

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab hasil dan pembahasan ini berisi data yang telah dikumpulkan dan selanjutnya dilakukan analisis serta pengolahan data berdasarkan metode penelitian yang sudah dilakukan. Kemudian menginterpretasikan data untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

#### 4.1 Profil Perusahaan

Pada profil perusahaan dijelaskan mengenai gambaran umum perusahaan yaitu PT. Pembangkit Jawa Bali (PJB) UP. Brantas, proses bisnis perusahaan, hasil listrik yang dihasilkan, dan struktur organisasi.

##### 4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT Pembangkit Jawa-Bali (PJB) sejak berdiri tahun 1995 senantiasa mengabdikan diri untuk bangsa dan negara Indonesia, serta mendorong perkembangan perekonomian nasional dengan menyediakan energi listrik yang bermutu tinggi, andal, dan ramah lingkungan. Dengan visi menjadi perusahaan pembangkit tenaga listrik Indonesia yang terkemuka dengan standar kelas dunia, PJB tiada henti berbenah dan melakukan inovasi dengan tetap berpegang pada kaidah tata pengelolaan perusahaan yang baik (*Good Corporate Governance / GCG*). Berkat dukungan *shareholders* dan *stakeholders*, PJB tumbuh dan berkembang dengan berbagai bidang usaha, tanpa meninggalkan tanggung jawab sosial perusahaan demi terwujudnya kemandirian masyarakat dan kelestarian lingkungan hidup.

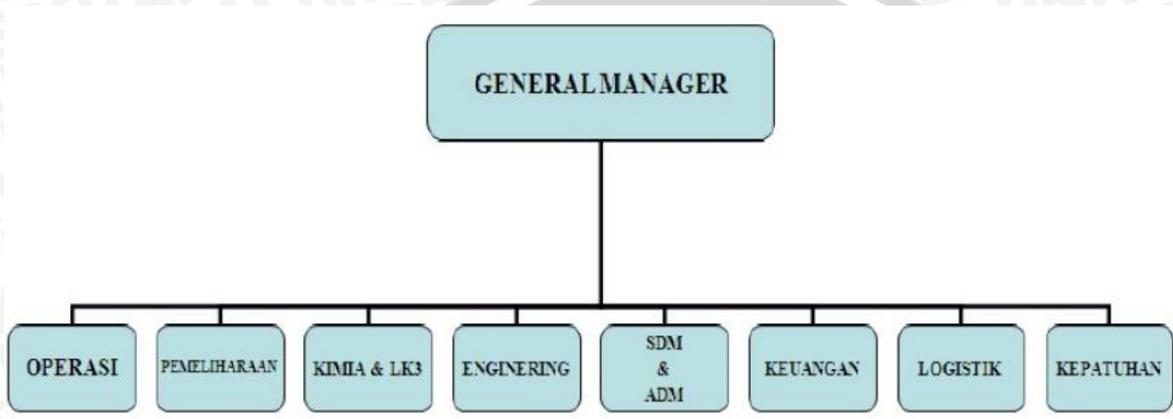
Unit Pembangkitan Brantas merupakan salah satu Unit Pembangkit listrik yang dimiliki oleh PT PJB yang menggunakan air sebagai bahan baku dalam pembuatan listrik. Unit Pembangkitan Brantas merupakan salah satu unit pembangkit yang mempunyai keunikan dibanding unit pembangkit milik PT PJB lainnya yaitu memiliki 13 unit PLTA yang tersebar di 5 kabupaten.

Adapun berikut ini Unit PLTA dan tingkat produksi listrik yang dihasilkan di bawah UP. Brantas antara lain PLTA Senguruh Unit 1 dan 2 = 2 x 14,5 MW; PLTA Sutami = 3 x 35 MW; PLTA Wlingi = 2 x 27 MW; PLTA Lodoyo = 4,5 MW; PLTA Tulungagung = 2 x 18 MW ; PLTA Selorejo = 4,48 MW ; PLTA Mendalan Unit 1 = 5,6 MW ; PLTA

Mendalan Unit 3, 4 dan 5 = 3 x 5,8 MW ; PLTA Siman Unit 1, 2 dan 3 = 3 x 3,6 MW; PLTA Giringan Unit 1 dan 2 = 2 x 0,9 MW; PLTA Giringan Unit 3 = 1,4 MW; PLTA Golang Unit 1, 2, dan 3 = 3 x 0,9 MW; PLTA Ngebel = 2,2 MW; PLTA Wonorejo = 6,5 MW.

#### 4.1.2 Struktur Organisasi

Berikut adalah struktur organisasi di PT. PJB UP. Brantas



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT. PJB UP. Brantas  
Sumber: PT.PJB up. Brantas

#### 4.2 Karakteristik Waduk

Waduk Sengguruh merupakan salah satu dari tiga Waduk seri yang berada di bagian hulu sungai Brantas dengan volume tampungan rencana 21,5 juta  $m^3$  (data teknis tampungan awal Waduk, PJT I) Waduk ini juga merupakan Waduk utama dalam penyediaan listrik bagi PLTA di daerah sungai Brantas.

Sebagai Waduk serbaguna, Waduk Sengguruh ini dibangun dengan tujuan sebagai penahan sedimen bagi Waduk setelahnya yaitu Waduk Sutami dengan rasio tampungan mati sebesar 97,1 % dari tampungan mulanya.

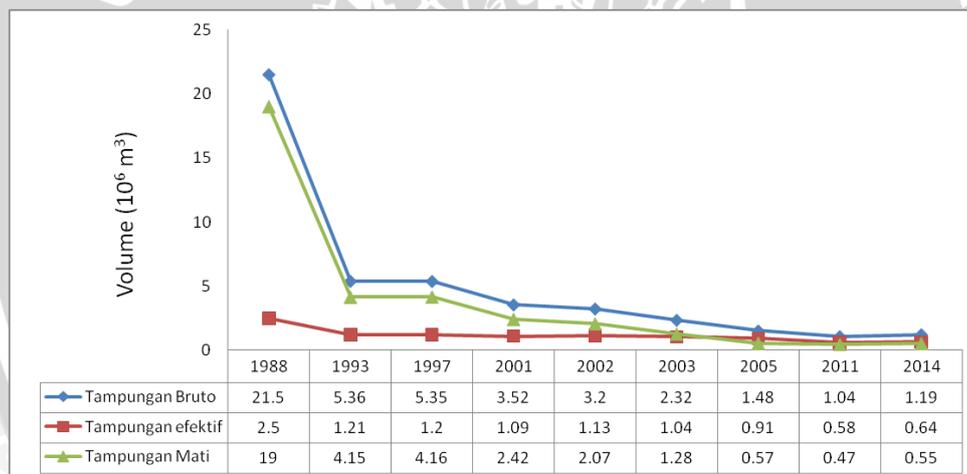
Walaupun demikian, tingginya beban sedimentasi menyebabkan kapasitas tampungan efektif Waduk tersebut terus berkurang dan apabila tidak ditangani tentunya akan menyebabkan berkurangnya manfaat ekonomis dari Waduk tersebut. Untuk tetap mempertahankan kondisi tampungan Waduk agar tetap dapat memberi manfaat, telah dilakukan berbagai upaya penanganan sedimentasi di Waduk tersebut, termasuk dengan upaya pekerjaan fisik yaitu pengerukan sedimen.

#### 4.2.1 Sedimentasi Waduk Sengguruh

Sejak selesai dibangun tahun 1988, Waduk Sengguruh yang dibangun terutama untuk menahan laju sedimentasi yang terjadi pada Waduk sutami, Waduk Sengguruh telah menerima beban sedimentasi yang cukup berat, terlebih rencana pembangunan cek dam dan sabo dam di hulu Waduk Sengguruh tidak dapat terealisasi seluruhnya. Kondisi tampungan Waduk Sengguruh pun berkurang dengan sangat cepat sejak beroperasi 1988, dan terus menurun seiring dengan sedimentasi yang terjadi.

#### 4.2.2 Analisis laju Sedimentasi Waduk Sengguruh

Tercatat pada tahun 2014, kapasitas tampungan kotor Waduk Sengguruh yang semula sebesar 21,5 juta  $m^3$  hanya tinggal 1,19 juta  $m^3$ . Kondisi yang sama juga tampak pada tampungan matinya sebesar 0,55 juta  $m^3$  dan tampungan efektifnya sebesar 0,64 juta  $m^3$  saja. Kondisi kapasitas tampungan Waduk Sengguruh sejak beroperasi hingga kini dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 4.2 Perubahan Kapasitas Tampungan Waduk Sengguruh

Berdasarkan data kondisi tampungan Waduk pada gambar diatas dilakukan pengolahan data dan perhitungan sedimentasi yang terjadi pada Waduk Sengguruh, meliputi perhitungan volume sedimentasi yang terjadi, berkurangnya kondisi tampungan efektif dan tampungan mati serta tampungan kotor pada periode tahun tahun tertentu. Perhitungan perubahan yang terjadi pada periode 1988 sampai dengan 1997 sbb :

$$\begin{aligned}
 - \text{Perubahan Tamp. kotor} &= \text{Vol. Tamp. Kotor th. 1988} - \text{Vol. Tamp. Kotor th. 1997} \\
 &= 21.500.000 - 5.350.000 \text{ m}^3 \\
 &= 16.150.000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Perubahan Tamp. Efektif = Vol. Tamp. Ef. Th. 1988 - Vol. Tamp. Ef. Th. 1997  
 $= 2.500.000 - 1.200.000 \text{ m}^3$   
 $= 1.300.000 \text{ m}^3$
- Perubahan Tamp. Mati = Vol. tamp. Mati th.1988 - Vol. tamp. Mati th.1997  
 $= 19.000.000 - 4.160.000$   
 $= 14.840.000 \text{ m}^3$

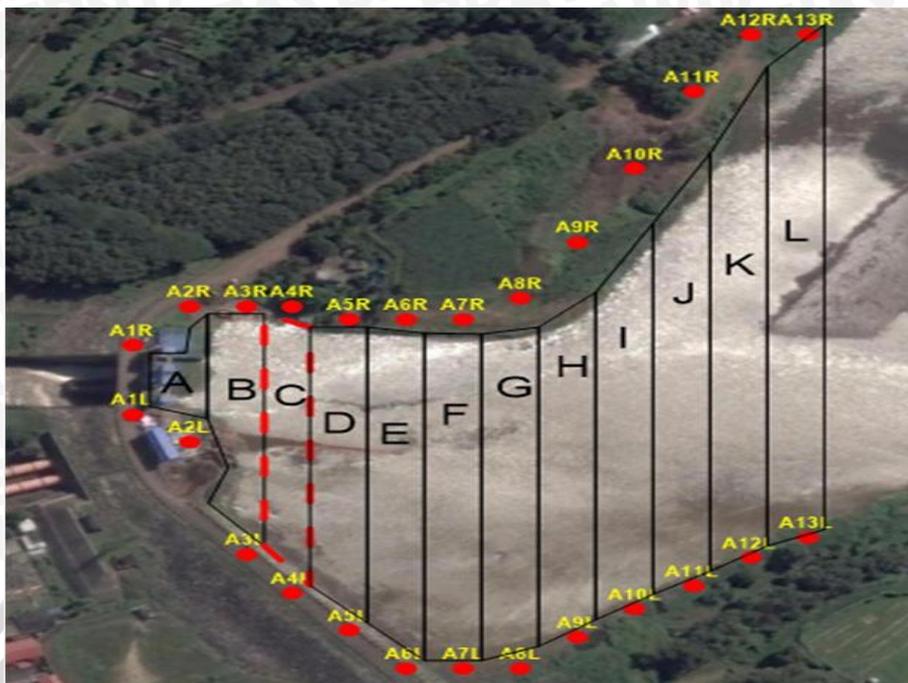
Untuk periode tahun 1997 sampai 2002, dan 2002 sampai 2014 dilakukan perhitungan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan pada masing masing periode dapat di lihat pada tabel 4.1, pada periode sembilan tahun awal beroperasi (1988 - 1997), sedimentasi yang terjadi pada Waduk Sengguruh sangat tinggi hingga mencapai 16,15 juta  $\text{m}^3$  per tahun. Kapasitas tampungan kotor Waduk tereduksi hingga 25 %, sedangkan tampungan efektif yang tersisa hanya 47,9 % dan tampungan mati tersisa kurang dari 22 %. Kondisi ini menjadi mengkhawatirkan mengingat Waduk ini baru mulai beroperasi selama seperempat usia rencana Waduk yang dijalani namun beban sedimentasi yang terjadi sudah begitu tinggi.

Tabel 4.1 Perhitungan Sedimentasi Waduk Sengguruh

Periode	Perubahan Tamp. kotor (juta $\text{m}^3$ )	Perubahan Tamp. efektif (juta $\text{m}^3$ )	Perubahan Tamp. mati (juta $\text{m}^3$ )
1988 – 1997	16,15	1,3	14,84
1997 – 2002	2,15	0,07	2,09
2002 – 2014	2,01	0,49	1,52

Sumber : Hasil Perhitungan

Sedimentasi Waduk Sengguruh tersebar pada beberapa titik pengukuran, dan volume sedimentasi tersebar di sekitar waduk, tepatnya di sekitar pintu *intake* yang menjadi lokasi pengerukan, selain itu pada sungai juga terjadi endapan yang cukup besar . volume serta persentase sebaran sedimen pada waduk sengguruh pada tahun 2014 akan di tampilkan pada tabel 4.2 dan peta lokasi *cross section* pengukuran sedimen waduk Sengguruh akan di tampilkan pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Peta Lokasi Cross Section Pengukuran Sedimen

Tabel 4.2 Volume dan Persentase Sebaran Sedimen Pada Waduk Sengguruh

Area	Sedimentasi (m3)	Area (m2)	Total Dredging (m3)	Persentase Sedimentasi (%)	Area	Sedimentasi (m3)	Area (m2)	Total Dredging (m3)	Persentase Sedimentasi (%)
A	7.830	512	8.613	2,84%	G	21.170	5.143	19.687	7,68%
B	15.589	2.207	14.747	5,65%	H	25.784	5.044	13.363	9,35%
C	16.259	2.932	15.885	5,90%	I	22.441	5.287	12.385	8,14%
D	22.962	4.390	20.258	8,33%	J	30.068	6.031	29.974	10,91%
E	23.410	4.945	18.051	8,49%	K	35.373	6.883	20.310	12,83%
F	23.836	5.191	17.520	8,65%	L	30.978	7.635	40.876	11,24%
						275.699	56.199	231.669	100,00%

Sumber : PT PJB UP. Brantas

### 4.3 Analisis *Trap efficiency* Waduk Sengguruh

Perhitungan *trap efficiency* dari Waduk Sengguruh dilakukan dengan menggunakan rumus Brune dan data hidrologi pada perencanaan awal Waduk Sengguruh (anonim). Nilai konstanta  $a$  dan  $n$  yang digunakan adalah nilai untuk kurva rata rata, yaitu  $a=100$  dan  $n=1,5$

Contoh perhitungan *trap efficiency* Waduk Sengguruh pada tahun 1988 adalah sebagai berikut :

- kapasitas tampungan kotor (1988) :  $21,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Debit *Inflow* tahunan (1988) :  $1740,78 \times 10^6 \text{ m}^3$
- $X$  (kapasitas tamp. / *Inflow*) : 0,01235
- Nilai  $a$  (untuk kurva rata rata) : 100
- Nilai  $n$  (untuk kurva rata rata) : 1,5
- $Y = 100 \left(1 - \frac{1}{1+ax}\right)^n = 100 \left(1 - \frac{1}{1+(100 \times 0,01235)}\right)^{1,5} = 41,08 \%$

Dengan menggunakan data debit tahunan pada tabel 4.3, dilakukan perhitungan *trap efficiency* Waduk Sengguruh tahun 1993, 2002, dan 2014 seperti pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Data debit tahunan Waduk Sengguruh

Tahun	Uraian	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1993	Debit rata-rata (m <sup>3</sup> /dt)	96,04	70,05	66,01	72,04	46,20	43,51	28,18	25,06	20,43	18,44	31,64	44,24
	<i>Inflow</i> Bulanan (juta m <sup>3</sup> )	257,23	169,46	176,81	186,72	123,74	112,77	75,49	64,45	53,00	49,35	82,02	118,50
	<i>Inflow</i> Tahunan (juta m <sup>3</sup> )	1,469											
2002	Debit rata-rata (m <sup>3</sup> /dt)	81,42	94,17	86,51	81,83	54,50	36,54	38,76	24,08	20,11	17,84	26,18	52,43
	<i>Inflow</i> Bulanan (juta m <sup>3</sup> )	218,07	235,94	231,70	212,11	145,96	94,71	77,04	64,50	52,13	47,79	67,85	140,42
	<i>Inflow</i> Tahunan (juta m <sup>3</sup> )	1,588											
2014	Debit rata-rata (m <sup>3</sup> /dt)	73,33	72,20	74,86	86,31	73,39	46,17	35,23	28,57	24,59	24,70	50,89	58,86
	<i>Inflow</i> Bulanan (juta m <sup>3</sup> )	196,41	174,67	200,51	223,70	196,57	119,68	94,36	76,52	63,73	66,17	131,90	157,64
	<i>Inflow</i> Tahunan (juta m <sup>3</sup> )	1,701											

Sumber : Perum Jasa Tirta I

Tabel 4.4 perhitungan *trap efficiency* Waduk Sengguruh

Tahun (1)	a (2)	n (3)	Tampungan Waduk (juta m <sup>3</sup> ) (4)	Inflow tahunan (5)	X (6)	<i>trap Efficiency</i> (%) (7)
1988	100	1,5	21,50	1.740.787	0,01235	41,08
1993	100	1,5	5,36	1.469.552	0,00365	13,82
2002	100	1,5	3,20	1.588.227	0,00201	6,87
2014	100	1,5	1,04	1.701.863	0,00061	1,37

Sumber : Perhitungan

Keterangan :

- Kolom (2) dan (3) diambil nilai kurva rata rata
- Kolom (4) diambil dari data pengukuran tampungan Waduk
- Kolom (5) diambil dari perhitungan *Inflow* tahunan Waduk tabel 4.3

Dari hasil perhitungan *trap efficiency* Waduk Sengguruh tahun 1988 sampai 2014 sesuai tabel 4.4, tampak bahwa pada awal operasinya Waduk Sengguruh memiliki nilai *trap efficiency* sebesar 41,1 %. Nilai *trap efficiency* yang tergolong rendah ini menunjukkan bahwa fungsi Waduk Sengguruh sebagai penampung sedimen Waduk sutami tidak dapat berdiri sendiri, dan akan berfungsi optimal jika ada pembangunan cek dam dan sabo dam di hulu. Saat ini *trap efficiency* Waduk Sengguruh hanya tersisa kurang dari 2 % hal ini sangat mengkhawatirkan karena waduk yang memiliki nilai *Trap Efficiency* sekecil ini semakin sedikit tampungan yang dapat diterima oleh Waduk Sengguruh.

#### 4.4 Penanganan Sedimentasi Waduk Sengguruh

Kombinasi dari kondisi makin berkurangnya tampungan Waduk, tingginya laju sedimentasi tahunan serta rendahnya *trap efficiency* ini apabila tidak ditangani akan menyebabkan PLTA tidak dapat beroperasi karena *intake* PLTA tertutup sedimen. Pemeliharaan rutin yang di lakukan pada *intake* dengan pembuangan sedimen melalui *sand flushing* tentu saja tidak seimbang dengan besarnya sedimentasi yang terjadi. Untuk itu sejak tahun 1995 dilakukan penanganan teknis dengan pengerukan di Waduk Sengguruh.

Pelaksanaan pengerukan ini dilakukan untuk mencegah terjadinya penumpukan sedimen di sekitar *intake* PLTA, dan di fokuskan di zona I dan zona II yang berada di dekat *intake* PLTA, dengan tujuan sedapat mungkin untuk menjaga agar endapan sedimen di zona tersebut tidak terlalu tinggi dan mengganggu operasi PLTA Sengguruh. Selain di

sekitar *Intake* juga dilakukan pada alur sungai Brantas dan Sungai Lesti pada Daerah genangan Waduk Sengguruh.

Pengerukan sedimen dilakukan dengan menggunakan kapal keruk (*cutter suction Dredger*) dengan material pengerukan di buang ke lokasi penampungan sedimen (*spoil bank*) di daerah green belt sekitar Waduk Sengguruh, seperti di tampilkan pada gambar 4.7 . Data volume pengerukan yang sudah dilakukan di Waduk Sengguruh dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini

Tabel 4.5 Volume pengerukan Sedimen Waduk Sengguruh dari tahun ke tahun

Tahun	Volume Pengerukan (m <sup>3</sup> )	Volume pengerukan Kumulatif (m <sup>3</sup> )	Tahun	Volume Pengerukan (m <sup>3</sup> )	Volume pengerukan Kumulatif (m <sup>3</sup> )
1995	250.000	250.000	2005	90.920	1.607.230
1996	232.265	482.265	2006	300.415	1.907.645
1997	150.000	632.265	2007	150.800	2.058.445
1998	198.000	830.265	2008	251.471	2.309.916
1999	100.000	930.265	2009	107.268	2.417.184
2000	187.070	1.117.335	2010	107.102	2.524.286
2001	85.510	1.202.845	2011	107.000	2.631.286
2002	110.000	1.312.845	2012	200.500	2.831.786
2003	42.900	1.355.745	2013	200.700	3.032.486
2004	160.565	1.516.310	2014	190.000	3.222.486
			<b>rata rata pengerukan</b>		161.124

Sumber : Perum Jasa Tirta I

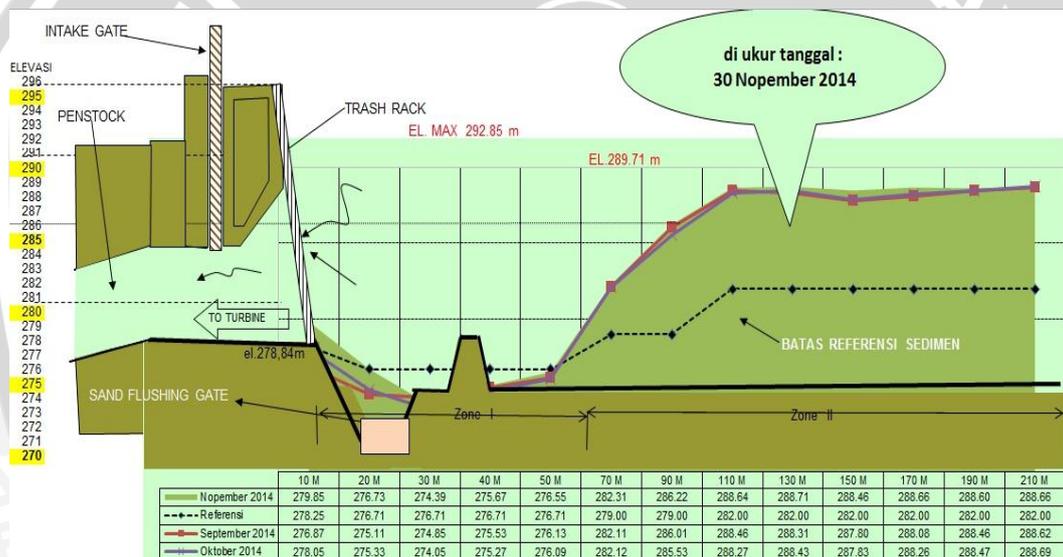
Data dari echosounding Waduk tahun 2014 dan pengukuran profil sedimen rutin tahunan di lapangan tampak bahwa sedimentasi yang terjadi di Waduk Sengguruh saat ini mulai mengancam operasional PLTA.

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa sedimentasi yang terjadi di sekitar *intake* PLTA secara rata-rata sudah berada di atas elevasi sedimen referensi yang di syaratkan untuk operasional PLTA. Bahkan pada kisaran jarak 100 m dari *intake* PLTA, rata-rata elevasi sedimen sudah lebih dari 7 meter dari profil sedimen referensi. Ilustrasi profil sedimen referensi dan hasil pengukuran secara memanjang dapat di lihat jelas pada gambar 4.3

Tabel 4.6 hasil Pengukuran Profil Sedimen bulan November 2014

ZONA I			ZONA II		
CROSS	Jarak dari	tinggi Elevasi Sedimen (m)	CROSS	Jarak dari	tinggi Elevasi Sedimen (m)
A	10 M	279,85	H	106,25 M	288,64
B	20 M	276,73	I	125,00 M	288,71
C	30 m	274,39	J	143,75 M	288,46
D	40 M	275,67	K	162,50 M	288,66
E	50 M	276,55	L	181,25 M	288,6
F	68,75 M	282,31	M	200,00 M	288,66
G	87,50 M	286,22			

Sumber : Perum Jasa Tirta I



Gambar 4.4 Profil Sedimen Zona I dan Zona II Waduk Sengguruh

Elevasi sedimen yang tinggi ini mengakibatkan debit *Inflow* yang sangat besar (bukan kondisi banjir), operasional PLTA Sengguruh terpaksa di hentikan untuk mencegah terjadinya gangguan dan kerusakan yang lebih parah pada turbin dan generator PLTA akibat sedimen yang masuk ke dalam turbin dan generator bahkan sudah mengancam operasional dari pembangkit PLTA Sengguruh

Kondisi volume tampungan dan *trap efficiency* Waduk yang rendah, dan di hentikannya operasi PLTA saat terjadi *Inflow* yang tinggi tentunya akan menyebabkan elevasi muka air Waduk naik dengan cepat. Demi menjaga agar elevasi air Waduk tetap terkendali agar tidak melewati batas maksimum Waduk maka debit *outflow* Waduk

Sengguruh harus di alirkan melalui pintu pelimpah. Pada kondisi ini maka sebagian besar sedimen tidak akan sempat mengendap di Waduk Sengguruh melainkan akan langsung masuk ke Waduk Sutami dan menambah beban sedimentasi pada Waduk Sutami. Hal ini di dasari dan diantisipasi oleh Perum Jasa Tirta I sebagai pengelola Waduk dengan melakukan pekerjaan pengerukan di Waduk sutami.

#### 4.4.1 Analisis dan Metode penanganan Sedimentasi

Metode penanganan sedimentasi Waduk yang dilakukan memegang peranan penting dalam penentuan biaya, terutama apabila penanganan yang dilakukan merupakan metode yang memerlukan biaya tinggi seperti pengerukan yang di lakukan pada Waduk Sengguruh. Untuk itu perlu dilakukan analisa penentuan metode penangan sedimen yang sesuai dengan karakteristik Waduk.

Seperti telah diuraikan sebelumnya pada Bab 2, ada beberapa metode penanganan sedimentasi pada Waduk. Salah satu cara untuk menentukan metode penanganan adalah dengan menggunakan kriteria hasil penelitian yang dilakukan oleh prof. Bassons pada 182 bendungan besar di dunia. Hasil pemetaan 14 Waduk di pulau jawa dengan menggunakan diagram Bassons dapat di amati pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Pengelolaan Sedimen di Waduk (Ruritan 2008)

Tampak bahwa Waduk Sengguruh berada di kwadran III, dimana Waduk Sengguruh termasuk Waduk yang dibangun untuk mengendalikan sedimen (*sediment trap*), yang mana penanganan sedimen yang dapat dilakukan adalah dengan penggelontoran (*flushing*) dan pengerukan (*dredging*). namun untuk penggelontoran pihak PJB tidak menginginkannya hal ini merugikan karena pada metode flushing ini selain membuang sedimen dan membuang air juga yang seharusnya masih bisa di pakai untuk menggerakkan turbin pada PLTA .

#### 4.4.2 Penanganan Sedimentasi Saat Ini

Penanganan sedimen saat ini adalah penanganan yang telah dilakukan pada Waduk melalui pengerukan hingga tahun 2015. Analisa penanganan sedimen saat ini meliputi jumlah jumlah sedimentasi per tahun yang terjadi, rata rata sedimen tahunan yang masuk pada periode waktu tertentu, kondisi tampungan kotor pada tahun 2015 dan penanganan yang sudah dilakukan.

Waduk Sengguruh merupakan salah satu dari tiga Waduk di hulu sungai brantas yang mempunyai fungsi tujuan yang sama. Analisa pada Waduk ini idealnya dilakukan dengan menggunakan data volume Sedimen sejak Waduk Sengguruh beroperasi di tahun 1988 hingga tahun 2015

Data yang digunakan adalah

- Volume tampungan mati Waduk Tahun 2014	= 550.000	ribu m <sup>3</sup>
- Volume tampungan mati Waduk Tahun 1997	= 4.160.000	juta m <sup>3</sup>
- Volume tampungan mati Waduk Tahun 1988	= 19.000.000	juta m <sup>3</sup>
- Rata rata volume pengerukan ( $V_{Dred}$ )	= 0,161	juta m <sup>3</sup>
- Periode 1, tahun 1988 s.d. 2014 (n1)	= 26	
- Periode 2, tahun 1997 s.d. 2014 (n2)	= 17	
- Volume sedimentasi untuk periode 1 $V_{sed-1}$	= 19 – 0,55	
	= 18,45	juta m <sup>3</sup>
Rata rata sedimentasi periode 1 ( $Sed_{av-1}$ )	= 18,45 / 26	
	= 0,709	juta m <sup>3</sup>
- Volume sedimentasi untuk periode 2 $V_{sed-2}$	= 4,16 – 0,55	
	= 3,61	juta m <sup>3</sup>
Rata rata sedimentasi periode 2 ( $Sed_{av-2}$ )	= 3,61 / 17	
	= 0,212	juta m <sup>3</sup>

Mengingat rencana pembangunan beberapa bendungan, cek dam dan sabo dam di hulu Waduk yang tidak terealisasi hingga saat ini (yang tentunya menyebabkan beban sedimentasi pada Waduk Sengguruh menjadi semakin besar) dan agar analisa dapat difokuskan pada perhitungan logis yang dapat dilaksanakan, maka hasil perhitungan sedimentasi pada Waduk Sengguruh yang digunakan adalah dari periode 1997 – 2014, Dimana rata rata sedimentasi adalah 212.000 m<sup>3</sup> / tahun dan rata rata pengerukan 161,124 m<sup>3</sup> / tahun

Hasil perhitungan sedimentasi dan kondisi dari tampungan Waduk Sengguruh saat ini di rangkum pada tabel 4.7 di bawah, dimana tampak bahwa laju sedimentasi total yang terjadi pada Waduk Sengguruh mencapai 212 ribu  $m^3$  / tahun

Tabel 4.7 Laju Sedimentasi dan tampungan Waduk

Waduk	Periode	jumlah tahun	Volume Sedimentasi (juta $m^3$ )	Rata-rata Sedimentasi (juta $m^3$ / th)	Volume Tampungan Waduk Th. 2014		
					tamp. Kotor (juta $m^3$ )	Tamp. Mati (juta $m^3$ )	Tamp. Efektif (juta $m^3$ )
1	2	3	4	5 = 4 / 3	6	7	8
Sengguruh	1997 – 2014	17	3,61	0,212	1,19	0,55	0,64

Sumber : Perhitungan

Catatan :

- Perhitungan pada kolom (4) dari data pada gambar 4.1
- Perhitungan pada kolom (6),(7),(8) dari data pada gambar 4.1

Sedangkan akumulasi penanganan sedimentasi yang telah dilakukan pada Waduk di tampilkan pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Penanganan Sedimen Waduk

Waduk	rata-rata pengerukan (juta $m^3$ / th)	rata-rata Flushing (juta $m^3$ / th)	Volume Penanganan (juta $m^3$ / th)
1	2	3	4 = 2 + 3
Sengguruh	0.161	0	0.161

Sumber : perhitungan

Catatan :

- Perhitungan pada kolom (2) dan (3) dari data pada tabel 4.5,

Tampak bahwa total volume penanganan sedimen pada Waduk Sengguruh hingga saat ini adalah sebesar 161,124 ribu  $m^3$  / tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa penanganan rata rata volume penanganan sedimen yang telah dilakukan belum dapat mengimbangi laju sedimentasi yang terjadi pada Waduk Sengguruh yang mencapai 0,212 juta  $m^3$  / tahun

#### 4.4.3 Alternatif Penanganan Sedimen Waduk

Metode penanganan sedimen yang dilakukan berupa penanganan teknis jangka pendek dengan pengerukan yang di bedakan menjadi 4 alternatif skenario, dengan perbedaan mendasar yang terletak pada volume penanganan sedimen, penambahan kapal keruk / *Dredger*, scenario yang dibuat memperhitungkan waktu pelaksanaan pengerukan, jumlah kapal keruk yang digunakan, dan lokasi pembuangan material.

Pelaksanaan pengerukan sedimen Waduk difokuskan untuk mempertahankan *intake* PLTA agar dapat tetap beroperasi dengan rata rata sedimen yang mengendap 0,245 juta m<sup>3</sup>, sehingga prioritas utama lokasi pengerukan berada pada lokasi sedimen di zona sekitar *intake* PLTA. Pengerukan saat ini dilakukan dengan *Cutter Suction Dredger* Watterman Ellicott Cat D 348 (SKK 09) dan rencana kapal keruk baru yaitu *Cutter Suction Dredger – Hydroland* (SKK 07). Kapal keruk digunakan karena lebih efektif untuk pengerukan di bandingkan dengan *excavator*, kapal ini dirancang khusus yang memiliki fungsi untuk melakukan pengerukan seperti di laut dangkal, sungai, dan danau. Kapasitas produksi dari kapal keruk juga lebih besar dari *excavator*.

Selain volume pengerukan, parameter ketersediaan lokasi pembuangan material (*spoil bank*) menjadi salah satu hal penting, terlebih dengan kondisi keterbatasan lokasi *spoil bank* pada Waduk Sengguruh. Dengan beberapa alternatif lokasi *Spoil bank* diharapkan akan diperoleh analisis yang lebih lengkap. Data kondisi ketersediaan volume *spoil bank* rata rata pada Waduk dapat dilihat pada tabel 4.9

Pengerukan dilakukan selama 5 – 6 bulan dalam 1 tahun, hal ini dikarenakan pengerukan dapat dilaksanakan pada elevasi waduk rata rata 129 m – 132 m, yaitu pada musim kering (Mei-November) dengan head (kedalaman pengerukan maksimum)  $\pm$  6 m, dan jarak buang 600 m. Elevasi paaling rendah kapal keruk dapat beroperasi adalah 2,5 meter, apabila elevasi muka air dibawah itu maka kapal akan kandas, dan apabila pengerukan dilakukan pada musim penghujan dikhawatirkan pipa buang serta alat pendukung lainnya akan terbawa air

Metode pengerukan yaitu dengan memindahkan sedimen hasil pengerukan dalam bentuk campuran sedimen dan air (70:30) ke lokasi *spoil bank* yang berada di pulau pulau sekitar Waduk dengan cara dipompa oleh kapal keruk kemudian dipindahkan dengan menggunakan pipa buang. Rangkaian pipa apung yang berada di air disusun sedemikian rupa sehingga bisa fleksibel dan tidak mengganggu kerja kapal keruk, untuk pipa yang berada di darat harus dipasang penyangga berkenaan dengan lokasi pembuangan material hasil pengerukan, melalui pipa pipa tersebut sedimen akan langsung dibuang menuju *spoil*

*bank* yang telah ditentukan disekitar lokasi pengerukan . Sebelumnya lokasi *spoil bank* juga harus dipersiapkan terlebih dahulu, yaitu dengan melakukan pengukuran dan pekerjaan galian timbunan untuk membuat tanggul dengan menggunakan *excavator*

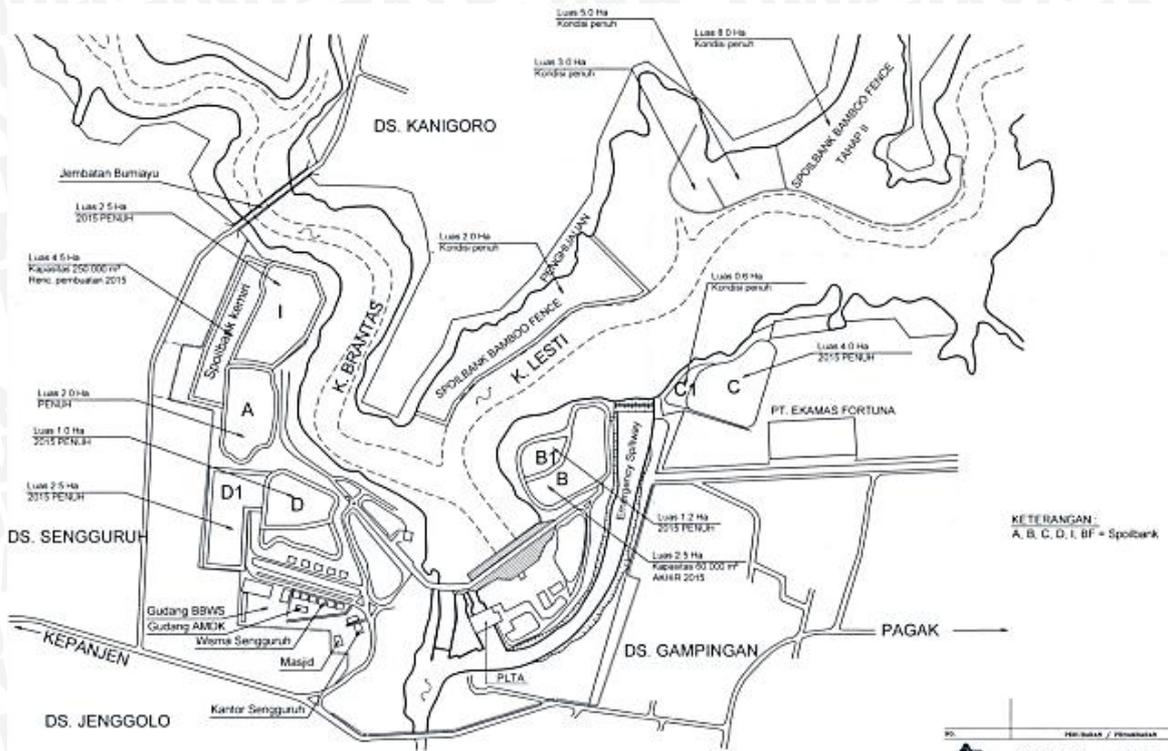


Gambar 4.6 Skema Teknis Kegiatan Pengerukan Sedimen

Tabel 4.9 Kondisi *Spoil bank* pada Waduk Sengguruh

LOKASI SPOIL BANK	Kapasitas saat ini (m <sup>3</sup> )	Kondisi Spoil bank
D,H,A,I	200.000 s.d. 250.000	-Seluruh spoilbank sudah digunakan untuk menampung hasil pekerjaan pengerukan -Volume dapat dicapai dengan dilakukan pekerjaan persiapan yang meliputi peninggian dan penguatan tanggul.
B,C,G		
F,E		
1,2,3,4		

Sumber : PT PJB UP Brantas



Gambar 4.7 Denah Spoil Bank pada Waduk Sengguruh

Simulasi alternatif waktu pengerukan sedimen dan penambahan kapal keruk (*Dredger*) dibagi menjadi 4 (empat) alternatif yaitu :

1. Alternatif 1

Alternatif ini merupakan kondisi eksisting yang saat ini sudah dilakukan oleh perum Jasa Tirta 1 dan PJB Up. Brantas yaitu :

- Waktu pelaksanaan pengerukan dilakukan setiap tahun selama 5 bulan dalam 1 tahun
- Alat yang digunakan adalah 1 buah *Cutter Suction Dredger* yang sudah ada dengan estimasi kapasitas produksi  $70 \text{ m}^2 / \text{jam}$
- Volume pengerukan setiap tahunnya adalah  $147.000 \text{ m}^3$
- Material hasil pengerukan dibuang ke *spoil bank* yang sudah ada

2. Alternatif 2

Pada alternatif ke dua ini dilakukan penambahan waktu pengerukan dan memaksimalkan kemampuan kapasitas kapal keruk

- Waktu pelaksanaan pengerukan dilakukan setiap tahun selama 6 bulan dalam 1 tahun

- Alat yang digunakan adalah 2 buah *Cutter Suction Dredger* yang sudah ada dengan estimasi kapasitas produksi  $70 \text{ m}^2 /$
- Volume pengerukan yang dilakukan berdasarkan kemampuan maksimal kapal keruk (*Dredger*), sehingga dalam setahun volume pengerukan  $168.000 \text{ m}^3$
- Material hasil pengerukan dibuang ke *spoil bank* yang sudah ada.

### 3. Alternatif 3

Pada alternatif ini dilakukan penambahan 1 buah kapal keruk (*Dredger*)

- Waktu pelaksanaan pengerukan dilakukan setiap tahun selama 5 bulan dalam 1 tahun
- Alat yang digunakan adalah 1 buah *Cutter Suction Dredger* yang sudah ada dengan estimasi kapasitas produksi  $70 \text{ m}^3 / \text{jam}$ , dan 1 buah *Cutter Suction Dredger* baru dengan estimasi produksi  $60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Volume total pengerukan berdasarkan kemampuan maksimal produksi kapal keruk (*Dredger*) yaitu sebesar  $273.000 \text{ m}^3$
- Material pengerukan sebesar  $250.000 \text{ m}^3$  dibuang ke *spoil bank* yang sudah ada dan sisanya  $23.000 \text{ m}^3$  dibuang ke *spoil bank* baru.

### 4. Alternatif 4

Pada alternatif 4 dilakukan penambahan waktu pelaksanaan pengerukan dan penambahan 1 buah kapal keruk (*Dredger*).

- Waktu pelaksanaan pengerukan dilakukan setiap tahun selama 6 bulan dalam 1 tahun
- Alat yang digunakan adalah 1 buah *Cutter Suction Dredger* yang sudah ada dengan estimasi kapasitas produksi  $70 \text{ m}^3 / \text{jam}$ , dan 1 buah *Cutter Suction Dredger* baru dengan estimasi kapasitas produksi  $60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Volume total pengerukan berdasarkan kemampuan maksimal produksi kapal keruk (*Dredger*) adalah  $312.000 \text{ m}^3$
- Material pengerukan sebesar  $250.000 \text{ m}^3$  dibuang ke *spoil bank* yang sudah ada, dan sisanya  $62.000 \text{ m}^3$  di buang ke *spoil bank* baru

Berdasarkan 4 alternatif tersebut maka data yang juga dibutuhkan adalah kapasitas *spoil bank* yang ada saat ini, berikut kondisi ketersediaan *spoil bank* di sekitar Waduk Sengguruh dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Ketersediaan *Spoil bank* pada Waduk Sengguruh

KAPASITAS PENAMPUNGAN				
PJPSDA 2015	Sat	DESAIN	TERPAKAI	SISA
TOTAL SPOILBANK A	m <sup>3</sup>	250.000	250.000	-
TOTAL SPOILBANK I	m <sup>3</sup>	100.000	100.000	-
TOTAL SPOILBANK BI	m <sup>3</sup>	30.000	30.000	-
TOTAL SPOILBANK B	m <sup>3</sup>	60.000	60.000	-
TOTAL SPOILBANK C	m <sup>3</sup>	280.000	280.000	-
TOTAL SPOILBANK D	m <sup>3</sup>	560.000	560.000	-
TOTAL SPOILBANK D1	m <sup>3</sup>	125.000	125.000	-
BAMBOO FENCE 1	m <sup>3</sup>	60.000	60.000	-
BAMBOO FENCE 2	m <sup>3</sup>	160.000	160.000	-
KEMIRI	m <sup>3</sup>	250.000	-	250.000
		<b>1.875.000</b>	<b>1.625.000</b>	<b>250.000</b>

Sumber : PJB UP. Brantas

Tampak dari tabel 4.10 bahwa total volume *Spoil bank* yang tersisa saat ini sebesar 250.000 m<sup>3</sup>. Kondisi ini menunjukkan bahwa spoilbank yang ada saat terlalu mengkhawatirkan dikarenakan jumlah sedimen yang memasuki waduk mendekati 250.000 m<sup>3</sup> sehingga diperlukan penambahan spoilbank baru untuk menampung sedimen yang akan dikeruk di kemudian hari. Untuk menanggulangi kekurangan spoil bank ini Perusahaan melakukan pembuatan spoil bank baru dan melakukan hauling / pengangkutan sedimen yang berada di daerah spoil bank yang ada di sekitar Waduk Sengguruh kelokasi pembuangan sedimen

Selanjutnya pada tabel 4.11 merupakan beberapa alternatif penanganan sedimen yang dilakukan pada Waduk Sengguruh, ada 4 alternatif dengan waktu pengerukan, jumlah kapal keeruk, jumlah pengerukan, jumlah spoilbank, dan rencana hauling / pengangkutan yang berbeda beda . Sehingga pada tabel ini mempermudah untuk menganalisa biaya apa saja yang akan dikeluarkan oleh perusahaan dalam menangani Waduk Sengguruh

Tabel 4.11 Alternatif Penanganan Sedimen pada Waduk Sengguruh

Alternatif	Rencana Pengerukan			Rencana Pembuangan		Rencana Hauling	Biaya
	Waktu	Jumlah Kapal Keruk	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume Spoil Bank Eksisting (m <sup>3</sup> )	Volume Spoil Bank Baru (m <sup>3</sup> )	Volume hauling (m <sup>3</sup> )	
1	5 bulan	1 unit	147.000	147.000	-	15.000	Biaya pengerukan 1 kapal keruk eksisting + spoil bank eksisting + hauling
2	6 bulan	1 unit	168.000	168.000	-	16.500	Biaya pengerukan 1 kapal keruk eksisting + spoil bank eksisting + hauling
3	4 bulan	2 unit	273.000	250.000	23.000	15.000	Biaya pengerukan 1 kapal keruk eksisting dan 1 baru + spoil bank eksisting + hauling
4	6 bulan	2 unit	312.000	250.000	62.000	16.500	Biaya pengerukan 1 kapal keruk eksisting dan 1 baru + spoil bank eksisting + hauling

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.12 Kondisi Waduk Sengguruh pada berbagai simulasi alternatif

Keterangan		alternatif 1	alternatif 2	alternatif 3	alternatif 4
Vol. tamp. Mati 2014	m <sup>3</sup>	550.000	550.000	550.000	550.000
rata-rata laju sedimen	m <sup>3</sup> / tahun	212.000	212.000	212.000	212.000
pengerukan	m <sup>3</sup> / tahun	147.000	168.000	273.000	312.000
Sedimen setelah dikeruk	m <sup>3</sup> / tahun	65.000	44.000	-61.000	-100.000

Sumber : hasil Perhitungan

#### 4.5 Biaya Penanganan Sedimen Waduk Sengguruh

Analisis harga satuan pekerjaan yang digunakan dalam perhitungan biaya penanganana sedimen Waduk Sengguruh adalah analisis harga satuan yang dihitung berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum dengan standar biaya yang disesuaikan dari perum Jasa Tirta I, perincian analisis harga satuan dalam setiap aktivitas

dapat di lihat pada lampiran dan berikut merupakan analisis setiap aktivitas dalam pengerukan :

- Biaya pengerukan merupakan biaya untuk melaksanakan pekerjaan pengerukan, dibagi menjadi empat, yaitu ;
  1. Biaya pengerukan dengan kapal keruk eksisting *Cutter Suction Dredger* (Watterman Ellicott Cat D 348 (SKK 09) selama 5 bulan sebesar Rp. 36.700,-/ m<sup>3</sup>
  2. Biaya pengerukan dengan kapal keruk eksisting *Cutter Suction Dredger* (Watterman Ellicott Cat D 348 (SKK 09) selama 6 bulan sebesar Rp. 34.700,-/ m<sup>3</sup>
  3. Biaya pengerukan dengan kapal keruk baru (*Cutter Section Dredger – Hydroland*) selama 5 bulan sebesar Rp. 34.300,-/ m<sup>3</sup>
  4. Biaya pengerukan dengan kapal keruk baru (*Cutter Section Dredger – Hydroland*) selama 6 bulan sebesar Rp. 32.600,-/ m<sup>3</sup>

Biaya *spoil bank* merupakan biaya untuk membuat *spoil bank* sebagai penampung material hasil pengerukan, biaya ini dibagi mejadi empat yaitu :

1. Penyiapan *Spoil bank* eksisting untuk pengerukan 5 bulan sebesar Rp. 12.800,-/ m<sup>3</sup>
2. Penyiapan *Spoil bank* eksisting untuk pengerukan 6 bulan sebesar Rp. 11.400,-/ m<sup>3</sup>
3. Pembuatan *Spoil bank* baru untuk pengerukan 5 bulan sebesar Rp. 17.400,-/ m<sup>3</sup>
4. Pembuatan *Spoil bank* baru untuk pengerukan 6 bulan sebesar Rp. 15.600,- / m<sup>3</sup>

Biaya *hauling* yaitu pengangkutan material sedimen yang memenuhi spoil bank

1. Proses *hauling* untuk 5 bulan sebesar Rp. 33.200,-
  2. Proses *hauling* untuk 6 bulan sebesar Rp. 23.300,-
- Biaya pembebasan lahan untuk lokasi spoil bank baru merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan pembebasan lahan sebagai lokasi spoil bank baru. Dengan asumsi tinggi tanggul 6 m, material terisi 5 m, maka diperlukan lahan seluas 20.000 m<sup>2</sup> untuk menampung setiap 100.000 m<sup>3</sup> sedimen yang dikeruk. Nilai jual tanah di daerah kabupaten Malang adalah sebesar Rp. 70.000,- / m<sup>2</sup>
  - Biaya investasi peralatan merupakan biaya yang digunakan untuk investasi kapal keruk baru beserta dengan kelengkapannya, dengan biaya investasi yaitu sekitar Rp. 14.500.426.500,-
  - Selain biaya penanganan sedimen, biaya pembangunan waduk dan biaya O&P waduk juga diperhitungkan, karena manfaat tidak akan didapat jika waduk tidak dibangun ,

biaya pembangunan pada tahun 1988 adalah Rp.138.050.000.000,- dan biaya O&P waduk Rp. 2.376.827.792,-

- Biaya Pembangunan Waduk Pada tahun 1988 yaitu: Rp. 80.000.000.000,- dan di konversikan ke tahun 2016 sebagai berikut :

$$F = P (1 + i)^n = 80.000.000.000 \times (1 + 12 \%)^{28}$$

$$F = \text{Rp. } 1.910.709.319.000,-$$

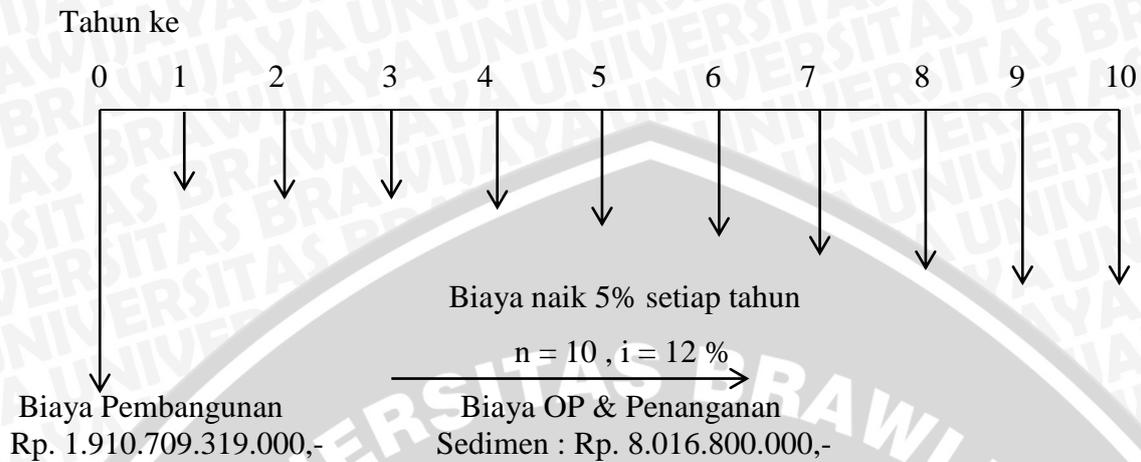
Untuk menghitung biaya penanganan sedimen maka dapat dilakukan dengan mengalikan harga satuan pekerjaan dengan volume pekerjaan yang akan dilakukan. Berikut adalah perhitungan biaya penanganan sedimen yang dilaksanakan pada tiap tiap alternatif

Alternatif 1:

1. Biaya O&P Waduk : Rp. 245.300.000,-
2. Biaya pengerukan  
Volume pengerukan : 147.000 m<sup>3</sup>  
Harga satuan pengerukan : Rp.36.700,- / m<sup>3</sup>  
Biaya pengerukan : Rp.36.700 x 147.000 m<sup>3</sup> = Rp. 5.394.900.000,-
3. Biaya spoil bank eksisting  
Volume Spoil Bank : 147.000 m<sup>3</sup>  
Harga Satuan Spoil Bank : Rp. 12.800,- / m<sup>3</sup>  
Biaya penyiapan Spoil bank : Rp. 12.800,- x 147.000 m<sup>3</sup> = Rp. 1.881.600.000,-
4. Biaya Spoil Bank baru  
Pembebasan lahan : tidak ada  
Pembuatan spoil bank : tidak ada
5. Biaya *Hauling*  
Volume *hauling* : 15.000 m<sup>3</sup>  
Harga Satuan *Hauling* : Rp. 33.300,- / m<sup>3</sup>  
Biaya Pengangkutan (*hauling*) : Rp. 33.300,- /m<sup>3</sup> x 15.000 m<sup>3</sup> = Rp.495.000.000,-
6. Biaya Investasi *Dredger* : tidak ada

Seluruh biaya kegiatan pengerukan selama satu tahun kemudian diproyeksikan setiap tahun selama sisa usia guna waduk pada tiap alternatif. Kenaikan biaya tiap tahun diasumsikan 5 % hal ini ditentukan dari Negara Indonesia mengalami tingkat inflasi 5% pada periode 2005-2014, dengan bunga bank 12 %, bunga bank ini ditentukan setelah melakukan brainstorming dengan pihak perusahaan.

Biaya Investasi pembangunan jika di konversikaan ke tahun 2016

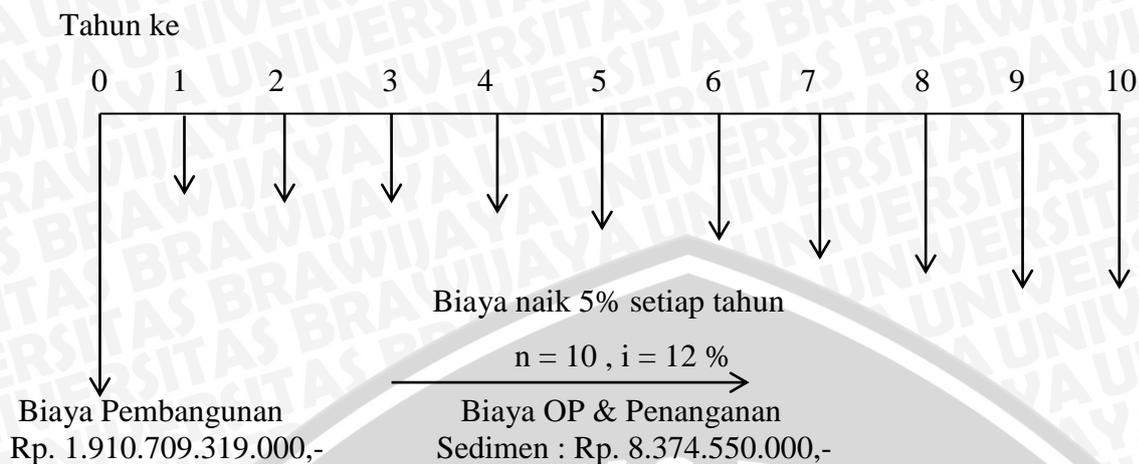


Gambar 4.8 Diagram *Present Value* Biaya Penanganan Sedimen Alternatif 1

Alternatif 2 :

1. Biaya O&P Waduk : Rp. 245.300.000,-
2. Biaya pengerukan  
Volume pengerukan : 168.000 m<sup>3</sup>  
Harga satuan pengerukan : Rp.34.700,- / m<sup>3</sup>  
Biaya pengerukan : Rp. 34.700 x 168.000 m<sup>3</sup> = Rp. 5.829.600.000,-
3. Biaya spoil bank eksisting  
Volume Spoil Bank : 168.000 m<sup>3</sup>  
Harga Satuan Spoil Bank : Rp. 11.400,- m<sup>3</sup>  
Biaya penyiapan Spoil bank : Rp. 11.400 x 168.000 m<sup>3</sup> = Rp. 1.915.200.000,-
4. Biaya Spoil Bank baru  
Pembebasan lahan : tidak ada  
Pembuatan spoil bank : tidak ada
5. Biaya *Hauling*  
Volume *hauling* : 16.500 m<sup>3</sup>  
Harga Satuan *Hauling* : Rp. 23.300,- / m<sup>3</sup>  
Biaya Pengangkutan (*hauling*) : Rp. 23.300,- /m<sup>3</sup> x 16.500 m<sup>3</sup> = Rp.384.450.000,-
6. Biaya Investasi *Dredger* : tidak ada

Biaya Investasi pembangunan jika di konversikaan ke tahun 2016

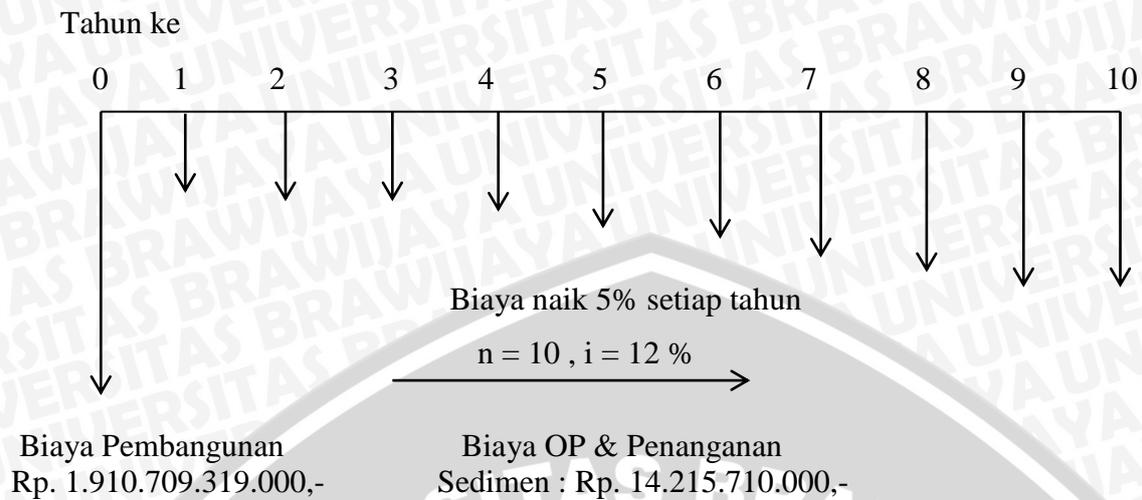


Gambar 4.9 Diagram *Present Value* Biaya Penanganan Sedimen Alternatif 2

Alternatif 3 :

1. Biaya O&P Waduk : Rp. 245.300.000,-
2. Biaya pengerukan  
Volume pengerukan : 273.000 m<sup>3</sup>  
Harga satuan pengerukan : Rp.36.700,- / m<sup>3</sup>  
Biaya pengerukan : Rp. 36.700 x 273.000 m<sup>3</sup> = Rp. 9.603.900.000,-
3. Biaya spoil bank eksisting  
Volume Spoil Bank : 250.000 m<sup>3</sup>  
Harga Satuan Spoil Bank : Rp. 12.800,- m<sup>3</sup>  
Biaya penyiapan Spoil bank : Rp. 12.800 x 250.000 m<sup>3</sup> = Rp. 3.200.000.000,-
4. Biaya Spoil Bank baru  
Volume Spoil Bank : 23.000 m<sup>3</sup>  
Harga Satuan Spoil Bank : Rp. 17.400,- m<sup>3</sup>  
Biaya penyiapan Spoil bank : Rp. 17.400 x 23.000 m<sup>3</sup> = Rp. 400.200.000,-
5. Biaya *Hauling*  
Volume *hauling* : 15.000 m<sup>3</sup>  
Harga Satuan *Hauling* : Rp. 33.300,- / m<sup>3</sup>  
Biaya Pengangkutan (*hauling*) : Rp. 33.300,- /m<sup>3</sup> x 15.000 m<sup>3</sup> = Rp.498.000.000,-
6. Biaya Investasi *Dredger* : Rp. 14.500.426.500,-

Biaya Investasi pembangunan jika di konversikaan ke tahun 2016

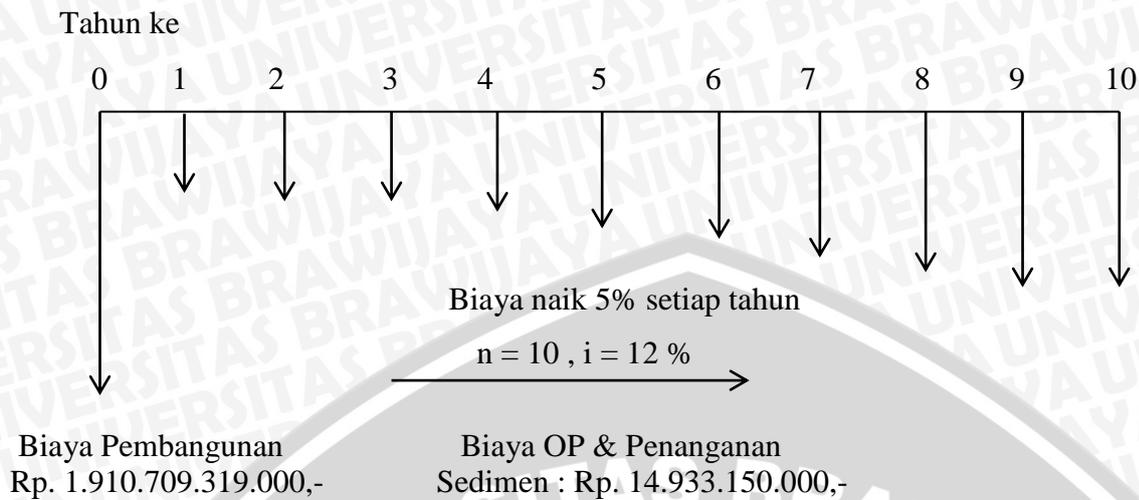


Gambar 4.10 Diagram *Present Value* Biaya Penanganan Sedimen Alternatif 3

Alternatif 4 :

1. Biaya O&P Waduk : Rp. 245.300.000,-
2. Biaya pengerukan  
 Volume pengerukan : 312.000 m<sup>3</sup>  
 Harga satuan pengerukan : Rp.34.700,- / m<sup>3</sup>  
 Biaya pengerukan : Rp. 34.700 x 312.000 m<sup>3</sup> = Rp. 10.486.200.000,-
3. Biaya spoil bank eksisting  
 Volume Spoil Bank : 250.000 m<sup>3</sup>  
 Harga Satuan Spoil Bank : Rp. 11.400,- m<sup>3</sup>  
 Biaya penyiapan Spoil bank : Rp. 11.400 x 250.000 m<sup>3</sup> = Rp. 2.850.000.000,-
4. Biaya Spoil Bank baru  
 Volume Spoil Bank : 62.000 m<sup>3</sup>  
 Harga Satuan Spoil Bank : Rp. 15.600,- m<sup>3</sup>  
 Biaya penyiapan Spoil bank : Rp. 15.600 x 62.000 m<sup>3</sup> = Rp. 967.200.000,-
5. Biaya *Hauling*  
 Volume *hauling* : 16.500 m<sup>3</sup>  
 Harga Satuan *Hauling* : Rp. 23.300,- / m<sup>3</sup>  
 Biaya Pengangkutan (*hauling*) : Rp. 23.300,- /m<sup>3</sup> x 16.500 m<sup>3</sup> = Rp.384.450.000,-
6. Biaya Investasi *Dredger* : Rp. 14.500.426.500,-

Biaya Investasi pembangunan jika di konversikaan ke tahun 2016



Gambar 4.11 Diagram *Present Value* Biaya Penanganan Sedimen Alternatif 4

Hasil perhitungan biaya kegiatan pengerukan untuk seluruh alternatif di tampilkan pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Rekapitulasi Biaya Pengerukan Sedimen Waduk Sengguruh

Uraian	Biaya Kegiatan pengerukan (Rp.)			
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Biaya O&P Waduk	245.300.000,-	245.300.000,-	245.300.000,-	245.300.000,-
Biaya pengerukan	5.394.900.000,-	5.829.600.000,-	9.603.900.000,-	10.486.200.000,-
Biaya Spoil Bank Eksisting	1.881.600.000,-	1.915.200.000,-	3.200.000.000,-	2.850.000.000,-
Biaya Spoil Bank Baru	-	-	400.200.000,-	967.200.000,-
Biaya <i>hauling</i>	495.000.000,-	384.450.000,-	498.000.000,-	384.450.000,-
Biaya Investasi <i>Dredger</i>	-	-	14.500.426.500	14.500.426.500,-
Jumlah	8.016.800.000,-	8.374.550.000,-	14.215.710.000,-	14.933.150.000,-

Sumber : hasil Perhitungan

#### 4.6 Analisis Manfaat ekonomi Air Waduk

Nilai manfaat yang dihitung pada analisa manfaat ekonomis air Waduk didasarkan pada manfaat yang didapatkan oleh pengelola Waduk, yaitu Perum Jasa Tirta I melalui nilai ekonomis dari PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang selanjutnya dikelola oleh PJB selain itu manfaat lain yang diperoleh dari Waduk yaitu manfaat penyewaan lahan irigasi pada daerah disekitar Waduk

##### 4.6.1 Manfaat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Manfaat ekonomi untuk PLTA dihitung dengan melakukan perkalian antara jumlah energy listrik pada Waduk Sengguruh dengan tarif biaya jasa Pengelolaan Sumber daya Air (BJPSDA) tahun 2015 yang didapat dari Perum Jasa Tirta I, sebesar Rp. 130 / Kwh, produksi listrik yang digunakan pada perhitungan yaitu rata rata produksi listrik dari tahun 2005 s.d. tahun 2014, dengan nilai rata rata sebesar 81,879,052 Kwh/ tahun . Data produksi listrik Waduk Sengguruh dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.14 Data Produksi Listrik dari tahun ke tahun

No.	Tahun	Produksi Listrik (kWh)	No.	Tahun	Produksi Listrik (kWh)
1	1992	96.606.200	13	2004	69.213.759
2	1993	76.887.700	14	2005	71.277.700
3	1994	68.716.200	15	2006	74.312.050
4	1995	73.796.800	16	2007	58.940.860
5	1996	75.781.700	17	2008	81.632.300
6	1997	52.708.200	18	2009	73.950.620
7	1998	88.642.300	19	2010	113.350.625
8	1999	91.620.600	20	2011	80.045.411
9	2000	87.517.953	21	2012	90.620.000
10	2001	94.895.621	22	2013	110.644.201
11	2002	81.945.174	23	2014	100.045.770
12	2003	70.066.450	rerata produksi listrik		81.879.052

Sumber : PT. PJB UP Brantas

##### 4.6.2 Manfaat irigasi

Berdasarkan permen PU no. 08/PRT/M/2004 tentang pedoman perhitungan biaya jasa pengelolaan Sumber Daya Air untuk kegiatan usaha air minum, kegiatan usaha industry , kegiatan usaha pembangkit tenaga listrik , dan kegiatan usaha pertanian, nilai

manfaat ekonomi irigasi atau pertanian rakyat didapat dari perhitungan keuntungan hasil pertanian (jumlah pendapatan dikurangi total biaya produksi)

Dalam perhitungan ini biaya satuan produksi didapat dari data lapangan yang terdiri dari biaya sewa lahan, pengelolaan lahan, bibit, pemeliharaan tanaman, dan panen. Daerah pertanian yang diperhitungkan yaitu daerah pertanian yang irigasinya berasal dari sungai lesti, sungai Amprong, dan Sungai Bango

Tabel 4.15 Perhitungan Biaya Satuan Produksi Pertanian

No.	Jenis Biaya Produksi	Nilai (Rp/ha)	
		Padi	Palawija
1	Sewa lahan	1.800.000,-	1.800.000,-
2	Pemeliharaan Tanaman (pupuk, obat, dll.)	2.500.000,-	2.450.000,-
3	pengelolaan Lahan	2.800.000,-	3.100.000,-
4	Bibit	100.000,-	500.000,-
Total Biaya Satuan produksi		7.200.000,-	7.850.000,-

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.15 dapat diketahui bahwa Total Biaya Satuan produksi untuk Padi sebesar Rp. 7.200.000,- per hektar dan untuk Palawija sebesar Rp. 7.850.000,- per hektar dan dari total biaya satuan produksi ini selanjutnya digunakan untuk menghitung keuntungan bersih dari kegiatan irigasi Waduk Sengguruh.

Tabel 4.16 Luas Areal dan Hasil Pertanian Irigasi Sungai Lesti, Amprong, dan Bango

No.	Jenis tanaman	Luas Areal (Ha)		Produktivitas Ton/ha		Hasil Pertanian	
		MT I	MT II	MT I	MT II	MT I	MT II
<b>SUNGAI LESTI</b>							
1	Padi	25	27	24,5	26,2	612,5	707,4
2	Jagung	12,5	10	11,6	9,6	145	96
<b>SUNGAI Amprong</b>							
1	Padi	25	10,5	23,04	8,5	576	89,25
2	Jagung	8,4	5	6,5	4,46	54,6	22,3
<b>SUNGAI Bango</b>							
1	Padi	11,5	18,7	10,9	15,5	125,35	289,85
2	Jagung	12	7,1	10,56	6,53	126,72	46,363
<b>TOTAL</b>		<b>94,4</b>	<b>78,3</b>	<b>87,1</b>	<b>70,79</b>	<b>1.640</b>	<b>1.251</b>
<b>TOTAL hasil pertanian (padi)</b>						<b>2.400</b>	
<b>TOTAL hasil pertanian (palawija)</b>						<b>491</b>	

Sumber : Perhitungan

Perhitungan satuan nilai manfaat ekonomi irigasi adalah sebagai berikut

**A. Manfaat Irigasi**

1. Jumlah panen padi	: 2.400	ton
Luas panen padi	: 117,7	ha
Jumlah panen padi / ha	: 20,39	ton/ha
Harga gabah	: 5.500.000,-	Rp./ton
Manfaat padi	: 11.2165.887,-	Rp./ha
2. Jumlah panen jagung	: 491	ton
Luas panen jagung	: 55	ha
Jumlah panen jagung / ha	: 8.93	ton/ha
Harga jagung	: 3.700.000,-	Rp./ton
Manfaat jagung	: 33.029.765,-	Rp/ha

**Total manfaat irigasi : 145.195.653,- Rp/ha**

**B. Biaya Produksi**

1. Biaya Produksi padi	: 7.200.000,-	Rp/ha
2. Biaya produksi jagung	: 7.850.000,-	Rp/ha

**Total biaya Produksi : 15.050.000,- Rp/ha**

**C. Keuntungan Bersih**

**Total manfaat – Total Biaya : 130.145.653,-Rp/ha**

**D. Total keuntungan**

**130.145.653 Rp/ha x 122,32 ha : 22.476.154.326,- Rp.**

Tabel 4.17 Rekapitulasi Manfaat Ekonomi Pengerukan Waduk Sengguruh

No	Uraian	Manfaat Kegiatan Pengerukan			
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
1	Manfaat air untuk PLTA	10.719.605.490,-	10.719.605.490,-	10.719.605.490,-	10.719.605.490,-
2	Manfaat air Untuk Irigasi	22.476.154.326,-	22.476.154.326,-	22.476.154.326,-	22.476.154.326,-
	Jumlah	33.195.759.816	33.195.759.816	33.195.759.816	33.195.759.816

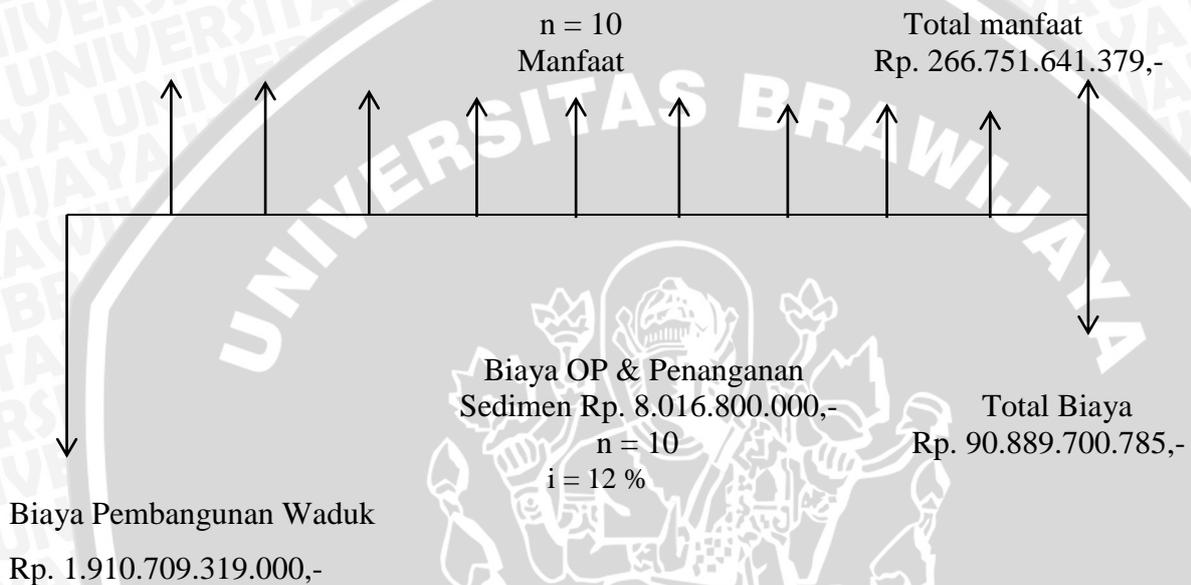
Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.7 Analisis Ekonomi

Dalam analisis ekonomi ini seluruh biaya pengerukan sedimen dari setiap alternatif akan disimulasikan dengan manfaat yang didapatkan dari kegiatan pengerukan. Nilai yang didapat dari analisis ini yaitu *Net benefit* (B-C), *Benefit Cost* (B/C) ratio, *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Net Present Value* (NPV).

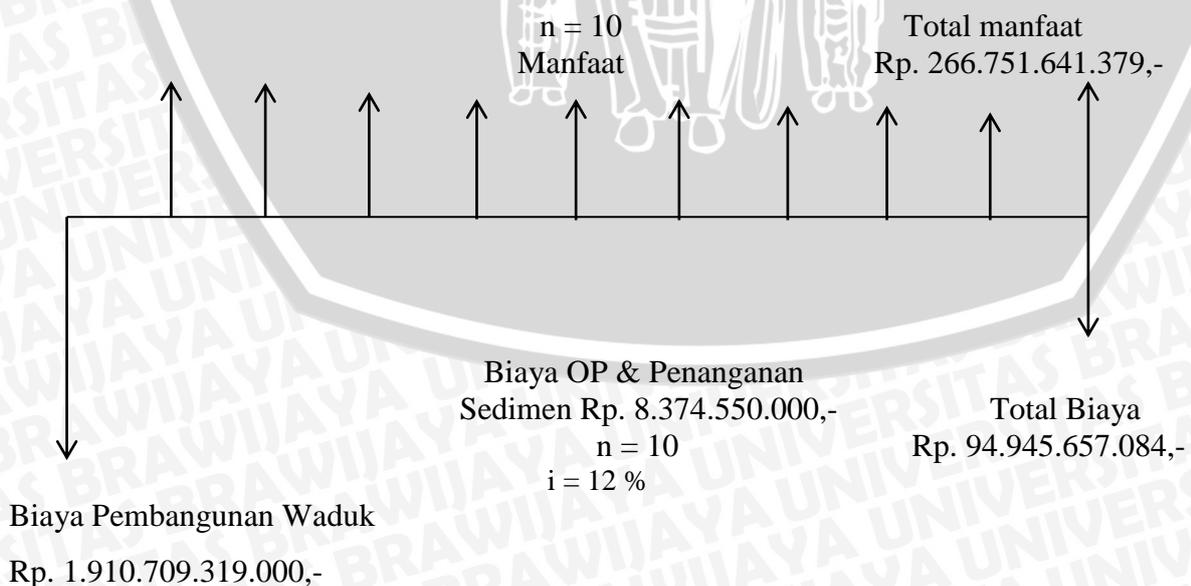
Untuk perhitungan manfaat dan biaya dari masing masing alternatif dapat dilihat pada lampiran. Berikut merupakan Diagram Present Value dari tiap tiap alternatif

Alternatif 1 :



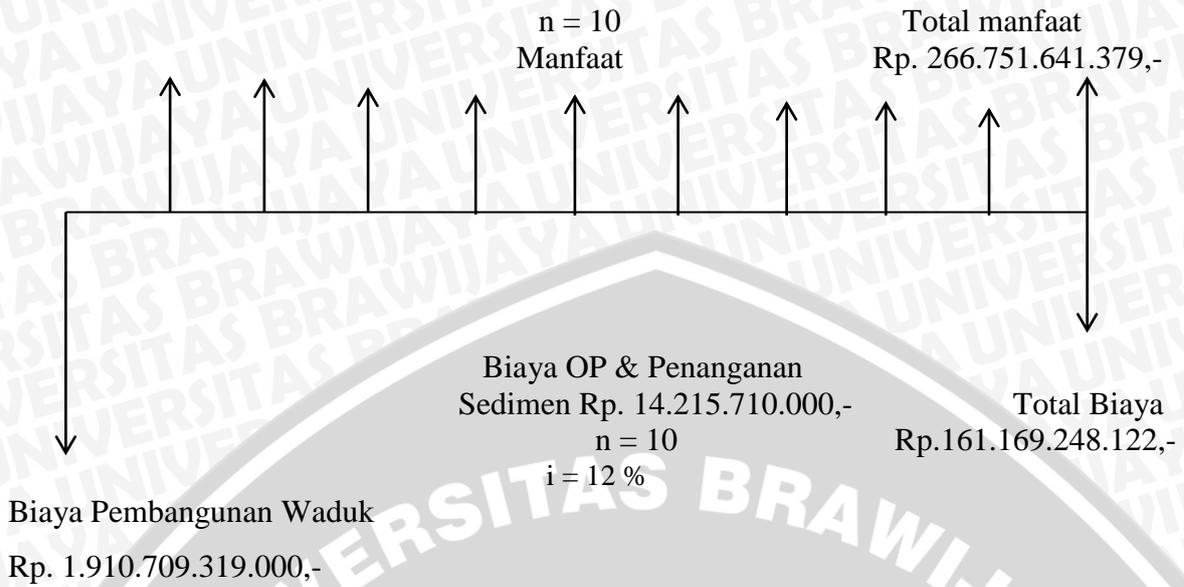
Gambar 4.12 Diagram *Present Value* Manfaat Bersih pengerukan sedimen Alternatif 1

Alternatif 2 :



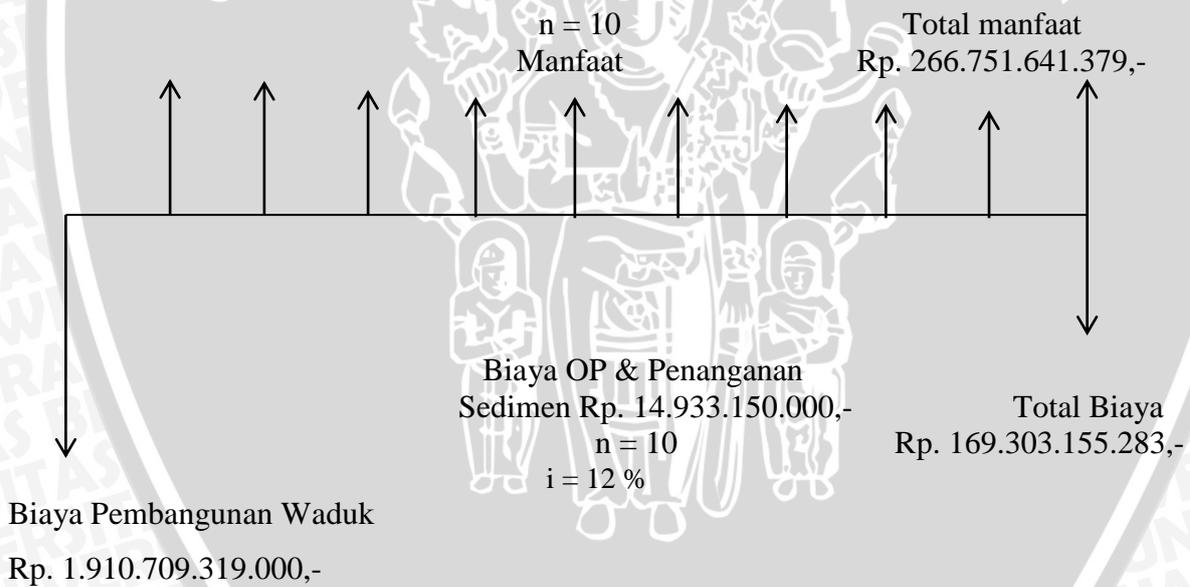
Gambar 4.13 Diagram *Present Value* Manfaat Bersih pengerukan sedimen Alternatif 2

Alternatif 3 :



Gambar 4.14 Diagram *Present Value* Manfaat Bersih pengerukan sedimen Alternatif 3

Alternatif 4 :



Gambar 4.15 Diagram *Present Value* Manfaat Bersih pengerukan sedimen Alternatif 4

Rekapitulasi hasil perhitungan analisis ekonomi dari masing-masing alternatif akan ditampilkan pada tabel 4.18

Tabel 4.18 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Analisis Ekonomi Pengerukan Sedimen

Uraian	Alternatif Pengerukan Sedimen			
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Total Biaya (Rp)	90.889.700.785,-	94.945.657.084,-	161.169.248.122,-	169.303.155.283,-
Total Manfaat (Rp)	266.751.641.379	266.751.641.379	266.751.641.379	266.751.641.379
B/C	2,93	2,81	1,66	1,75
IRR	41,31%	41,25%	38,70%	38,94%
NPV	103.460.988.036	101.030.654.942	33.901.555.255	29.027.709.902

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.8 Analisis dan Pembahasan

##### a. Alternatif 1

Alternatif 1 merupakan gambaran dari kondisi eksisting kegiatan pengerukan yang saat ini telah dilaksanakan di Waduk Sengguruh dengan total pengerukan 147.000 m<sup>3</sup> yang dilakukan selama 5 bulan dengan 1 *Dredger*. Hasil analisis ekonomi pada alternatif 1 yaitu B/C sebesar 2,93, nilai IRR sebesar 41,31% dan NPV adalah 103.460.988.036,-

Apabila ditinjau dari analisis ekonomi, maka alternatif 1 ini layak untuk dilaksanakan, karena nilai NPVnya positif,  $B/C > 0$ ,  $IRR >$  suku bunga bank, pada alternatif 1 ini mempunyai nilai B/C, NPV, dan IRR yang paling besar daripada alternatif lain, namun alternatif 1 hanya melakukan kegiatan pengerukan sebesar 147.000 m<sup>3</sup> tiap tahunnya sehingga tidak dapat memenuhi pengerukan yang seharusnya dilakukan yaitu sebesar 212.000 m<sup>3</sup> tiap tahunnya karena hal ini alternatif ini tidak dipilih.

##### b. Alternatif 2

Kegiatan pengerukan pada alternatif 2 hampir sama dengan alternatif 1 hanya saja waktu pengerukannya lebih lama yakni selama 6 bulan, sehingga volume pengerukan lebih besar. Pada alternatif ini nilai B/C sebesar 2,81, nilai IRR sebesar 41,25%, dan nilai NPV adalah Rp. 101.030.654.942,-

Hasil analisis ekonomi pada alternatif inipun tidak jauh berbeda dengan alternatif 1, apabila ditinjau dari analisis ekonomi, maka alternatif 2 ini layak untuk dilaksanakan, karena nilai NPVnya positif,  $B/C > 0$ ,  $IRR >$  suku bunga bank, namun alternatif 2 hanya

melakukan kegiatan pengerukan sebesar 168.000 m<sup>3</sup> tiap tahunnya sehingga tidak dapat memenuhi pengerukan yang seharusnya dilakukan yaitu sebesar 212.000 m<sup>3</sup> tiap tahunnya karena hal ini alternatif inipun tidak dipilih karena belum memenuhi target pengerukan.

c. Alternatif 3

Rencana kegiatan pengerukan pada alternatif 3 yaitu pengerukan dilakukan selama 5 bulan dengan adanya penambahan 1 buah kapal keruk, sehingga volume pengerukan juga bertambah besar menjadi 273.000 m<sup>3</sup>/tahun, karena itu spoil bank baru juga perlu dibuat . karena adanya penambahan kapal keruk dan spoil bank baru maka biaya yang diperlukan juga semakin bertambah daripada alternatif 1 dan alternatif 2.

Berdasarkan analisis ekonomi maka diperoleh, nilai B/C adalah 1.66, nilai IRR adalah 38.70%, dan nilai NPV sebesar Rp. 33.901.555.255,-. Secara ekonomis alternatif 3 ini layak untuk dilaksanakan karena  $B/C > 0$  ,  $IRR > \text{suku bank}$  , dan nilai B/C lebih kecil dari alternatif 1 dan 2 karena pada alternatif ini biaya bertambah karena ada penambahan *Dredger* untuk pengerukan sehingga volume pengerukan bertambah, namun keuntungan yang diperoleh akan semakin kecil jika dibandingkan dengan alternatif 1 dan 2 yang memiliki nilai NPV yang lebih besar.

Pada alternatif 3 ini kegiatan pengerukan yang dilakukan dapat mengimbangi laju sedimentasi yang ada pada Waduk Sengguruh yakni dapat mengeeruk sedimen mencapai 273.000 m<sup>3</sup> /tahun dari jumlah sedimen yang memasuki Waduk tiap tahunnya sebesar 212.000 m<sup>3</sup>/tahun maka alternatif ini layak diperhitungkan karena sudah dapat mengatasi jumlah laju sedimentasi yang terjadi pada Waduk Sengguruh. Dan pada alternatif 3 ini biaya yang dikeluarkan lebih murah dibandingkan dengan alternatif 4

d. Alternatif 4

Kegiatan pengerukan pada alternatif 4 hampir sama dengan alternatif 3, namun dengan meningkatkan waktu pengerukan menjadi 6 bulan dalam 1 tahun. Hasil analisis ekonominya yaitu, nilai B/C adalah 1,75, nilai IRR adalah 38,94%, dan nilai NPV nya adalah Rp. 29.027.709.902,-

Dilihat dari volume pengerukan waduk dan analisis ekonominya alternatif 4 adalah alternatif yang paling banyak dalam melakukan pengerukan dalam 1 tahun yakni sebesar 312.000 m<sup>3</sup>, namun jika dibandingkan dengan alternatif 3, alternatif 4 membutuhkan biaya yang lebih besar yaitu sebesar Rp. 169.303.155.283,- dan NPV pada alternatif 4 lebih kecil jika dibandingkan dengan alternatif 3 .

Setelah melakukan analisis pada keempat alternatif, diketahui bahwa seluruh alternatif layak untuk dilaksanakan, karena memiliki nilai NPV yang bernilai positif,  $B/C > 0$  dan  $IRR >$  suku bunga bank, Nilai NPV pada alternatif 1 dan 2 paling besar di bandingkan nilai NPV 3 dan 4, namun berdasarkan perhitungan analisis efektifitas dalam pengerukan dapat diketahui bahwa hanya alternatif 3 dan 4 yang memiliki nilai efektifitas paling besar dari kegiatan pengerukan yang dapat dilakukan, yaitu dapat meningkatkan pengerukan sehingga jumlah pengerukan yang dilakukan dapat mengimbangi jumlah sedimentasi yang terjadi setiap tahunnya bahkan lebih besar yakni sebesar  $273.000 \text{ m}^3 / \text{tahun}$  untuk alternatif 3 dan  $312.000 \text{ m}^3 / \text{tahun}$  untuk alternatif 4, karena itu pemilihan alternatif di persempit lagi dari alternatif 3 dan alternatif 4 saja yang di pilih selanjutnya dari kedua alternatif tersebut di analisa dari segi aspek ekonomi kegiatan pengerukannya, setelah dihitung dapat diketahui bahwa alternatif 3 lah yang memiliki biaya lebih murah di bandingkan dengan alternatif 4 dan dari segi NPV alternatif 3 memiliki nilai NPV yang lebih besar dibandingkan alternatif 4, alternatif 3 ini juga sudah mampu mengimbangi jumlah laju sedimentasi yang memasuki Waduk Sengguruh, maka dari itu diputuskan untuk memilih alternatif 3 karena paling tepat untuk direkomendasikan dalam kegiatan pengerukan di Waduk Sengguruh.

