

KAJIAN LAJU SEDIMENTASI WADUK PLTA KOTO PANJANG DALAM UPAYA MELESTARIKAN KESINAMBUNGAN ENERGI LISTRIK PROVINSI RIAU

Oleh:
Imam Suprayogi, Bochari

Abstract

Reservoirs in the wet tropics generally have a fairly rapid sedimentation problems. Not infrequently happens that has begun to operate reservoirs showed symptoms of increased sedimentation. This paper aims to find and solve problems that arise due to the high rate of sedimentation and deposition in the Koto Panjang reservoir hydropower, Riau province in an effort to preserve the continuity of electric energy in Riau Province.

Method approach taken to describe the pattern of relationship between flow rate, sedimentation and the characteristics of the reservoir as a basis for watershed management in the upstream using regression equations developed by Singh and Chen (1982).

The results of the investigation show that the land area (A_f) in the upstream has a dominant influence on the rate of annual sediment entering the Koto Panjang reservoir hydropower. For the reduction of land area by 15%, an increase in the volume of sediment from 1.4 million m^3 to 11.4 million m^3 .

Keywords: *reservoir, watershed, sedimentation, regression equations.*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumberdaya alam karunia Allah SWT, yang sangat diperlukan oleh manusia sepanjang masa dan menjadi bagian hidup dari kebutuhan dasar manusia yang sangat penting. Semua kegiatan kehidupan manusia dari kebutuhan pangan hingga pertumbuhan industri memerlukan air dalam jumlah cukup dan dengan kualitas sesuai dengan kebutuhannya. Dengan demikian air tidak hanya diperlukan sebagai bahan kebutuhan pokok untuk kehidupan tetapi juga diperlukan bagi komoditi ekonomi (Isnugroho, 2002).

Masih menurut Isnugroho (2002), berdasarkan daur hidrologi, volume air di dunia berjumlah relatif konstan. Namun demikian, dalam satuan ruang dan waktu, ketersediaan air dapat tidak sesuai dengan kebutuhan kita. Seringkali manusia mengalami kelebihan air di musim kemarau. Untuk menghindari hal tersebut, diperlukan pengelolaan sumberdaya air terutama dalam hal perlindungan dan pelestarian sumber air. Upaya pengelolaan dan pelestarian sumberdaya air harus dilakukan sebaik-

baiknya guna menjamin tersedianya sumberdaya air bagi kebutuhan masyarakat sesuai dengan amanat pasal 33 Undang-Undang Dasar 1945.

Salah satu potensi air menurut Anwar (2000) dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Pembangkit Listrik Tenaga Air, disingkat PLTA, adalah merupakan salah satu manfaat dari keberadaan air sebagai sumber energi tersebut, dimana energi potensial dan kinetik aliran air dirubah menjadi energi listrik. Secara bersama-sama energi air dan energi panas memproduksi listrik dengan pola pendistribusian interkoneksi. Masih menurut Anwar (2000) peran PLTA dalam penyelesaian energi nasional baru mencapai 12%. Hal ini jika dibandingkan dengan potensi tenaga air nasional sebesar 75.000 MW, PLTA yang sudah dikembangkan baru mencapai 6% dari potensi yang tersedia.

Negara Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di daerah yang dipengaruhi oleh dua musim dalam setahun yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Sejalan dengan hujan yang tidak merata sepanjang tahun menyebabkan persediaan air

yang berlebih di musim hujan dan kekurangan di musim kemarau. Hal ini menimbulkan tantangan bagaimana supaya persediaan air dapat dimanfaatkan secara optimal baik di musim penghujan maupun di musim kemarau melalui sistem pengoperasian air (Kartini, 1995).

Menurut Sudjarawadi (1996) bahwa waduk di daerah tropis basah umumnya mempunyai persoalan sedimentasi yang cukup cepat. Tidak jarang terjadi waduk yang sudah mulai beroperasi menunjukkan adanya gejala sedimentasi yang meningkat. Hal ini diperkuat oleh Firouzabadi dalam Suprpto dkk (2008) bahwa sedimentasi yang terjadi pada suatu sungai atau waduk pada dasarnya disebabkan adanya erosi pada daerah tangkapan air yang menaunginya. Hasil proses erosi tersebut akan terbawa oleh air melalui sungai yang mengalir ke waduk. Jadi sedimentasi dapat terjadi sepanjang aliran sungai dan juga terjadi di dasar waduk sebagai muara akhir dari aliran tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Singh dan Chen bahwa faktor basin yang meliputi luas DAS (A_d), luas hutan (A_f), elevasi rata-rata basin (E), kemiringan sungai (S_0), panjang sungai utama (L), erodibilitas tanah (K), faktor bentuk DAS (R) dan luas waduk yang ada (S_a) mempunyai pengaruh cukup signifikan terhadap perubahan laju sedimentasi di waduk.

Isu hangat yang berkembang pasca era reformasi tahun 1998, di Provinsi Riau marak terjadinya penebangan hutan liar secara masif yang dilakukan oleh oknum yang tidak bertanggung jawab, sehingga fenomena ini akan berpengaruh secara langsung terhadap perubahan siklus hidrologi di saat musim penghujan dimana aliran akan berubah menjadi aliran permukaan (*run off*) disementara lain proses penyerapan air (infiltrasi) menjadi semakin berkurang sebagai cadangan air. Berdasarkan fenomena tersebut di atas, maka perubahan luas hutan (A_f) dijadikan sebagai parameter utama penulis untuk mengukur laju sedimentasi di PLTA Koto Panjang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

Diskripsi Wilayah

Proyek PLTA Koto Panjang terletak 70 km dari Kota Pekanbaru atau kurang lebih 20 km dari Kota Bangkinang tepatnya di Desa Merangin, Rantau Berangin, memiliki luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Kampar Kanan dengan outletnya pada Bendung Kota Panjang seluas 3337 km² dan luas Danau Binkuang seluas 4035 km² (lihat Gambar.2).



Gambar .1 Waduk Koto Panjang

Tinjauan Pustaka

Ilyas (1995) memaparkan bahwa lengkung debit sedimen (*sediment rating curve*) dibentuk berdasarkan berbagai variasi harga pasangan debit Q_{wi} dalam (m³/dt) dan debit sedimen harian Q_{si} dalam (ton/hari) kemudian dapat dibuat persamaan regresi pangkat adalah $Q_{si} = a \cdot Q_{wi}^b$, dimana Q_{si} adalah debit sedimen harian dalam (ton/hari), Q_{wi} debit aliran harian dalam (m³/dt), a adalah konstanta dan b adalah eksponen. Setelah dilakukan pengukuran di lokasi PLTA Koto Panjang bahwa lengkung debit - sedimen suspensi untuk berbagai variasi debit aliran Q_w dan debit sedimen Q_s mengikuti persamaan $Q_{si} = 0.223 Q_{wi}^{1.753}$ dengan koefisien korelasi (r) = 0.822.

Singh dan Chen (1982) telah melakukan penelitian di 39 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di 14 Negara Bagian Amerika Serikat bahwa hubungan antara debit aliran, sedimentasi dan karakteristik dari waduk sebagai dasar pengelolaan DAS di hulu didapat hubungan berupa persamaan regresi antara laju sedimentasi dengan beberapa faktor basin mengikuti persamaan :

$$Q_s = a \cdot Q_w^b \quad (1)$$

Dimana faktor basin meliputi luas DAS (A_d), luas hutan (A_f), elevasi rata-rata basin (E), kemiringan sungai (S_0), panjang sungai utama (L), erodibilitas tanah (K), faktor bentuk DAS

(R) dan luas waduk yang ada (R_a). Persamaan regresinya dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Log } a = & - 2,5628 + 0.0006. A_d - 0.0075.L \\ & - 0,1543.S_o - 0.00055.A_f + 0.0029.E \\ & + 0.0004.S_a + 8,6996.K - 0.0033.R, \\ & \text{koefisien korelasi } (r) = 0,9393 \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } b = & 0,2163 + 0.00002 . A_d - 0.0053.L \\ & - 0,00019.S_o - 0.00055.A_f + \\ & 0.00008 (A_d - A_f) + 0.00045.E \\ & - 0.0238.S_a + 0,0923.K - \\ & 0.000003.R, \\ & \text{koefisien korelasi } (r) = 0,7422 \quad (3) \end{aligned}$$

Kedua persamaan (2) dan (3) tersebut di atas dapat mencari laju sedimentasi seperti persamaan lengkung debit sedimen, tanpa melakukan pengukuran di lapangan, cukup dengan data karakteristik basin saja. Dengan menggabungkan dari persamaan (1), (2) dan (3) di atas, maka dapat dilakukan percobaan dengan merubah luas hutan (A_f), sehingga didapatkan nilai a dan b dari persamaan laju sedimen $Q_s = a \cdot Q_w^b$. Dengan persamaan tersebut dapat dicari pengaruh karakteristik basin (terutama luas hutan) terhadap laju sedimentasi.

Pembahasan

Lengkung durasi aliran Sungai Kampar Kanan dan Danau Bingkuang, yang dibentuk dari data debit harian yang panjangnya 10 tahun (kurang lebih 3650 data) hasilnya berupa pola debit aliran yang diurut dari kecil ke besar yang dibagi kedalam 35 kelas yang berpasangan dengan jumlah kejadian (*number of occurrence*) atau bentuk frekuensi (Ilyas, 1995). Hasil lengkung durasi aliran Sungai Kampar Kanan dan Danau Bingkuang bahwa debit terendah yang terjadi dengan peluang 100% untuk Q_{100} adalah sebesar 12.2 m³/dt. Jadi Sungai Kampar Kanan merupakan sungai dengan kategori sungai *perennial* yang artinya debitnya selalu tersedia sepanjang tahun.

Langkah berikutnya dilakukan analisa sedimen suspensi tahunan dengan menggunakan Standar USBR, yaitu kombinasi antara lengkung durasi aliran dan lengkung debit sedimen yang hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 : Perhitungan Sedimen Suspensi Tahunan Data Debit Harian Tercatat dari 1977-1987, Persamaan Lengkung Debit – Sedimen : $Q_s = 0.223.Q_w^{1.753}$ Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) = 4035 km²

1	2	3	4	5	6	7
Limit %	Interval	Ordinat Tengah	Q_w (m ³ /dt)	Q_s (m ³ /dt)	Perkalian [(2).(4)] /100	Perkalian [(2).(5)]/100
0.03-0.07	0.04	0.05	2000	136461.6	0.80	54.58
0.07-0.09	0.02	0.08	1680	97398.94	0.33	19.48
0.09-0.20	0.11	0.15	1475	80019.77	1.62	88.02
0.2-0.5	0.3	0.35	1250	59867.09	3.75	179.60
0.5-1.0	0.5	0.75	1075	45958.29	5.38	229.79
1- 5	4.0	3.0	750	24450.47	30.00	978.02
5-10	5.0	7.5	575	15346.26	28.75	767.31
10-30	4.0	20	750	24450.47	30.00	1383.68
30-50	20.0	40	575	6918.38	28.75	569.64
50-70	20.0	60	145	1371.46	29.00	274.29
70-80	10.0	75	85	537.74	8.50	53.77
80-90	10.0	85	65	336.00	6.50	33.60
90-95	5.0	92.5	43	162.85	2.15	8.14
95-99	4.0	97.0	28	76.77	1.12	3.07
99-99.6	0.6	99.3	19	38.90	0.11	0.23
99.6-99.9	0.3	99.75	16	28.78	0.05	0.09
99.9-99.96	0.06	99.93	12	17.38	0.01	0.01
				Total	234.898	4643.01

Sumber : Hasil Perhitungan

- Debit rata-rata aliran
 $Q_w \text{ rata-rata} = 232.2 \text{ m}^3/\text{dt}$,
- Volume aliran tahunan
 $Q_s = Q_w \cdot 3,154 \cdot 10^{-7}$
 $Q_s = 7408.7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{tahun}$.
- Sedimen suspensi tahunan
 $Q_s = Q_s \text{ harian} \cdot 365 = 1.462.207 \text{ m}^3$.
- Konsentrasi Sedimen Suspensi
 $C = Q_s / Q_w \cdot 0.0864 = 228,77 \text{ mg/l}$.

Dari Tabel 1 di atas, didapat besarnya sedimen suspensi tahunan sebesar 1.694.698 ton. Pembulatan hasil perhitungan ini menjadi sebesar 1.7 juta ton/tahun atau 1.46 juta m^3/thn atau $359 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{thn}$.

Merujuk hasil penelitian yang dilakukan oleh Tokyo Electric Power Service Ltd, 1988 merumuskan rancangan sedimentasi pada beberapa lokasi waduk di Indonesia. Hasil rancangan berupa grafik pola hubungan antara luas daerah aliran sungai (km^2) dengan hasil sedimen ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$) dan menyimpulkan bahwa rata-rata sedimentasi Waduk di Pulau Jawa berkisar antara $800\text{-}1500 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$. Berdasarkan hasil kajian di atas, bahwa laju sedimentasi PLTA Koto Panjang mendekati separuh dari laju sedimentasi untuk waduk-waduk di Pulau Jawa.

Besarnya sedimen yang masuk ke waduk PLTA Koto Panjang dihitung pada bendungan yang letaknya lebih ke hulu dari posisi pos duga air Danau Bingkuang, besarnya akan sebanding dengan luas DAS masing-masing. Sehingga besarnya untuk lokasi bendung PLTA Koto Panjang didapat suspensi sedimen rata-rata. Jadi total sedimentasi adalah hasil penjumlahan sedimen suspensi ditambah dengan besar angkutan

dasar (*bed load*) 20% kurang lebih sebesar 1.68 juta ton/tahun.

Sedimen yang mengendap di waduk dipengaruhi oleh *trap efficiencies* dan kerapatan sedimen yang besarnya berubah sejalan dengan waktu yang disebabkan adanya faktor konsolidasi dari sedimen yang mengendap. Merujuk hasil pengujian ukuran butir sedimen di Laboratorium Mekanika Tanah, maka akan didapatkan nilai kerapatan sedimen awal sebesar 1159 kg/m^2 . Sehingga dalam kurun waktu satu tahun jumlah volume angkutan sedimen yang masuk ke waduk sebesar $1.451.118 \text{ m}^3$. Dengan pengambilan nilai *trap efficiencies* 95%, maka jumlah sedimentasi yang masuk ke waduk pada tahun awal adalah sebesar $0.95 \times 1.451.118 \text{ m}^3 = 1.331.460 \text{ m}^3$.

Analisa Karakteristik Basin Terhadap Laju Sedimentasi PLTA Koto Panjang

Persamaan Singh dan Chen (1982) bila dibandingkan dengan hasil sampling di lapangan sebesar $Q_{si} = 0.223 Q_{wi}^{1.753}$ maka nilai karakteristik yang cocok untuk membentuk persamaan adalah berturut-turut dengan nilai luas DAS (A_d) = 4035 km^2 , elevasi rata-rata kemiringan basin (E) = 210 m, kemiringan sungai (S_0) = 19.15 m/km, panjang sungai utama (L) = 62.25 km, faktor bentuk DAS (R) = 1 dan luas waduk yang ada (S_a) = 0 maka luas hutan (A_f) = 2445 km^2 .

Selanjutnya untuk menjawab hipotesis bahwa laju sedimentasi di PLTA Koto Panjang mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap pengurangan luas hutan di sebelah hulu, maka dilakukan simulasi dengan mengurangi luasan hutan sebesar 15 % hasil selengkapnya disajikan seperti pada Tabel 2 di bawah ini:

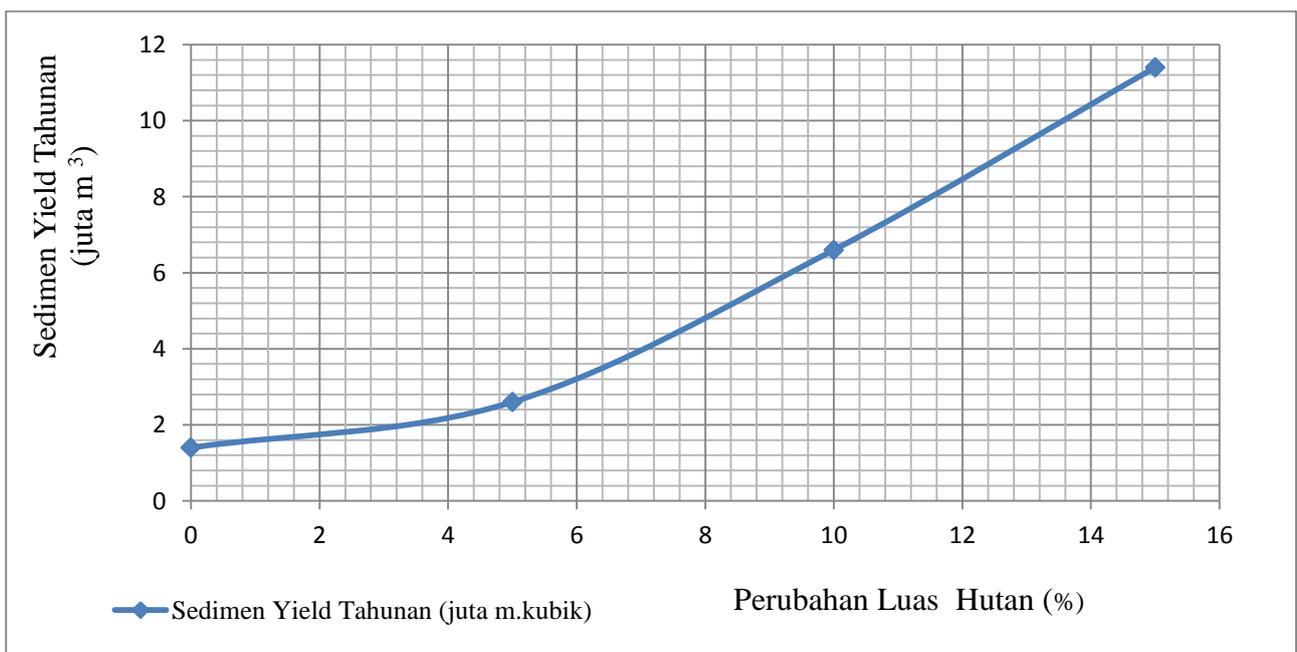
Tabel 2.

No	Luas DAS (km ²)	Luas Hutan (km ²)	% Luas Hutan Terhadap Luas DAS	Perubahan Luas Hutan (%)	Sedimen Yield (m ³)
1	4035	2445	60.6	0	1.400.000
2	4035	2243	55.6	- 5	2.600.000
3	4035	2042	50.6	-10	6.600.000
4	4035	1840	45.6	-15	11.400.000
5	4035	1638	40.6	-20	15.600.000
6	4035	2647	65.6	5	740.000
7	4035	2849	70.6	10	520.000
8	4035	3050	75.6	15	280.000
9	4035	3252	80.6	20	100.000
10	4035	3454	85.6	25	60.000

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil Tabel 2 di atas, perubahan pengurangan luas hutan sebesar 15% maka volume sedimen tahunan yang masuk ke waduk PLTA Koto Panjang akan meningkat dengan pesat dari 1.4 juta m³

menjadi 11.4 juta m³ atau terjadi peningkatan laju sedimen lebih dari 7 kali lipat. Untuk selanjutnya Grafik Hubungan Antara Sedimen Yield (juta m³) dengan Perubahan Luas Hutan (%) disajikan seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Sedimen Yield (juta m³) Dengan Perubahan Luas Hutan (%).

Kesimpulan dan Saran

Dari uraian di atas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter perubahan luas hutan (A_f) mempunyai pengaruh cukup dominan terhadap perubahan laju tahunan sedimen PLTA Koto Panjang menggunakan persamaan regresi oleh Singh dan Chen tahun 1982.
2. Pengurangan luas hutan (A_f) sebesar 15% mempunyai pengaruh yang cukup sensitif terhadap volume perubahan laju sedimentasi tahunan yang masuk ke waduk PLTA Koto Panjang, hal ini ditandai peningkatan volume sedimen dari 1,4 juta m^3 menjadi 11,4 juta m^3 (peningkatan laju sedimen tahunan lebih dari 7 kali lipat).

Saran

Dalam upaya peningkatan penanganan laju sedimentasi tahunan yang masuk di PLTA Koto Panjang penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk menjaga agar fungsi layan waduk di masa depan tidak menurun drastis, diperlukan suatu strategi perencanaan dalam pengelolaan DAS secara terpadu. Terutama mempertahankan luas hutan yang ada di hulu DAS sebesar 60% tidak menurun di bawah 40% dari luas DAS.
2. Dalam upaya pengurangan beban sedimen tahunan yang masuk ke waduk serta upaya kestabilan kemiringan dasar alur sungai di bagian hulu PLTA Koto Panjang maka perlunya bangunan pengendali sedimen semisal Teknologi Sabo Dam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menghaturkan terima kasih kepada **Dr. Syaiful Bahri, MSi** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Riau atas segala

kepercayaan dan kesempatan yang telah diberikan kepada penulis .

Daftar Pustaka

- Anwar, N.** 2000. *Pendekatan Hidrosistem Pada Pengelolaan Sumberdaya Air*, Surabaya : Pidato Pengukuhan Untuk Jabatan Guru Besar Dalam Bidang Ilmu Manajemen dan Sumberdaya Air Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Isnugroho, 2002.** “*Sistem Pengelolaan Sumberdaya Air Dalam Suatu Wilayah*”, dalam *Pengelolaan Sumberdaya Air Dalam Otonomi Daerah* eds. Kodoatie, R. J., Suharyanto, Edhisono, S., Sangkawati S., Jogyakarta : Penerbit Andi, hal 90-99.
- Kartini.** 1995. *Perhitungan Laju Sedimentasi Waduk Menggunakan Formula Leo Van Rijn (Studi Kasus Waduk Wonogiri)*. Proseding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XII Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI) Surabaya 21-23 Nopember, Vol 1. Hal 187- 198.
- Sudjarwadi.** 1995. *Kesulitan Prediksi Laju Sedimentasi Waduk Berdasarkan Data Echo Sounding*. Proseding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XII Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI) Surabaya 21-23 Nopember, Vol 1. Hal 199- 206.
- Suprpto, H., Prihandoko, Kridasantausa, I.** 2008. *Permodelan System Hybrid Neuro-Genetik Untuk Estimasi Perhitungan Limpasan dan Sedimentasi*. Proseding Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2008) Universitas Guna Darma Jakarta 20-21 Agustus, Vol 1. Hal 271- 276.