

Distribusi Sedimen untuk Manajemen Umur Layanan Waduk Ponre-Ponre

Adi Rosyidi^{1*}, Farouk Maricar², Bambang Bakri²

¹Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: adirosyidi@cloud.com

DOI: 10.25042/jpe.052020.11

Abstrak

Penelitian ini bertujuan (1) menganalisis perilaku pergerakan sedimen yang jangka panjang akan berpengaruh terhadap umur layanan waduk dan (2) menemukan konfigurasi rekayasa *barrier* berupa *soft structure* atau *hard structure* yang paling efektif dalam mengalihkan distribusi sedimen untuk memperpanjang umur layanan waduk. Metode yang digunakan adalah kombinasi pendekatan modifikasi dan penelitian kualitatif berdasarkan data lapangan. Penelitian dilaksanakan di Waduk Ponre-Ponre Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Data dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Mike Zero* yang dikalibrasi dengan data Bathimetri, kemudian dilakukan validasi dan verifikasi dengan metode pendekatan pada besaran penambahan elevasi yang didapat hasil pengukuran lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) sejak Waduk Ponre-Ponre dioperasikan mulai sebelas tahun yang lalu, terjadi pengurangan kapasitas tampungan waduk sebesar 6,59 juta m³. Rata-rata terjadi penambahan sedimentasi 0,597 juta m³ per tahun. Dengan luas *catchment area* 78,55 km, maka penambahan elevasi sedimentasi yang terjadi adalah 0,008 m per tahun = 7,602 mm per tahun. Angka ini lima kali lebih besar kecepatan sedimentasi rencana yang diperhitungkan hanya 1,5 mm per tahun. Perlu dilakukan langkah-langkah penanggulangan sedimentasi, baik secara *soft structure* maupun *hard structure* untuk menahan laju sedimentasi agar waduk dapat beroperasi hingga mencapai umur layanannya dan (2) rekayasa distribusi sedimen *barrier* paling tepat ditempatkan dengan metode *parallel barrier* yang memberi manfaat penambahan sedimen hanya menjadi sebesar 83,23% atau 6,327 mm per tahun.

Abstract

The Sediment Distribution for Service Age Management Ponte-Ponre Reservoir. The research aimed (1) to analyze the long-term sediment movement behaviour which would affect reservoir service age; (2) to find out the barrier engineering configuration in the forms of the most effective soft structure and hard structure in switching the sediment distribution to lengthen the reservoir service age. The research was conducted in Ponre-Ponre Reservoir, Bone Regency, South Sulawesi Province. The research used the combination of the modification approach and qualitative method based on the data from the field. The data were analyzed using Mike Zero soft-ware which was calibrated with Bathymetry data, the validation and verification were then carried out with the approach on the elevation increase scale which was obtained from the field measurement result. The research result based on the facts in the field indicates that since Ponre-Ponre reservoir was operated 11 years ago the reservoir storage capacity decreases as much as 6.59 million m³. The average sedimentation increase is 0.597 million m³/per annual. With the catchment area size of 78.55 km, the sedimentation elevation increase occurring is 0.008 m per annual = 7.602 mm per annual. This figure is 5 times bigger than the sedimentation velocity plan which is predicted only as much as 1.5 mm per annual. The sedimentation counter-measures re-necessary to carry out either by the soft structure or hard structure method to restrain the sedimentation rate in order that the reservoir can operate until its service age. The research result indicates that the sediment I barrier distribution engineering is mostly accurately placed using the parallel barrier method which gives the sediment increase utility to become only as much as 83.23% or 6.327 mm per annual.

Kata Kunci: Rekayasa topografi, sedimentasi, waduk

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber kehidupan bagi manusia. Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak dapat terpisahkan dengan senyawa ini karena air memiliki manfaat besar bagi kehidupan. Air juga merupakan sumber daya alam yang terbaharui melalui daur hidrologi. Namun keberadaan air

sangat bervariasi tergantung pada lokasi dan musim. Ketersediaan air di daerah tropis (sekitar khatulistiwa) sangat besar dibandingkan daerah lain seperti gurun atau padang pasir. Namun demikian juga dengan ketersediaan air pada musim basah (Oktober s/d April) lebih besar dibandingkan pada saat musim kering (April s/d Oktober) dimana ketersediaan air berkurang.



Rekayasa manusia untuk lebih dapat mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air adalah dengan merubah distribusi air alami menjadi distribusi air secara buatan yaitu diantaranya dengan membangun Bendungan atau Waduk. Waduk merupakan suatu bangunan air yang digunakan untuk menampung debit air berlebih pada musim basah agar kemudian dapat dimanfaatkan pada saat debit air rendah saat musim kering.

Provinsi Sulawesi Selatan telah memiliki beberapa waduk salah satunya adalah waduk Ponre-Ponre yang terletak di Kabupaten Bone. Waduk bertipe *Concrete Face Rockfill Dam* ini memiliki tinggi 55 m, Panjang puncak 235 m, dan kapasitas tampung efektif sebesar 40.400.000 m³. Bendungan Ponre-Ponre berfungsi sebagai sistem pengendalian sedimen dan banjir Sungai Tinco dan DAS Walanae, meningkatkan lahan irigasi teknis seluas 4.411 Ha, serta digunakan untuk perikanan air tawar dan pariwisata [1]. Dalam pengelolaan waduk, sering dijumpai permasalahan yang menyangkut aspek perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan. Salah satu persoalan utama yang terjadi di dalam operasional waduk adalah terjadinya distribusi sedimentasi yang tidak sesuai perencanaan yang berdampak terhadap umur layanan waduk yang telah direncanakan. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan rekayasa distribusi sedimen untuk mengoptimalkan umur layanan waduk.

2. Tinjauan Pustaka

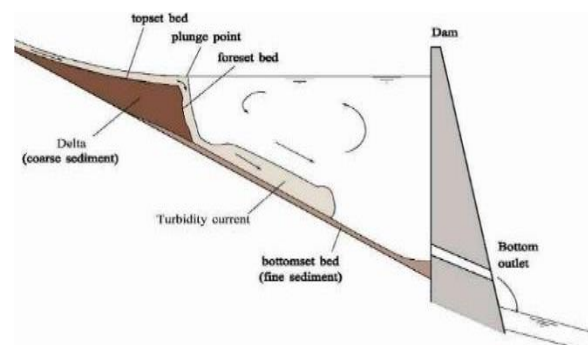
Waduk (reservoir) merupakan sarana penampung air pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dimanfaatkan diantara lain untuk mengairi lahan pertanian, perikanan, regulator air (pengendali banjir), tanggul penampungan air limpasan yang dialirkan oleh outlet (sungai) ke waduk itu agar tidak mengalir dan tergenang pada tempat di bawahnya dan dimanfaatkan untuk air minum. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah kesatuan ekosistem yang dibatasi oleh topografi pemisah air (*water divide topography*) yang di dalamnya terdapat sistem sungai pengatus (penampung) air hujan yang masuk ke waduk dan keluar melalui saluran lepas tunggal [2], [3].

2.1. Sedimen

Sedimentasi adalah proses mengendapnya material fragmental oleh air sebagai akibat dari terjadinya erosi. Proses sedimentasi mulai dari terjadinya erosi dimana butir-butir tanah terlepas dari tempatnya kemudian terseret oleh aliran permukaan sampai alur, parit, sebagian tertahan pada daerah cekungan, pada akar pepohonan, dan sebagian lainnya terbawa sampai disungai [4].

2.2. Mekanisme Disposisi Sedimen

Angkutan sedimen yang terbawa oleh aliran sungai sebagian bergerak sepanjang dasar sungai berupa *bed load* dan sebagian melayang berupa *suspended load* serta *wash load*. Sedimen berbutir kasar mengendap ke dasar sungai atau waduk sebagai delta. Material sedimen yang berbutir halus cenderung mengendap akibat gaya berat, tetapi kondisi aliran yang turbulen menjadikan material ini kembali melayang dalam aliran. Demikian seterusnya sampai akhirnya aliran mencapai mulut waduk, di mana aliran memasuki penampang yang lebih luas, sehingga kecepatan arus yang tinggi berangsur menjadi relatif sangat kecil. Gambar 1 menunjukkan proses aliran memasuki waduk maka kecepatan aliran menurun drastis sehingga daya angkut aliran juga menjadi sangat kecil [5].



Gambar 1. Skematik proses sedimentasi dalam waduk

2.3. Pola Pengendapan Sedimen

Pada dasarnya pola pengendapan sedimen di dalam waduk sangat bervariasi tergantung pada kondisi hidrologi, karakteristik sedimen (*grain size*), geometri waduk, dan pola operasi waduk. Pola pengendapan sedimen di waduk secara horizontal dapat dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu *Delta deposits*, *Wedge-shaped deposits*, *Tepering deposits* dan *Uniform deposits* [5].

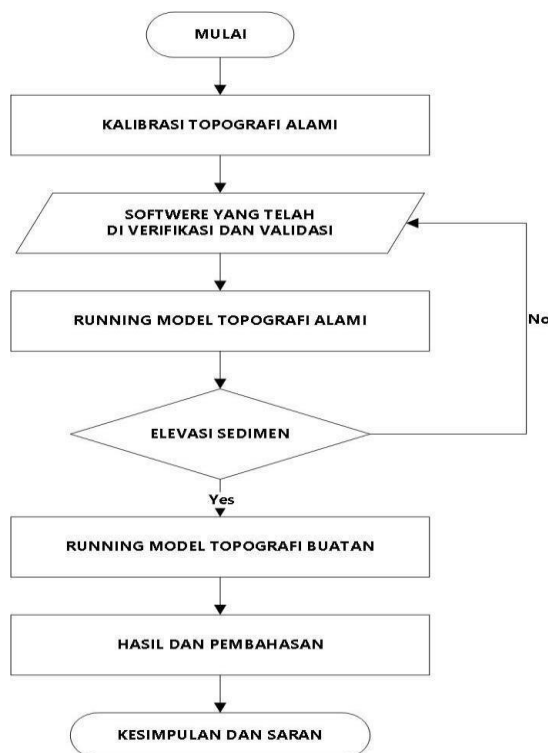
3. Metodologi Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan bersifat model matematis. Sasaran penelitian adalah seberapa besar efektifitas bentuk topografi dalam pengendalian sedimentasi dalam area waduk. Dalam jangka panjang, total pengurangan tersebut dijadikan acuan untuk menghitung perpanjangan umur waduk yang telah dilengkapi dengan model distribusi sedimen.

3.1. Kerangka Konseptual Penelitian

Konsep dasar penelitian ini adalah membandingkan kondisi sedimentasi suatu waduk yang tidak dilengkapi dengan model distribusi sedimen dengan kondisi sesudah adanya model distribusi sedimen.

Untuk mencapai tujuan penelitian, maka secara garis besar rangkaian dan urutan penelitian setelah dilakukan verifikasi mengikuti kerangka konseptual penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka konseptual penelitian

3.2. Pengumpulan data

1) Data Sumber Daya Air

Data sekunder diambil dari hasil penelitian terdahulu yang dilaksanakan oleh CTIE and Associates serta Nippon Koei Co LTD and Associates dan dari hasil peneliti-peneliti

terdahulu di Waduk yang berada pada Provinsi Sulawesi Selatan.

Waduk Ponre-Ponre memanfaatkan aliran Sungai sebagai sumber air dengan kapasitas tampung efektif sebesar 33,4 Juta m³. Bendungan Ponre-Ponre membendung Sungai Tinco di dusun Ponre-Ponre dengan luas tangkapan air 78 km². Luas genangan waduk pada elevasi muka air normal adalah 2,39 km² dan 3,00 km² untuk luas genangan maksimum.

2) Data Sedimen

Data sedimen diperoleh dari Waduk Ponre-Ponre adalah berupa Sedimen berbutir kasar diambil sekitar ±5 km dibagian hulu bendungan. Sedimen berbutir halus rencana diambil 50 meter didepan bendungan. Material ini akan digunakan pada percobaan pendahuluan.

3) Rancangan Pengujian Model

Penelitian dilakukan terhadap penerapan model distribusi sedimen sebagai pengumpul sedimen dalam waduk dengan menggunakan data waduk Ponre-Ponre yang terletak di Kabupaten Bone. Peta lokasi waduk ditunjukkan pada gambar 4. Konsep penggunaan model distribusi sedimen tersebut diaplikasikan pada kondisi sedimentasi Waduk Ponre-Ponre yang terletak dalam DAS Walanae Cenranae. Penelitian difokuskan pada area sedimentasi Waduk Ponre-Ponre Kabupaten Bone.

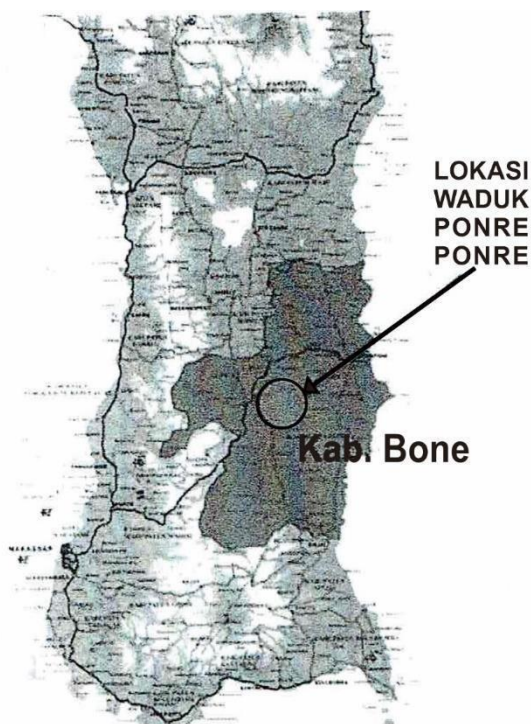
3.3. Data Teknis Waduk Ponre-Ponre

Data teknis Waduk Bili-bili adalah sebagai berikut:

Lokasi	:	Desa Tompobulu, Kecamatan Libureng
Tipe Bendungan	:	Urugan batu dengan membrane beton
Kapasitas Tampung	:	40.400.000 m ³
Kapasitas Tampung Efektif	:	33.400.000 m ³
Kapasitas Tampung Mati	:	7.000.000 m ³
Tinggi dari dasar Pondasi	:	55 m



Panjang	: 235 m
Lebar Puncak	: 8 m
Elevasi Puncak	: + 220,5 m
Kemiringan Lereng	: U/S 1:1,4 ; D/S 1:1,4
Pelimpah / Spillway	
Tipe	: Pelimpah ogee tanpa pintu
Banjir desain Pelimpah	: 1.590 m ³ /detik
Panjang Saluran Pelimpah	: 146 m
Elevasi Pelimpah / Spillway	: +216 m
Lebar Pelimpah/Spillway	: 30,5 m
Elevasi Bendungan	
Elevasi muka air banjir	: + 219,78 m
Elevasi muka air normal	: + 216,00 m
Elevasi dasar Intake	: + 192,33 m
Luas Muka Air Normal	: 239 ha
Volume Muka Air Normal	: 48.700.000 m ³
Luas Muka Air Maks	: 300 ha
Volume Muka Air Maks	: 57.000.000 m ³



Gambar 3. Peta lokasi Waduk Ponre-Ponre

Pengujian aliran sedimen pada waduk yang dilengkapi dengan model distribusi sedimen menggunakan model matematis dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data topografi dan *echosounding* waduk.
2. Data Topografi dimasukkan dalam perangkat lunak.
3. Debit sedimen yang masuk ke dalam waduk (Volume/Tahun).
4. Debit pengaliran (*inflow*) dan debit pengeluaran (*outflow*).
5. Model dijalankan kemudian disesuaikan dan dikalibrasi dengan data *echosounding*.
6. Parameter yang digunakan dalam model disesuaikan hingga mendekati hasil *echosounding*.
7. Bila parameter telah sesuai atau mendekati, maka parameter tersebut disimpan yang kemudian digunakan pada simulasi model yang akan diproses dengan beberapa variasi letak *barrier*.
8. Setelah sesuai data *echosounding* maka langkah selanjutnya adalah melakukan validasi dan verifikasi dengan menggunakan metode persamaan model distribusi dan penambahan elevasi.

Setelah sesuai dengan model numerik tersebut maka dilakukan perhitungan prediksi terkait pergerakan sedimen. Model kemudian disimulasikan dengan menggunakan beberapa variasi letak *barrier* hingga didapatkan perbandingan elevasi sedimen pada daerah *intake*. Hasil simulasi poin 10 dibuatkan model matematis.

4. Pembahasan

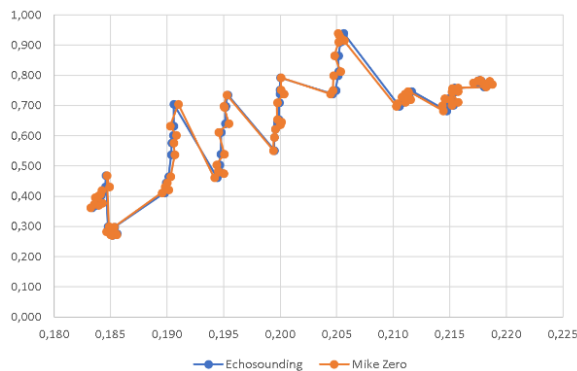
4.1. Distribusi Sedimen

Pengelolaan sedimentasi waduk bertujuan untuk mempertahankan kapasitas tampung waduk, fungsi-fungsi waduk, dan memperbaiki efektifitas operasi waduk. Teknik pengelolaan sedimentasi waduk telah berkembang dengan berbagai teknologi mulai dari mengurangi erosi lahan di bagian hulu waduk, mengendalikan sedimen dalam perjalanan menuju waduk, pengendalian sedimen dalam waduk, dan pada bendungan sendiri. Penelitian ini mencoba metode pengendalian sedimen dengan teknik *barrier* untuk mereayasa distribusi sedimen.

Prinsip dasar teknik ini adalah memperpanjang jarak aliran sedimen dalam waduk, mengendapkan sedimen di area foreset bed, dan menghambat laju sedimentasi ke area *bottomset bed/intake*.

4.2. Kalibrasi Perangkat Lunak

Setelah diperoleh mesh yang ideal pada perangkat lunak yang digunakan, maka selanjutnya adalah menentukan koordinat titik X dan Y yang sama antara data topografi dan bathimetri pada waduk dengan titik referensi pada perangkat lunak. Jumlah titik tinjauan diperoleh berdasarkan sejauh mana tingkat ketelitian yang diinginkan. Dalam model ini, digunakan titik pendekatan sebanyak 500 – 600 titik tinjauan. Setelah dilakukan beberapa penyesuaian data, maka diperoleh titik dan hasil persandingan antara data echosounding dengan perangkat lunak sebanyak 90 titik seperti dilihat pada grafik dibawah.

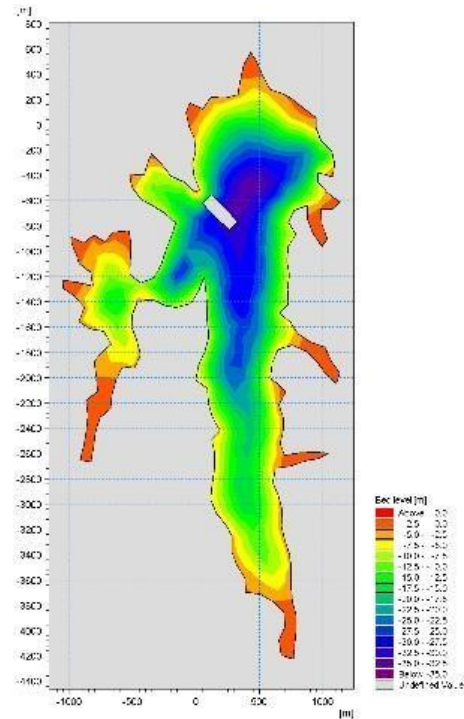


Gambar 4 . Kalibrasi perangkat lunak dengan echosounding

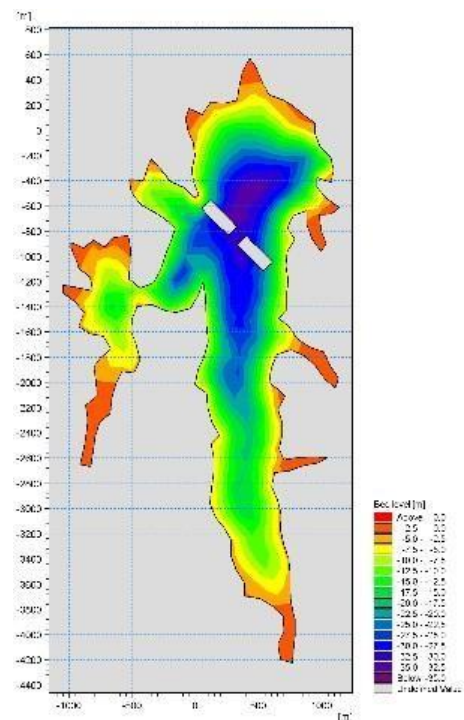
4.3. Penambahan Rekayasa Distribusi Sedimen /Buffer

Pada dasarnya metode penambahan pulau ini berdasarkan pengalaman terkait sulit dan mahalnya metode pengerukan dalam waduk maupun danau. Hal ini menjadi perhatian dimana apabila dilakukan pengerukan, material pengerukan sulit untuk dilakukan pembuangan dimana memerlukan biaya transportasi dan lahan yang cukup sebagai tempat pembuangan (disposal area). Dari beberapa permasalahan tersebut maka diperlukan suatu metode pengerukan yang hemat namun juga dapat mengendalikan sedimen. Penambahan Pulau dilakukan pada zona foreset bed sebagai zona operasi waduk.

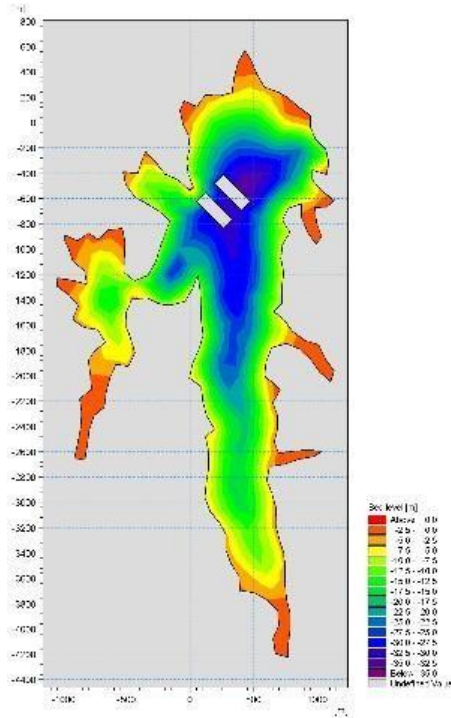
Dimana dengan variasi model seri menghasilkan pertambahan sedimen setinggi 6,346 mm per tahun atau 83,48%. Sedangkan variasi model *parallel* menghasilkan pertambahan sedimen setinggi 6,327 mm per tahun atau 83,23%.



Gambar 5. Variasi perletakan *buffer* model *single*

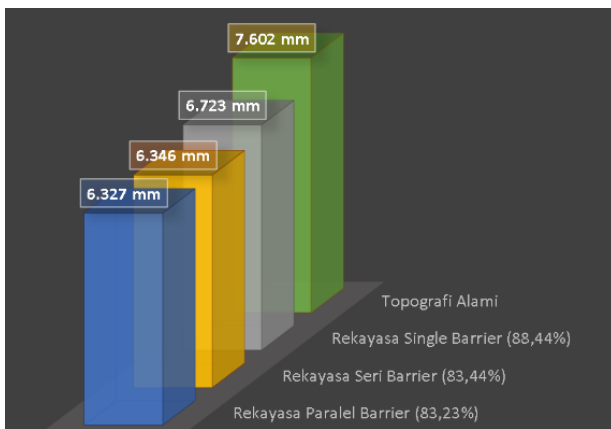


Gambar 6. Variasi perletakan *buffer* model seri



Gambar 7. Variasi perletakan *buffer model parallel*

Dalam diagram batang dibawah dapat kita perhatikan beda penambahan sedimen berdasarkan berbagai perlakuan rekayasa *barrier* yang telah diteliti.



Gambar 8. Diagram perbandingan penambahan elevasi

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil-hasil analisa, maka disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil pengolahan dengan perangkat lunak, maka *barrier* yang paling efektif adalah pada metode *parallel barrier*.
- 2) Hasil simulasi dengan metode *parallel barrier* membuat sedimen yang tersebar pada waduk menjadi 6,327 mm per tahun (83,23%) setelah sebelumnya pada kondisi normal mengalami penambahan setinggi rata-rata 7,602 mm per tahun.

5.2. Saran

- 1) Dalam manajemen pengoperasian suatu Bendungan atau Waduk perlu dilakukan penanggulangan sedimentasi secara *soft structure* maupun *hard structure* untuk menahan laju sedimen agar umur layanan waduk dapat sesuai dengan perencanaannya.
- 2) Bentuk topografi sebaiknya menjadi salah satu syarat alternatif dalam melakukan studi kelayakan suatu bendungan.

Referensi

- [1] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, *Pedoman Desain dan Konstruksi Bendungan Urugan Batu Membran Beton*. Jakarta, 2011.
- [2] G. L. Moris, "Reservoir Sedimentation Management: worldwide Status and Prospects Proceedings," in *The 3rd World Water Forum, Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Sustainable*, 2003.
- [3] Yachiyo Engineering Co. Ltd., "Additional Consulting Services of Countermeasures for Sediment Problems on Bili-Bili Dam Under Urgent Disaster Reduction Project for MT. Bawakaraeng Annex No.1. Hydrological Study," 2009.
- [4] M. Teguh, "Analisis Umur Fungsi Waduk Mrica," *J. Techno Fak. Tek. dan Sains*, vol. 19, no. 2, 2013.
- [5] Soewarno, *Hidrologi, Pengukuran dan pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova, 1991.