

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil-hasil analisis dan pembahasan pada Bab 5, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pola operasi pintu dengan kondisi aliran bebas melimpas, memberikan hasil pembilasan lebih baik dibanding pola operasi kondisi aliran tertahan.
- b. Dalam mpembilasan waduk tipe memanjang, terdapat empat parameter utama yang mempengaruhi hasil pembilasan sedimen, yaitu debit pembilasan yang merepresentasikan debit yang masuk dan keluar; lebar bukaan pintu pembilas yang mempengaruhi lebar alur aktif; rasio tegangan geser yang merepresentasikan tinggi muka air, kemiringan energi, gradasi dan berat jenis endapan sedimen, kemiringan dasar alur dan kecepatan aliran; serta parameter waktu. Selanjutnya dapat dijelaskan juga bahwa debit inflow, lebar alur, dan tegangan geser akan menggambarkan parameter akibat keseimbangan hidraulik di sepanjang alur waduk dari waktu ke waktu, sedangkan tegangan geser kritis mewakili parameter material sedimen. Besarnya debit inflow selama pembilasan mempengaruhi kecepatan terbentuknya alur aktif dan rambatan gerusan retrogresif ke arah hulu. Semakin besar debit inflow akan semakin cepat terbentuk alur aktif dan semakin cepat gerusan retrogresif merambat ke arah hulu, serta mempercepat terjadi peralihan dari gerusan retrogresif ke progresif.

- c. Selama proses pembilasan di Waduk Wlingi terjadi mekanisme gerusan retrogresif dan progresif. Gerusan retrogresif dimulai dari batas hilir bergerak ke arah hulu yang dipicu oleh perubahan muka air secara tiba-tiba sehingga nilai rasio tegangan geser terhadap tegangan geser kritis lebih besar atau sama dengan 100, sedangkan gerusan progresif terjadi dari hulu ke arah hilir saat tegangan geser lebih besar dari tegangan geser kritis. Gerusan retrogresif berubah menjadi progresif saat bentuk grafik tegangan geser terhadap waktu di segmen hilir, tengah, dan hulu sejajar, serta sudah terbentuk satu kemiringan dasar di sepanjang alur waduk. Volume sedimen terbilas akibat proses gerusan retrogresif lebih besar dibandingkan volume sedimen akibat gerusan progresif. Upaya yang dapat dilakukan untuk memperbesar gerusan retrogresif adalah dengan menurunkan elevasi muka air di batas hilir serendah mungkin dan membuka pintu pelimpah selebar mungkin melalui operasi pintu pembilas. Lebar alur aktif yang terjadi saat gerusan retrogresif mendekati lebar total pelimpah.
- d. Jika volume air menjadi pertimbangan utama saat pembilasan, untuk volume air yang dapat dialokasikan untuk pembilasan kurang dari atau sama dengan 15 juta m^3 maka pembilasan dengan debit 100 m^3/s menjadi pilihan yang terbaik, namun jika volume air yang tersedia lebih dari 15 juta m^3 maka pembilasan dengan debit 400 m^3/s menjadi pilihan yang terbaik. Jika waktu atau volume sedimen yang terbilas menjadi pertimbangan utama, maka pembilasan dengan debit 400 m^3/s menjadi pilihan yang terbaik.

- e. Hasil perhitungan volume sedimen terbilas menggunakan Persamaan Fan & Jiang menunjukkan hasil mendekati analisis model numerik, jika menggunakan kemiringan energi rata-rata antara segmen hulu dan hilir sebagai parameter masukan. Untuk Persamaan Xia, agar didapatkan hasil yang mendekati hasil analisis numerik diperlukan penyesuaian nilai erodibilitas yang berubah sesuai dengan besarnya debit air yang digunakan dalam pembilasan. Persamaan Guozhen memberikan simpangan 50% - 60% lebih kecil dari hasil analisis model numerik pembilasan Waduk Wlingi yang mempunyai tampungan memanjang. Hasil perhitungan volume sedimen terbilas dengan Persamaan Atmojo juga menunjukkan hasil jauh di bawah hasil analisis numerik karena diameter sedimen di Waduk Wlingi jauh lebih kecil dibanding dengan asumsi penurunan Persamaan Atmojo.
- f. Proses perubahan dasar alur waduk secara memanjang selama pembilasan mendekati bentuk segitiga. Volume sedimen terbilas dapat diperkirakan dengan perkalian luas penampang memanjang tersebut dengan lebar total pintu pelimpah.
- g. Memperhatikan hasil e) dan f) jika tidak tersedia peralatan untuk melakukan analisis numerik, perhitungan volume sedimen yang terbilas dapat menggunakan Persamaan Fan & Jiang dengan menggunakan kemiringan energi didekati dengan membagi selisih elevasi alur terdalam di batas hulu dan elevasi pelimpah, dengan panjang total alur. Jika hanya tersedia sarana pendukung analisis model numerik 1D, maka perhitungan volume sedimen terbilas dapat menggunakan pendekatan pada poin f).

6.2 Saran

Beberapa saran penelitian lanjutan yang masih perlu dilakukan untuk melengkapi hasil penelitian ini yaitu :

- a. Mengingat penelitian yang telah dilakukan dititikberatkan terhadap hasil pembilasan yang dapat dilakukan di genangan waduk, maka perlu diteruskan penelitian terkait pengaruh besarnya debit air dan sedimen saat pembilasan terhadap alur sungai dan bangunan air di hilir waduk. Sehingga dari hasil penelitian-penelitian tersebut dapat diterapkan prosedur pembilasan di lapangan yang dapat memberikan hasil yang optimum.
- b. Masih banyak waduk di Indonesia yang mempunyai tipikal tampungan lain, yaitu mengandalkan tampungan melebar dan menjari dengan banyak sungai yang menuju genangan. Penelitian lanjutan terkait proses penggerusan sedimen pada waduk tipe ini perlu segera dilakukan agar didapatkan acuan upaya pengelolaan sedimen dengan pembilasan. Metode dan hasil penelitian proses pembilasan sedimen tipe tampungan memanjang ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam penelitian lanjutan tersebut.
- c. Hasil penelitian untuk perkiraan awal terkait efektivitas pembilasan sedimen perlu ditindaklanjuti dengan penelitian lebih detail, mengingat tidak semua pengelola bendungan mempunyai fasilitas pemodelan fisik atau numerik 2D. Pemanfaatan model numerik 1D yang lebih sederhana dan lebih cepat dapat dilakukan untuk menentukan pola gerusan memanjang alur waduk sebagai fungsi besar debit dan waktu pembilasan. Besarnya volume yang terbilas dapat dihitung dengan perhitungan sederhana dengan pendekatan rumus luas segitiga dan lebar pintu bilas.

DAFTAR PUSTAKA

- Amat, M., Pallu, M. S., Munir, A., dan Hatta, M. P. (2015), "Submerge Barrier as Sediment Trap in Reservoir", *Proceeding Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 3 2015*.
- Atkinson, E. (1996), "The Feasibility of Flushing Sediment from Reservoirs", *Report OD 137*, November 1996, HR Wallingford.
- Atmojo, P. S. (2012), "Pengaruh Tinggi Muka Air terhadap Efektivitas Penggelontoran Sedimen", *Program Doktor Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Diponegoro*, Semarang.
- Atmojo, P. S. dan Suripin (2012), "The Effect of Water Level on The Effectiveness of Sediment Flushing", *International J. Waste of Resources*, vol. 2(2)2012:20-31, ISSN : 2252-5211.
- Atmojo, P. S., Sangkawati, S., dan Kirno (2013), "Perbandingan Efektifitas Hasil Penggelontoran Sedimen di Waduk Cara Flushing dan Sluicing", *Teknik*, ISSN 0852-1697, vol. 34, no.2, 66-74.
- Asrib, A. R., Purwanto, Y. J., Sukandi, S., dan Erizal (2011), "Dampak Longsoran Kaldera terhadap Tingkat Sedimentasi di Waduk Bili-Bili Propinsi Sulawesi Selatan", *J. Hidrolitan*, ISSN 2086-4825, vol 2:3, 135-146.
- Chaudhry, M. A., dan Ur-Rehman, H. (2012), "Worldwide Experience of Sediment Flushing Through Reservoirs", *Mehran University Research Journal of Engineering & Technology*, volume 31, no. 3, 395-408.
- Direktorat Bendungan dan Danau (2020), "Bahan Informasi Bendungan", Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta 2020.
- El-Moattasem, M., Abdel-Aziz, T. M., dan El-Sersawy, H. E. M. (2005), "Modelling of Sedimentation Process in Aswan High Dam Reservoir", in *Proceeding International Conference of Unesco Flanders Fit Friend/Nile Project, Toward a Better Cooperation*, At Sharm El-Shiek, Egypt, November 2005, DOI: 10.13140/2.1.2402.5923.

- Fan, J., and Jiang, R. (1980), "On Methods For The Desiltation of Reservoir", International Seminar of Expert on Reservoir Desiltation, Tunis
- Guozhen, H., Zhengben, H., Geoshi, W. (1987), "Regulation of Streamflow and Sediment Region by Sanmenxia Reservoir and Particularities of Scouring and Deposition", Selected Paper of Research on The Yellow River and Present Practice, The Editors: The Yellow River Conservancy Committee.
- Hidayat, F., (2018), "Managing the Water-Food-Energy Securities in the Brantas River Basin, Indonesia".
- Hidayat, F., Pitojo, T. J., Agus, S., Alwafi, P., Legono, D., Dian, S., David, N., Masaharu, F., dan Tetsuya, S. (2014), "Assessment of Sedimentation in Wlingi and Lodoyo Reservoirs: A Secondary Disaster Following the 2017 Eruption of Mt. Kelud, Indonesia", *Jurnal of Disaster Research*, vol 12, no. 3, 2017.
- Indonesian National Committee on Large Dam (2014), "Dam of Indonesia: Journey toward National Water Security", Directorate General of Water Resources, Ministry of Public Works and Housing, Jakarta.
- Isaac, N., dan Eldho, T. I., (2015), "Hydraulic Modelling for Reservoir Flushing of Run of the River Parbati-III Hydroelectric Project, Himachal Pradesh, India", *E. Proceeding of the 36th IAHR World Congress 28 June - 3 July, 2015, the Hague, the Netherlands*.
- Izam, A. Z., dan Al-Muhammid, M. H. (2012), "Predicting Sedimentation at Mujib Dam Reservoir in Jordan", *Jordan Journal of Civil Engineering*, volume 6, no. 4, 448-463.
- Jica (2007), "*Final Report The Study of Countermeasures for Sedimentation on The Wonogiri Multipurpose Dam Reservoir*", *Final Report, Dirjen Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum, Surakarta*.
- Kashiwai, J. (2005), "Reservoir Sedimentation and Sediment Management in Japan", [https://www.researchgate.net/publication/2290-44749 Reservoir Sedimentation and Sediment Management in Japan](https://www.researchgate.net/publication/2290-44749_Reservoir_Sedimentation_and_Sediment_Management_in_Japan).

- Kondolf, G. M., Gao, Y., Annandale, G. W., Morris, G. L., Jiang, E., Zhang, J., Cao, Y., Carling, P., Fu, K., Guo, Q., Hotchkiss, R., Peteuil, C., Sumi, T., Wang, H. W., Wang, Z., Wei, Z., Wu, B., Wu, C., dan Yang, C. T. (2014), "Sustainable Sediment Management in Reservoirs and Regulated Rivers: Experiences from Five Continents", *Earth's Future*, 2,256-280, doi: 10.1002/2013EF000184.
- Liu, J., Liu, B., dan Ashida, K. (2001), "Reservoir Sedimentation Management in Asia",
http://www.researchgate.net/publication/237333074_Reservoir_Sedimentation_Management_in_Asia.
- Marhendi, T. (2013), "Strategi Pengelolaan Sedimentasi Waduk", *Techno*, ISSN 1410-8607, volume 14, no. 2, 29-41.
- Meile, T., Bretz, N. V., Imboden, B., dan Boillat, J. L. (2014), "Reservoir Sedimentation Management at Gebidem Dam (Switzerland)", *Reservoir Sedimentation*, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02675-9, 2014, 245-255.
- Milliman, J. D., dan Meade, R. H. (1983), "World-Wide Delivery of Sediment to the Oceans", *J. Geology*, 91 (1); 1-21.
- Morris, G. L. (2015), Management Alternatives to Combat Reservoir Sedimentation, in Proceeding of International Workshop on Sediment Bypassing Tunnels, ETH Zurich, April 27-29, 2015.
- Morris, G. L. dan Fan, J. (2010), "Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use", McGraw-Hill Book Co., New York.
- Obreja, F. (2012), "Assessment of Trap Efficiency of the Reservoirs in the Siret Basin (Romania)", *GEOREVIEW*, vol. 21,107:117,doi:10.4316/GEOREVIEW.2012.21.1.60.

- Pak ,J., Matt, F., William, S., Idan Paul, E. (2010), “Assessment of Reservoir Trap Efficiency Methods Using the Hydrologic Modeling System (Hec-HMS) for the Upper North Bosque River Watershed in Central Texas”, *2nd Joint Federal Interagency Conference*, Las Vegas, NV, June 27 – July 1, 2010.
- Perum Jasa Tirta I (2017), “Survey Echosounding Waduk Wlingi Tahun 2017”, *Laporan Echosounding Waduk Wlingi Sebelum dan Setelah Flushing tahun 2017*, Malang 2017.
- Perum Jasa Tirta I (2018), “Survey Echosounding Waduk Wlingi Tahun 2018”, *Laporan Echosounding Waduk Wlingi Sebelum dan Setelah Flushing tahun 2018*, Malang 2018.
- Puslitbang Sumber Daya Air (2009), “Final Report on Hydraulic Model Test on Outlet Structure of The Bypass Channel”, Badan Litbang, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Raza, R. A., Ur-Rehman, H., Khan, N. M., dan Akhtar, N. (2015), “Exploring Sediment Management Options of Mangla Reservoir Using Ressass”, *Sci. Int. (Lahore)*, ISSN 1013-5316, 27(3), 3347-3352.
- Rijsdijk, A. (2005), “Evaluating Sediment Sources and Delivery in a Tropical Volcanic Watershed”, in *Proceeding of Symposium S1 Held During the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguacu, Brazil, April 2005*.
- Rohi, D., Bisri, M., Soemarno, dan Lomi, A. (2013), “The Impact of Sedimentation in Reservoirs on Performance Operation of Hydropower: A Case Study Sutami Hydropower Indonesia”, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, ISSN (Online): 2319-7064.
- Sabir, M. A., Ur-Rehman, S. S., Umar, M., Waseem, A., Farooq, M., dan Khan, A. R. (2013), “The Impact of Suspended Load on Reservoir Siltation and Energy Production : a Case Study of the Indus River and Its Tributaries”, *Pol. J. Environ. Stud*, vol. 22, no. 1, 219-225.
- Sardi, Kironoto, B. A., dan Jayadi, R. (2008), “Kajian Penanganan Sedimentasi dengan Waduk Penampung Sedimen pada Bendungan Serba Guna Wonogiri”, *Forum Teknik Sipil No. XVIII/3-September 2008*, 879 - 887

- Setiawan, M. A. (2012), "Integrated Soil Erosion Risk Management", *Institute of Geography, University of Innsbruck, Austria*.
- Shahin, M. M. A. (1993), "An Overview of Reservoir Sedimentation in some African River Basin", *Proceedings of the Yokohama Symposium, July 1993. IAHS Publ. no. 217, 1993*.
- Shen, H. W. (2010), "Flushing Sediment Through Reservoirs", *Journal of Hydraulic Research*, July 2010 pp. 743 – 757, doi: 10.1080/00221689909498509
- Shrestha, H. S. (2012), "Application of Hydrosuction sediment removal system (HSRS) on Peaking Ponds", *Hydro Nepal*, Issue No. 11, July 2012.
- Sumi, T. dan Hirose, T. (2005), "Accumulation of Sediment in Reservoirs", <https://www.Eolss.net/Sample-Chapters/C07/E2-12-02-05.pdf>.
- Sumi, T., Okano, M., dan Takata, Y. (2004), "Reservoir Sedimentation Management with Bypass Tunnels in Japan", in *Proceedings of 9th International Symposium on River Sedimentation*, ii, pp. 1036 – 1043, Yichang, China.
- Susilo, E. (2001), "Kajian Efisiensi Tangkapan Sedimen pada Beberapa Waduk di Jawa", *Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Diponegoro*, Semarang.
- Toniolo, H. dan Parker, G. (2003), "1D Numerical Modelling of Reservoir Sedimentation", in *Proceedings IAHR Symposium on River, Coastal, and Estuarine Morphodynamics*, Barcelona, Spain, 2003, 457-468.
- Vos, G. S. (2011), "Sedimentation Reduction and Check Dam Design in the Cilalawi River", *University of Twente, Faculty of Engineering Technology, Civil Engineering*, Enschede, the Netherlands.
- Vries, M. D. (1977), "Scale Model in Hydraulic Engineering", *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*, Delf, May 1977.

Water, H. (2001), “Sediment Transport in Storage Reservoirs”, *Department of the Environment Transport and the Regions*, Burderop Park Seidon Wiltshire SN4 0QD.

Wulandari, D. A. (2007), “Penanganan Sedimentasi Waduk Mrica”, *Berkala Ilmiah Teknik Keairan*, ISSN 0854-4549, vol. 13, no. 4.

Wulandari, D. A., Legono D., dan Suseno, D. (2014), “Reservoir Operation to Minimize Sedimentation”, *International Journal of Science and Engineering*, vol. 6 (1) 2014, 16-23.

Xia, M. (1983), “Sediment Problem in Design and Operation of Medium and Small size Reservoir”, Science Press, Beijing, People’s Republic of China

Zulfan, J., Slamet N. S., dan Prasetyo, A. (2017), “Development of Sediment Control Structure for Dam Sedimentation Countermeasurement Approach”, in *Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Earth Sciences*, London, UK, 2017.

