mencegah Erosi*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Saifudin Sarief. (1986). *Konservasi Tanah dan Air*. Bandung: Pustaka Buana.

- Sarwono Hardjowigeno. (1993). *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Schmidt F.H. dan J.H.A. Ferguson (1951). *Rainfall Types Based on Wet and Dry Periode Ratios For Indonesia with Western New Guinea*. (cetak ulang). Djakarta: Kementrian Perhubungan Djawatan Meteorologi dan Geofisika. *Verhandeligen* No. 42.
- Sitanala Arsyad. (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB.
- Suharsimi Arikunto. (1996). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktis*. Jakarta: Bina Aksara.
- Supranto, J. (1974). *Metode Pengumpulan Data dan Beberapa Teknik Sampling*. Majalah Manajemen dan Usahawan Indonesia, X, hlm. 56.
- Syah A.R.. (1995). *Penentuan Erosi dan Sedimentasi Pada Daerah Aliran Sungai (DAS)*. Jambi: Majalah Ilmiah Universitas Jambi Nomor 45
- Totok Gunawan. (1995). *Penginderaan Jauh Terapan untuk Studi Ekologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Van Bamellen. (1949). *The Geology of Indonesia Volume IA. General Geologi of Indonesia and Adjacent Archipleago*. The Hague: Government Printing Office
- Wani Hadi Utomo. (1989). *Konservasi Tanah di Indonesia Suatu Rekaman dan Analisa*. Jakarta: Rajawali Press.
- Wiscmeier, W.H. dan D.D.Smith. (1978) *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide To Conservation Planning. Agriculture Handbook No.282*. United States Department in Cooperation With Purdue Agricultural Experimental Station.