

DESIGN BANGUNAN PENANGKAP SEDIMEN DANAU LIMBOTO

Suwignyo

Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Malang

Minarni Nur Trilita

Program Studi Teknik Sipil
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

ABSTRAK

Pengendapan sedimen yang terjadi di Danau Limboto dan di daerah sekitar danau telah menjadi permasalahan yang semakin kritis, terutama akibat pengusahaan hutan yang kurang terkontrol di DAS bagian hulu yang berubah menjadi lahan terbuka dan mudah terkikis oleh aliran permukaan. Pada musim hujan banjir dan kekeringan di bagian barat danau pada musim kemarau. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya dengan membuat bangunan penangkap sedimen di Danau Limboto. Tujuan studi ini untuk mendapatkan bangunan penangkap sedimen yang sesuai di Danau Limboto.

Kata kunci: sedimen, bangunan, danau.

PENDAHULUAN

Danau Limboto di Propinsi Gorontalo, merupakan bagian dan sebuah laguna yang bermuara di sungai Bolango-Bone. Proses geologi berupa pengangkatan tektonik telah memisahkan laguna tersebut dari laut dan membentuk danau air tawar. Air danau berasal dari 23 anak sungai yang mengalir ke dalam danau dari daerah tangkapan air sisi utara, barat dan selatan.

Pengendapan sedimen yang terjadi di Danau Limboto dan di daerah sekitar danau telah menjadi permasalahan yang semakin kritis, terutama akibat pengusahaan hutan yang kurang terkontrol di DAS bagian hulu yang berubah menjadi lahan terbuka dan mudah terkikis oleh aliran permukaan.

Danau Limboto terletak pada dataran yang lerengnya sangat landai, sehingga banyak sungai memasuki danau membentuk meander kecil dengan kapasitas yang kurang memadai untuk menyalurkan banjir. Aliran banjir meluap melewati tanggul sungai dan mengendapkan sebagian besar kandungan sedimen pada daerah/areal di sekitar muara sebelum mencapai danau. Pada tiga sungai yang masuk Danau Limboto (S. Bionga, S. Alopohu, dan S. Rintenga) erosi terjadi di bagian atas DAS dan di tebing kiri-kanan sungai, sehingga banyak material tanah terseret dalam aliran sungai. Material ini

terbawa aliran ke hilir, sehingga energi kinetik aliran tidak mampu lagi untuk mengangkut sedimen, kemudian mengendapkannya di sekitar muara sungai di danau.

Dalam 10 tahun terakhir diketahui 54 km² wilayah hutan di DAS Limboto telah berubah menjadi tanah pertanian dan pemukiman. Berdasarkan analisis citra satelit, sumber sedimen di hulu daerah sungai adalah longsoran tebing dan erosi permukaan tersebar secara sporadis. Sungai Bionga, Meluopo dan Alo-Pohu merupakan sumber utama pendangkalan di Danau Limboto.

Permasalahan lain yang seiring dengan proses sedimentasi ini adalah banjir di musim hujan dan kekeringan di bagian barat danau pada musim kemarau. Genangan banjir di sekitar daerah kipas alluvial Sungai Bionga (510 Ha), sisi barat danau (1200 Ha) dan daerah Isimu (150 Ha).

Usaha memecahkan masalah Danau Limboto, terutama permasalahan sedimentasi danau telah dilakukan secara sistematis dan terencana oleh pemangku kepentingan (*stakeholders*) dalam beberapa tahun terakhir. Salah satunya adalah Studi Konservasi Lingkungan Perairan Danau Limboto (2008), hal penting dalam rekomendasinya adalah perlunya Bangunan

Penangkap Sedimen Danau Limboto, Penyediaan Tampung sedimen Di Danau (*Sediment Trap*) Dan Saluran Banjir Untuk Penggelontoran (*Flushing*) Sedimen Layang. Tujuan dari studi ini adalah untuk mendapatkan bangunan penangkap sedimen.

TINJAUAN PUSTAKA
Sedimentasi di Danau

Proses pengangkutan dan pengendapan sedimen tidak hanya tergantung pada sifat-sifat arus tetapi juga pada sifat-sifat sedimen itu sendiri. Sifat-sifat di dalam proses sedimentasi terdiri dari sifat partikelnya dan sifat sedimen secara menyeluruh. Namun demikian sifat yang paling penting itu adalah mengenai besarnya atau ukurannya.

Penggunaan hukum, rumus serta prinsip dari muatan dasar (*bed load*), muatan layang (*suspended load*) dan muatan cuci (*wash load*) lebih didasarkan pada penjabaran matematis. Dalam penjabaran tersebut umumnya diperlukan berbagai koefisien pendekatan yang diperoleh dari data berdasarkan pengujian / penelitian secara langsung dari data yang kita peroleh di lapangan.

Prinsip dan rumus yang digunakan selama ini banyak menggambarkan pendekatan atau anggapan berdasarkan hasil penjabaran secara matematis. Hal ini disebabkan gejala, pengaruh dan sifat dari gerakan air terhadap bentuk dasar saluran maupun terhadap material sedimen meskipun telah dianalisa memakai metodologi matematika tetapi masih merupakan hal yang sulit dipastikan hasil yang setepat-tepatnya pada kondisi nyata di lapangan.

Besarnya volume angkutan sedimen terutama tergantung dari perubahan kecepatan aliran, karena perubahan musim

penghujan dan kemarau, serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Sebagai akibat dari perubahan volume angkutan sedimen adalah terjadinya penggerusan di beberapa tempat serta terjadinya pengendapan ditempat lain pada dasar sungai, dengan demikian umumnya bentuk dari dasar sungai akan selalu berubah. Untuk memperkirakan perubahan itu telah dikembangkan banyak rumus berdasarkan percobaan lapangan maupun di laboratorium hidrolika. Walaupun demikian perhitungan tersebut belum tentu teliti, karena:

- Interaksi antara aliran dan angkutan sedimen adalah sangat kompleks dan oleh karena itu umumnya sulit untuk ditulis secara matematis dengan tepat.
- Pengukuran angkutan sedimen sulit dilaksanakan dengan teliti, sehingga rumus angkutan sulit dicek dengan baik.

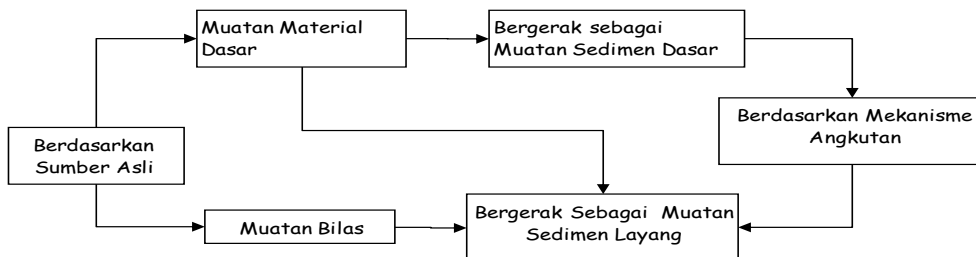
Pengukuran angkutan sedimen seperti juga pengukuran kecepatan aliran yaitu dengan cara menganmbil sample dari seluruh mekanisme angkutan sedimen. Karena sangat kompleksnya perilaku sedimen maka pengambilan contoh sedimen yang teliti dan benar juga sangat sulit.

Menurut sumber asalnya angkutan sedimen dibedakan menjadi:

Muatan material dasar (*bed material load*), dan muatan bilas (*wash load*). Sedangkan menurut mekanisme pengangkutannya dibedakan menjadi:

- 1) Muatan sedimen melayang (*suspended load*), dan
- 2) Muatan sedimen dasar (*bed load*)

Secara skematis angkutan sedimen dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Skema Transportasi Sedimen

Pada sungai-sungai aluvial besarnya muatan material dasar tergantung pada kondisi hidrolis, selanjutnya material dasar yang terangkut dapat dibedakan menjadi muatan sedimen dasar dan muatan sedimen melayang. Disamping material dasar juga ada angkutan sedimen sangat halus yang disebut dengan muatan bilas. Besarnya volume muatan bilas umumnya tidak tergantung pada kondisi hidrolis sungai, akan tetapi tergantung daripada kondisi daerah pengaliran sungai. Jumlah total ketiga tipe angkutan sedimen tersebut adalah merupakan debit sedimen total (*total sediment discharge*).

1) Muatan Bilas (*Wash Load*)

Muatan bilas (*Wash load*) adalah angkutan partikel halus berupa lempung (*silt*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel-partikel ini akan terbawa oleh aliran sungai ke laut atau dapat juga terendap juga pada aliran tenang atau pada aliran yang tenggelam. Sumber utama dari muatan bilas adalah hasil pelapukan lapisan atas batuan atau tanah daerah pengaliran sungai, hasil pelapukan ini akan terbawa oleh aliran permukaan atau angin ke dalam sungai atau alur-alur kecil di dalam DPS tersebut.

Mengukur *wash load* sangatlah mudah, tetapi harus dilakukan dengan cara yang labolatoris. Data banyaknya kadar sedimen dapat dinyatakan dengan satuan konsentrasi sedimen sebagai berikut:

$$\frac{\text{Berat kering sedimen}(\text{kg} \times 10^6)}{\text{Berat contoh air keseluruhan} (\text{kg})} = \text{mg/l atau ppm}$$

Apabila dipandang dari ukuran butir seluruh angkutan sedimen maka ukuran butir muatan bilas adalah yang paling kecil.

2) Muatan Layang (*Suspended Load*)

Muatan layang (*Suspended load*), yaitu partikel yang bergerak dalam pusaran aliran yang cenderung terus menerus melayang bersama aliran. Ukuran partikelnya lebih kecil dari 0,1 mm. (Priyantoro, Dwi:1987)

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang

melayang di dalam aliran dan terdiri terutama dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong keatas oleh turbulensi aliran.

Secara kaseluruhan permasalahan muatan sedimen melayang sangat rumit. Sifat fisik dari partikel sedimen dan volume sedimennya sangat berbeda-beda dari tempat satu ke tempat yang lain dan dari waktu ke waktu. Demikian juga tentang turbulensi aliran merupakan variabel yang akan menambah rumitnya permasalahan muatan sedimen melayang.

Muatan layang tidak berpengaruh terhadap alterasi, tetapi dapat mengendap di muara-muara sungai ataupun dasar waduk yang dapat menimbulkan pendangkalan dan akhirnya menyebabkan berbagai masalah.

3) Muatan Dasar (*Bed Load*)

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (*Bed Load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel sungai, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak akan pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir.

Material muatan sedimen dasar yang terangkut sangat penting di dalam pembentukan bentuk dari dasar dan tebing sungai.

Perhitungan Sedimentasi

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa bangunan penangkap sedimen (*check dam*) di hulu danau seringkali tidak efektif mencegah pengendapan sedimen di danau karena hanya menahan bahan muatan dasar sungai sehingga tidak mencapai Danau Limboto saat debit kecil, namun tetap membawa sedimen saat debit besar. Dari

hasil pengamatan sedimen yang terjadi di sekitar Danau Limboto, adalah:

1. Sedimen yang teramati di dasar danau berukuran lanau atau lebih halus. Sedimen halus ini biasanya merupakan bagian dari muatan tersuspensi yang terendapkan dan tidak dapat ditahan oleh bendung pengendali. Pada bangunan sabo dam yang ada, hanya partikel berukuran pasir dan lebih besar yang tertinggal dibelakang bangunan.
2. Ukuran sedimen yang teramati di ruas sungai yang curam di bagian hulu akan mengendap ketika mencapai kelerengan landai di dataran Danau Limboto.

Berdasarkan hal tersebut diatas, bahwa sedimen yang masuk ke Danau Limboto adalah jumlah antara *bed load* dan *suspended load* yang dinamakan *total bed material load*.

Bed load dan *suspended load* berasal dari aliran sungai-sungai besar yang bermuara di Danau Limboto, sungai-sungai tersebut adalah:

- S. Rintenga
- S. Alo Puhu
- S. Marisa
- S. Meluopo
- S. Biyonga
- S. Bulota
- S. Talubongo

Ada beberapa rumus yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya *suspended load* dan *bed load*, diantaranya adalah dengan menggunakan pendekatan Metode USBR (*United State Bureau Reclamation*) dan Metode Einstein, adalah sebagai berikut:

- a. Pendekatan *Metode USBR* Untuk Menghitung Muatan Layang Sedimen:

Muatan layang (*suspended load*) dapat juga dihitung dengan menggunakan metode USBR (*United State Bureau Reclamation*) dimana untuk menghitung angkutan muatan layang, diperlukan pengukuran debit air (Q_w) dalam m^3/det , yang dikombinasikan dengan konsentrasi sedimen (C) dalam mg/l , yang menghasilkan debit sedimen dalam ton/hari dihitung dengan persamaan (Strand, 1982: 7):

$$Q_s = 0,0864 C.Q_w \dots\dots\dots(1)$$

Dari perhitungan, dibuat lengkung aliran sedimen yang merupakan garis regresi antara angkutan sedimen dan debit air dengan persamaan:

$$Q_s = a.Q_w^b \dots\dots\dots(2)$$

Metode ini dipakai karena tersedianya data konsentrate dari sungai-sungai yang berpengaruh terhadap sedimentasi di Danau Limboto.

- b. Pendekatan *Einstein* Untuk Menghitung Muatan Dasar Sedimen:

Parameter tak berdimensi:

$$\Psi = \frac{\Delta.d_{35}}{\mu.R.I} \dots\dots\dots(3)$$

$$\Phi = \frac{T_b}{\rho_s \cdot \Delta^{1/2} \cdot (g.d_{35})^{3/2}} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan:

- μ = ripple factor = Rumus Frijlink
- T_b = intensitas transpor *bed load* dalam berat sedimen padat / lebar / waktu (N/m.dt)

Pendekatan Einstein:

1. Diameter yang mewakili $d = d_{35}$
 2. Untuk kekasaran dasar $k = d_{65}$
- Sehingga :

$$C = 18 \log \frac{12h}{d_{65}} \dots\dots\dots(5)$$

3. Penyelesaian rumus Einstein juga bisa dengan cara grafik hubungan parameter tak berdimensi Ψ^* dan θ^* *Bed-load* Einstein dan grafik faktor koreksi dalam persamaan *Bed-load*

METODE

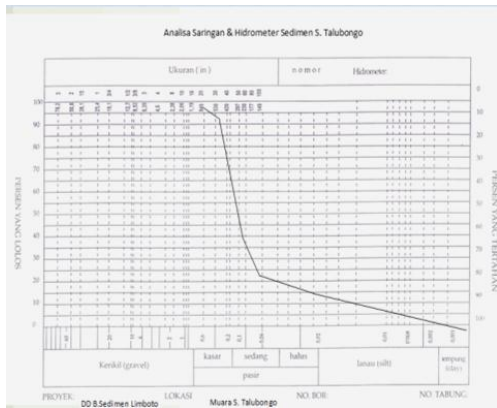
Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data hidrologi, meliputi data hujan, data debit aliran, elevasi muka air.
- b. Data penampang melintang dan memanjang sungai.
- c. Data sedimen meliputi gradasi material dasar sungai

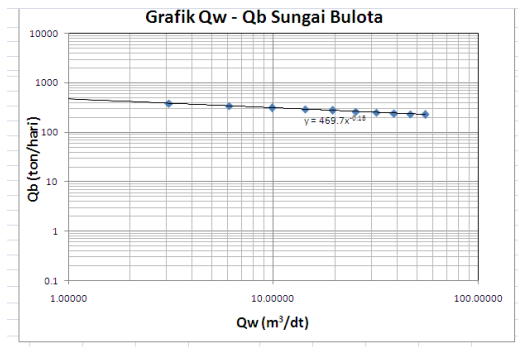
Langkah-langkah penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Pengumpulan data
Dalam penelitian ini data yang diperlukan meliputi data hidrologi, data penampang, peta DAS, data sedimen.
2. Analisa data
Data yang diperoleh dianalisa untuk menghitung debit andalan, debit banjir

- rencana, gradasi material dasar di Danau Limboto (lihat Gambar 7).
3. Menghitung kapasitas tampungan penangkap sedimen (*Sediment trap 1* dan 2)
 4. Merencanakan bangunan penangkap sedimen.



Gambar 2. Hasil Analisa Saringan dan Hidrometer Sedimen Muatan Dasar (*Bed Load*) Muara S. Talubongo



Gambar 3. Hubungan Qw dan Qb

ANALISIS DATA dan PEMBAHASAN Analisa Sedimentasi Danau Limboto

Besarnya angkutan sedimentasi yang terjadi di Danau Limboto dihitung dengan menggunakan metode Einstein untuk angkutan dasar (*bed load*) dan metode Strand untuk angkutan melayang (*suspended load*). Besarnya sedimen yang terjadi merupakan total angkutan sedimen yaitu penjumlahan dari *bed load* dan *suspended load*. Rekapitulasi sedimentasi tiap sungai yang masuk Danau Limboto dapat dilihat pada Tabel 1. Sedimentasi terbesar berasal dari Sungai Alo Puhu, yaitu sebesar 4.421.870 ton/tahun, sekitar 63.8% dari total sedimen yang masuk ke Danau Limboto.

Tabel 1. Rekapitulasi Sedimentasi Tiap Sungai Pada Danau Limboto

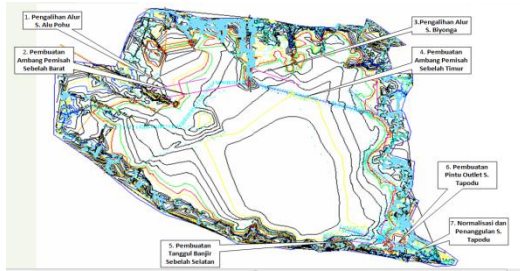
Nama DAS	Total Sedimen	%
Biyonga	562.616	8,1
Rintenga	613.035	8,9
Bulota	199.146	2,9
Marisa	731.665	10,6
Melupo	205.318	3,0
Alo Puhu	4.421.870	63,8
Talubango	193.383	2,8
Total	6.927.032	ton/tahun

Sumber: Hasil Analisa, 2010

Penanganan sedimentasi di Danau Limboto meliputi:

- a. Pengembangan ambang pemisah dengan konstruksi sederhana dari tumpukan batu yang disusun dalam bentuk tanggul kedap air (*impermeable*) atau tanggul kedap air dengan *sheetpile* atau konstruksi alternative yang lain. Untuk mengarahkan pengendapan sedimen dari S. Alopohu, maka dilakukan pengalihan aliran ke kiri S. Alopohu mendekati muara S. Marisa, sehingga sedimen bisa tertampung di Tampungan sedimen 1 (*Sediment trap 1*). Serta tanggul pemisah disisi utara membujur arah timur-barat , konstruksi ini untuk mengarahkan pengendapan sedimen dari S. Biyonga, S. Bulota dan S. Talubongo ke dalam Tampungan sedimen 2 (*Sediment trap 2*), dengan mengalihkan aliran S. Biyonga kearah kiri.
- b. Pengembangan area cekungan danau disisi barat laut dekat muara S. Marisa dan S. Meluopo sebagai tampungan sedimen/*Sediment trap 1* dan disisi utara dekat muara S. Biyonga dan S. Bulota sebagai Tampungan Sedimen/*Sediment trap 2*.
- c. Membangun tanggul banjir di sisi timur dan selatan Danau Limboto.
- d. Dengan mempertimbangkan kemudahan operasional dan pemeliharaan serta ketersediaan jaringan listrik , diusulkan pembangun 1 (satu) Bangunan Pintu Air di Outlet S. Topodu.

- e. Melaksanakan pengerukan berkala secara mekanik sedimen yang terendapkan di Tampung Sedimen (*Sediment trap*) 1 dan 2, lihat Secara skematik Rencana Pengembangan Bangunan Penangkap Sedimen Danau Limboto, ditunjukkan Gambar 9



Gambar 4. Alternatif Penanganan Sedimentasi di Danau Limboto

TAMPUNGAN SEDIMEN

Kapasitas Tampung Sedimen (*Sediment trap* 1 dan 2)

Berdasarkan peta topografi hasil pengukuran dapat dihitung kapasitas tampung sedimen yang berada di sebelah utara Danau Limboto. Kapasitas tampung ini perlu diketahui untuk mengestimasi umur efektif Tampung Sedimen dan menentukan periode pengerukan yang akan dilaksanakan.

Adapun hasil pengukuran volume adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Kapasitas Tampung Sedimen 1

No	Elevasi	Selisih antara interval kontur	Luas Kontur (daerah genangan)	Luas Rata-rata antar Kontur	Volume antar Interval Kontur	Volume Tampung Sedimen
	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ³)	(m ³)
1	2.5	0.5	-	-	-	-
2	3.0	0.5	-	-	-	-
3	3.5	0.5	344,42	-	-	-
4	4.0	0.5	1,153,83	749,13	374,56	374,56
5	4.5	0.5	2,078,48	1,616,15	808,08	1,182,64
6	4.8	0.3	3,046,58	2,562,53	768,76	1,951,40
7	5.0	0.2	3,598,14	3,322,36	664,47	2,615,87

Tabel 3. Kapasitas Tampung Sedimen 2

No	Elevasi	Selisih antara interval kontur	Luas Kontur (daerah genangan)	Luas Rata-Rata antar Kontur	Volume antar Interval Kontur	Volume Tampung Sedimen
	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ³)	(m ³)
1	2.5	0.5	1,78	-	-	-
2	3.0	0.5	608,45	305,12	152,56	152,56
3	3.5	0.5	1,605,84	1,107,14	553,57	706,13
4	4.0	0.5	3,033,39	2,319,62	1,159,81	1,865,94
5	4.5	0.5	4,719,53	3,876,46	1,938,23	3,804,17
6	4.8	0.3	5,697,99	5,208,76	1,562,63	5,366,79
7	5.0	0.2	6,382,00	6,039,99	1,207,99	6,574,79

Umur Efektif Sedimen Trap 1

Kapasitas tampung sedimen = 2,615,869 m³

Akumulasi sedimen dari Sungai Alopohu, Sungai Marisa dan Sungai Meulopo per tahun = 4.421.869,94 ton + 731.664,61

ton + 205.318,03 ton = 5.358.852,58 ton/tahun.

Dari analisa data laborat dan distribusi gradasi butir dapat ditentukan berat isi masing-masing jenis tanah, adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Analisa Berat Jenis Awal

Sebaran Sedimen	%	Berat Isi (kg/m ³)
Clay (Pc)	4,3	1045
Silt (Pm)	28,7	1120
Sand (Ps)	67	1600

Maka perkiraan volume sedimen:

Berat isi rata-rata (Wo) : 1438,4 kg/m³
= 1,438 ton/m³

Estimasi volume sedimen total:

$$\frac{58.852,58}{1,438} = 3.726.601,2 \text{ m}^3$$

Pada Sediment trap 1 akan penuh dalam waktu kurang dari 1 tahun, yaitu:

$$\frac{2.615.869}{3.726.601,2} = 0,72 \text{ tahun} = 8,6 \text{ bulan}$$

Umur Efektif Sedimen Trap 2

Kapasitas tampungan sedimen = 6,574,794 m³

Akumulasi sedimen dari Sungai Biyonga, Sungai Bulota dan Sungai Talbunga per tahun = 562.615,52 ton + 199.145,94

$$\text{ton} + 193.383,35 \text{ ton} = 955.144,81 \text{ ton.}$$

Wo = 1,438 ton/m³

$$W_r = W_0 + 0,4343K \left(\frac{T}{T-1} \ln T - 1 \right) \dots\dots\dots(6)$$

Dengan :

WT : berat isi rata-rata setelah T tahun operasi danau

Wo : berat isi awal = 1,438 ton/m³

K : konstanta berdasarkan tipe operasi dan diameter sedimen, diperoleh dari analisa tabel berikut :

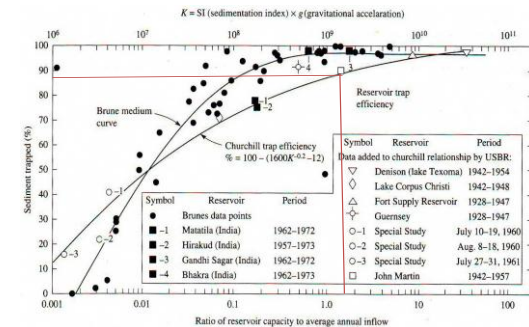
Tabel 5. Harga K dari Pasir, Lanau dan Lempung

Nomor Tandon	K dalam inci-pon unit (metric unit)		
	Pasir	Lanau	Lempung
1	0	5.7 (91)	16 (256)
2	0	1.8 (29)	8.4 (135)
3	0	0(0)	0(0)

Nilai koefisien K : 14,128 (dalam satuan metrik)

Tabel 6. Berat Jenis Sedimen Tiap Tahun

Tahun (T)	(T/(T-1))*lnT-1	WT (ton/m ³)
0		1.438
2	0.386	1.441
4	0.848	1.444
6	1.150	1.445
8	1.377	1.447



Gambar 5. Rasio Tampungan dengan Inflow Tahunan Rerata

Tabel 7. Tabel Usia Efektif Tampungan Sedimen

Tahun (T)	WT (ton/m ³)	TE (%)	Berat sedimen ton	V sedimen m ³	V kumulatif m ³
0	1.438	-	-	-	-
2	1.441	85.1	2,338,303.63	1,622,982.05	1,622,982.05
4	1.444	85.0	2,335,555.91	1,617,890.94	3,240,872.99
6	1.445	84.9	2,332,808.20	1,613,917.82	4,854,790.81
8	1.447	84.9	2,332,808.20	1,612,368.28	6,467,159.09

Pada sand trap 2 akan penuh dalam waktu kurang dari 8 tahun.

DESAIN AMBANG PEMISAH

Untuk mencegah sedimen menyebar ke bagian danau yang lebih luas, sedimen

yang terbawa aliran sungai diarahkan ke dua buah penangkap sedimen yang terletak di utara danau. Bangunan penangkap sedimen yang diusulkan merupakan bagian danau yang sengaja dipisahkan dengan bagian

danau lainnya dengan tumpukan batu (*rouble mound*) dengan inti tanah liat atau konstruksi *sheetpile* atau alternatif konstruksi yang lainnya. Sedimen yang terkumpul di penangkap sedimen secara berkala dipindahkan dengan cara pengerukan/ mekanik.

Untuk mencapai hasil yang optimal terhadap rencana bentuk ambang/ tanggul pemisah yang diusulkan, ada beberapa alternatif yang perlu untuk dipertimbangkan sebagai bentuk yang nantinya akan betul-betul dilaksanakan di lapangan.

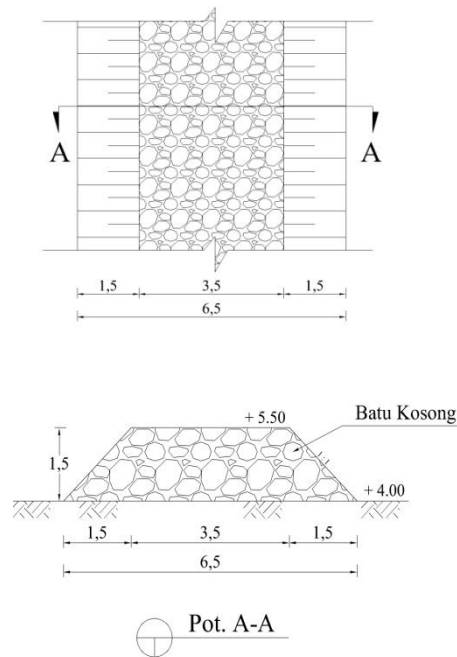
Pemilihan bentuk ambang/ tanggul pemisah tersebut ditentukan berdasarkan kriteria-kriteria sebagai berikut:

- Ekonomis dan biaya tidak terlalu mahal
- Bangunan ditinjau dari segi estetika danau masih dalam batas kewajaran dan bisa menyatu dengan lingkungan danau
- Mudah dan sangat mungkin untuk dilaksanakan
- Tidak mudah rusak dan tahan lama
- Mempunyai fungsi ganda sebagai jalan inspeksi.

Konstruksi ambang pemisah didesain dengan 6 (enam) alternatif konstruksi terdiri dari:

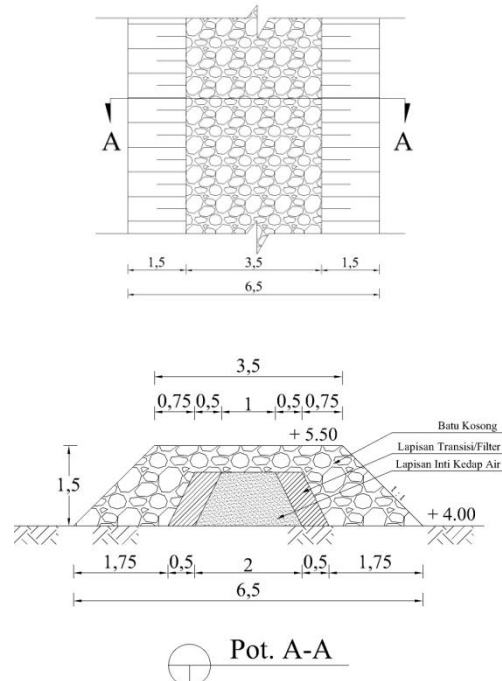
- Alternatif 1, Ambang Pemisah Konstruksi Sederhana
- Alternatif 2, Ambang Pemisah Konstruksi Batu Dengan Inti Kedap Air
- Alternatif 3, Ambang Pemisah Konstruksi Sheetpile
- Alternatif 4, Ambang Pemisah Konstruksi Minipile
- Alternatif 5, Ambang Pemisah Konstruksi Gedhek Bambu Dan Dolken dan
- Alternatif 6, Ambang Pemisah Konstruksi Bronjong.

Alternatif 1, Ambang Pemisah Konstruksi Sederhana



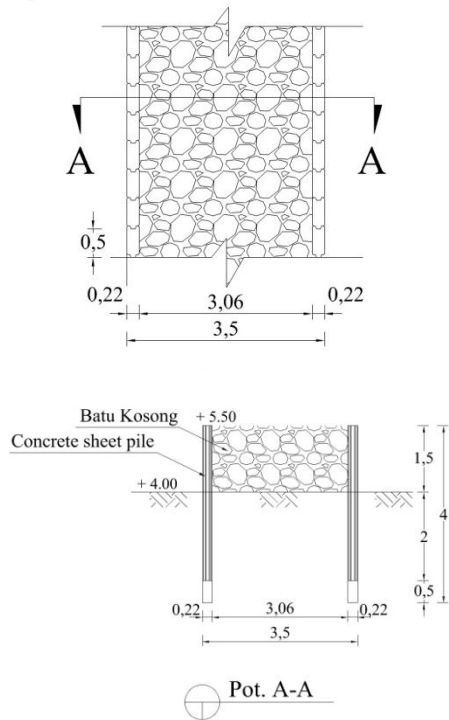
Gambar 6. Tipikal Ambang Pemisah Konstruksi Sederhana-Alternatif 1

Alternatif 2, Ambang Pemisah Konstruksi Batu Dengan Inti Kedap Air



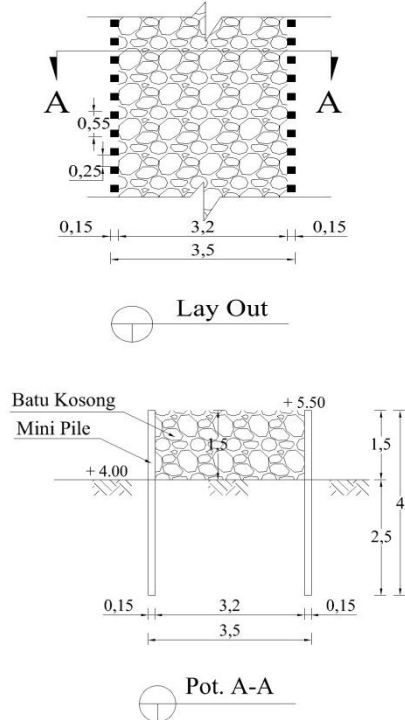
Gambar 7. Tipikal Ambang Pemisah Konstruksi Batu dengan Inti Kedap Air-Alternatif 2

Alternatif 3, Ambang Pemisah Konstruksi Sheetpile



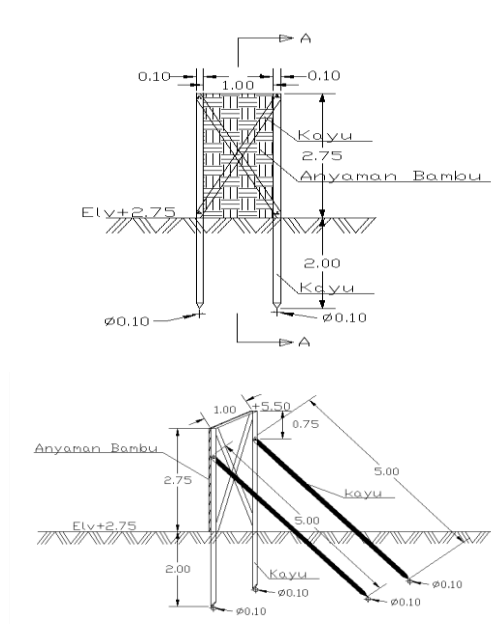
Gambar 8. Tipikal Ambang Pemisah Konstruksi Sheetpile-Alternatif 3

Alternatif 4, Ambang Pemisah Konstruksi Minipile



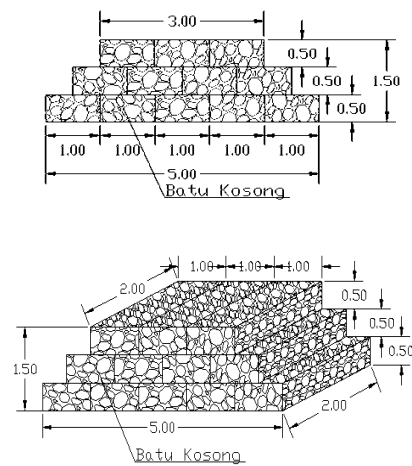
Gambar 9. Ambang Pemisah Konstruksi Minipile-Alternatif 4

Alternatif 5, Ambang Pemisah Konstruksi Gedhek/ Sesek Bambu Dan Dolken



Gambar 10. Ambang Pemisah Konstruksi Gedhek/ Sesek Bambu-Alternatif 5

Alternatif 6, Ambang Pemisah Konstruksi Bronjong



Gambar 11. Ambang Pemisah Konstruksi Bronjong-Alternatif 6

KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa:

Sedimentasi di Danau Limboto banyak berasal dari sungai Alo Puhu. Untuk mengatasi sedimentasi di Danau Limboto sedimen yang berasal dari sungai diarahkan

ke dua buah penangkap sedimen (*sediment trap* 1 dan 2) dan dipindahkan ke tempat lain dengan melakukan pengerukan secara berkala di bangunan penangkap sedimen. Ada 6 alternatif ambang pemisah yang direncanakan. Alternatif yang dipilih disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, HECRAS 4.0, 2008, *User Manual*, U.S. Army Corps of Engineering, California.
- Chow, V.T., 1998, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta (terjemahan).
- H.N.C. Breusers, 1998, *Lecture Notes on Sediment Transport*, International Course in Hydraulic Engineering, Delft.
- Priyantoro, Dwi, 1987, *Teknik Pengangkutan Sedimen*, HMP Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- Soemarto, CD., 1987, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Strand, R.I., and E.L. Pemberton, 1982, *Reservoir Sedimentation Technical Guidelines for Bureau of Reclamation*, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, 48 pp.