



PEMILIHAN BANGUNAN PELINDUNG TERHADAP BENCANA HIDROMETRI BASAH DALAM REKAYASA SUMBERDAYA AIR

MAS MERA^{1*}, RAHMAD YUHENDRA², RESKI WAHYUDI³, WILMAN², RIFKY PUTRA²

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Sumatera Barat

²Dinas Sumber Daya Air dan Bina Konstruksi, Provinsi Sumatera Barat

³Balai Wilayah Sungai Sumatera V, Padang

*Corresponding Author: mas_mera@eng.unand.ac.id

Naskah diterima: 13 Februari 2024. Disetujui: 18 Desember 2024. Diterbitkan: 30 Desember 2024

ABSTRAK

Inaccuracy in selecting the type of water resources structures as protection structures against wet hydrometric disasters means that the effects of the disaster are not reduced significantly. This situation gets worse if the placement of the protection structures is not correct. This research focuses on selecting the type and location of protection structures against wet hydrometric disasters in water resources engineering so that they work optimally. This optimization is carried out by maximizing the function of the structures as protector against hydrometric disasters, and minimizing new disasters that may arise due to the presence of these protection structures. The first stage is to identify the behavior and to predict the characteristics of water at location of the wet hydrometric disaster and its surroundings. This is done by analyzing video and aerial photos in several circumstances. The next stage is to select the appropriate type of protection structures. The final stage is to determine the location and dimensions of the protection structures with the consideration that new disasters that may arise due to the presence of the protection structures must be relatively small. Another consideration for determining the dimensions of a structure is the characteristics of the water. Determination of the location and dimensions of the protection structures are carried out using theoretical simulations. The results of research in the field show that protection structures work optimally and with relatively small dimensions and numbers, and is in accordance with theoretical estimates.

Kata kunci : protection structures, hydrometric disasters, simulation, water behavior, water characteristics

1. PENDAHULUAN

Bencana hidrometri basah banyak terjadi di Indonesia mengingat curahan hujan tinggi dan angin kencang sering terjadi (BNPB, 2021). Curahan hujan tinggi menyebabkan banjir dan debit sungai besar, sedangkan angin kencang menyebabkan gelombang laut besar. Bila gelombang besar terjadi, bisa menyebabkan tererosinya garis pantai sehingga merusak lahan

masyarakat seperti kawasan perkebunan, perumahan maupun fasilitas umum dan sosial yang berada di kawasan pantai.

Bila curahan hujan tinggi dan angin kencang terjadi secara bersamaan, maka debit sungai yang besar yang akan masuk ke laut terhalang oleh gelombang besar. Akibatnya, arah sungai berbelok ke kiri atau ke kanan sehingga merusak daerah darat di belakang garis pantai (Mera, 2023).

Suatu ruas garis pantai yang tererosi oleh keganasan gelombang laut bisa menyebabkan garis pantai tersebut mundur sampai mencapai ratusan meter (CERC, 1984). Akibat erosi ini, penduduk yang bermukim di kawasan tersebut terpaksa dievakuasi ke daerah yang lebih aman, biasanya menjauh atau lebih tinggi dari garis pantai. Dari survei lapangan menunjukkan bahwa mereka tak bisa bertahan di sana karena rumah-rumah mereka, fasilitas umum dan sosial yang selama ini ada di kawasan tersebut, sekarang rusak karena tenggelam bahkan hanyut. Kemudian pemerintah membangun bangunan pelindung pantai, namun ada kalanya daerah tersebut tetap belum aman terhadap gempuran gelombang meskipun erosi telah berkurang secara signifikan. Akibatnya, masyarakat yang sebelumnya telah dievakuasi dari sana belum berani kembali.

Dalam kasus lain misalnya, bangunan pengendali banjir dibangun di kawasan daerah yang rawan banjir. Setelah bangunan tersebut beroperasi, daerah tersebut masih tetap banjir. Luas dan lama banjir ada berkurang, tapi tak signifikan.

Objektif penelitian ini adalah menentukan jenis bangunan pelindung terhadap bencana hidrometri basah dalam rekayasa sumberdaya air berdasarkan video dan foto udara, dan kemudian agar kinerja bangunan yang dipilih tersebut menjadi optimal, maka letak dan dimensinya ditentukan berdasarkan simulasi teoritis. Jadi penelitian ini tidak membahas kerusakan bangunan pelindung akibat pasir berkecepatan tinggi yang dibawa oleh aliran seperti dalam penelitian Su dkk (2024), dan juga tidak membahas pengaruh ukuran sedimen seperti dalam penelitian Jing dkk (2024).

2. METODE PENELITIAN

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi perilaku air eksisting (Ngatcha & Nkonga, 2023) dan memprediksi karakteristiknya (Shen dkk, 2023) di lokasi bencana dan sekitarnya. Identifikasi perilaku air dan prediksi karakteristiknya tersebut dapat dilakukan melalui simulasi fisis di laboratorium (Ferreira dkk, 2023; Ma dkk, 2024), maupun melalui simulasi numeris di komputer (Apalawa dkk, 2023). Identifikasi dan prediksi melalui model fisis maupun model numeris itu relatif mahal dan memakan waktu relatif lama (Mera, 2002). Untuk itu, pada penelitian ini dilakukan dengan cara yang lebih murah dan cepat, yaitu dengan menganalisis video dan foto udara lokasi bencana sebagai objek penelitian dalam beberapa kondisi (Yuan dkk, 2024). Tahap berikutnya adalah memilih jenis bangunan sumberdaya air yang sesuai dengan perilaku air eksisting. Tahap akhir adalah penentuan lokasi dan dimensi bangunan pelindung yang selama ini dilakukan dengan cara simulasi numeris atau fisis. Dalam tahap ini perlu dikaji akibat buruk dan baik yang akan ditimbulkan oleh kehadiran bangunan sumberdaya air tersebut. Pertimbangan lain untuk penentuan dimensi struktur adalah karakteristik air. Karena simulasi numeris dan fisis itu relatif mahal dan lama, maka pada penelitian ini dilakukan dengan cara yang relatif murah dan cepat, yaitu dengan simulasi atau analisis teoritis saja (Mohamed, 2010).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kasus Pertama: Erosi Garis Pantai

Dari gambar *drone* (Gambar 1) dapat dilihat perilaku air, di mana muka gelombang nyaris sejajar garis pantai. Ini artinya arah gelombang datang (*incident waves*) dominan nyaris tegak lurus pantai. Arus pantai yang terbentuk didominasi oleh arus tegak-lurus pantai (*onshore-offshore current*) (Mustafa dkk, 2019; Mera, 2020). Untuk kasus ini dapat dikatakan bahwa bangunan pelindung jenis groin secara teoritis tidak efektif mengamankan pantai dari amukan gelombang Samudra Hindia (Mera, 2023). Akibatnya adalah erosi pantai tetap berlanjut meskipun berkurang, dan penduduk yang berdiam di tempat tersebut tetap tidak merasa aman bila gelombang besar terjadi saat pasang sedang naik (*flood tides*).

Bangunan groin yang telah ada ini secara teoritis bisa dimodifikasi untuk mengubah perilaku gelombang, yaitu dengan menambah kepalanya sehingga groin yang semulanya berbentuk huruf I berubah menjadi groin berbentuk T. Tinggi dan panjang kepala groin didasarkan pada pertimbangan karakteristik gelombang. Hasilnya dapat dilihat pada gambar *drone* pada Gambar 2, yaitu garis pantai maju dan tombolo pun terbentuk di belakang kepala groin. Bahkan badan groin pun nyaris hilang tertimbun sedimen akibat proses difraksi (Kristensen dkk, 2016; Mera, 2020).



Gambar 1. Gelombang datang nyaris tegak lurus Pantai



Gambar 2. Garis pantai maju dan tombolo terbentuk di belakang kepala groin

3.2. Kasus Kedua: Tenggelamnya Daratan di Belakang Garis Pantai

Pada Gambar 3 (Google Earth, 2023) terlihat bahwa sebuah muara berpindah-pindah dari waktu ke waktu.



Gambar 3. Muara sungai berpindah-pindah (Google Earth, 2023)

Gambar hasil kamera *drone* dan *smartphone* pada tanggal 21 Juni 2022 (Gambar 4) menunjukkan bahwa muara sungai telah terbentuk di bagian utara. Bangunan dan daratan yang dilalui sungai semuanya rusak dan tenggelam.



Gambar 4. Akibat muara berpindah-pindah, rumah warga banyak yang tenggelam

Perilaku air dapat dijelaskan secara teoritis seperti berikut. Pada saat gelombang besar, gelombang menutupi muara dengan sedimen, akibatnya air sungai tertahan. Lama-kelamaan permukaan sungai meninggi dan sampai pada elevasi yang lebih tinggi dari daratan sekitarnya. Kemudian air berbelok ke kanan karena mendapat dorongan dari air yang di sebelah kiri. Tak bisa dielakkan, sungai menggerus daratan dan menenggelamkannya. Air terus mencari lokasi perlawanan ombak terlemah dan kemudian menerobos bukit pasir (*dunes*) untuk membuat muara (*river mouth*) baru (CERC, 1984) (Gambar 5).

Karena pokok permasalahannya adalah tertutupnya akses sungai ke laut karena ombak yang besar, maka hal termudah untuk menyelesaikan masalah ini adalah dengan membuat bangunan pelindung yang bisa memberikan akses sungai ke laut. Secara teoritis, bangunan yang cocok adalah bangunan pengarah sungai (garis merah) dan *jetty* (garis hitam) seperti Gambar 6. Sedangkan garis kuning pada gambar tersebut adalah bukit pasir yang harus digali. Secara teoritis, bangunan pengarah sungai ini harus lebih tinggi dari elevasi sungai saat banjir agar air sungai tak melimpas ke samping, dan *jetty* juga harus lebih tinggi dari elevasi pasang tertinggi agar sedimen tak masuk ke muara (CERC, 1984).

Karena biaya tidak mencukupi untuk membangun kedua jenis bangunan tersebut sekaligus, maka pembangunan dilakukan bertahap. Tahap pertama adalah membangun bangunan pengarah sungai karena pertimbangan lebih mudah pengerjaannya dan lebih murah biayanya. Setelah empat bulan bangunan pengarah ini selesai, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7. Akibat kehadiran bangunan pengarah sungai ini, sungai sudah bisa menerobos laut secara tegak urus. Muara sungai yang sebelumnya berada dibagian paling utara daerah penelitian

sekarang sudah tertutup oleh sedimen. Daerah yang sebelumnya tenggelam karena menjadi daerah lintasan sungai, sekarang sudah mulai muncul kembali dan badan air pun sudah mendangkal dan menyempit. Warga di sana sudah bersenang hati. Mereka sudah berani membuka warung-warung yang bersebelahan dengan daerah lintasan sungai tersebut. Ada juga yang membuat kegiatan di bekas badan sungai tersebut. Pembangunan tahap kedua akan dilakukan pada awal 2024 untuk mengantisipasi sungai tidak membelok ke daratan lagi akibat aksesnya ke laut terhalang oleh ombak besar.



Gambar 5. Proses berpindahnya muara sungai



Gambar 6. Bangunan pengarah sungai dan jetty



Gambar 7. Pengaruh bangunan pengarah setelah empat bulan pasca konstruksi

4. KESIMPULAN

Pentingnya mengidentifikasi perilaku air eksisting dan memprediksi karakteristiknya agar bisa ditentukan bangunan pelindung yang sesuai terhadap bencana hidrometri basah yang terjadi. Kedua hal ini selama ini dilakukan peneliti dengan simulasi menggunakan model fisis di laboratorium atau model numeris di komputer. Kedua cara ini relatif mahal dan lama. Namun pada penelitian ini menggunakan cara lain yang relatif lebih murah dan cepat, yaitu menggunakan bantuan video udara dalam beberapa keadaan. Setelah perilaku air dapat diidentifikasi, maka bangunan pelindung dapat ditentukan. Selanjutnya adalah menentukan letak bangunan pelindung yang selama ini ditentukan dengan cara simulasi fisis atau numeris. Penentuan lokasi harus mempertimbangkan dampak buruk dari kehadiran bangunan pelindung yang dipilih tersebut. Karena kedua cara ini relatif mahal dan lama, maka pada penelitian ini dilakukan dengan cara yang relatif murah dan cepat, yaitu dengan simulasi atau analisis teoritis saja. Setelah bangunan pelindung selesai dibangun terlihat bahwa bangunan pelindung bekerja dengan baik dan dampak buruk yang ditimbulkan karena kehadirannya nyaris tidak ada, dan sesuai dengan perkiraan secara teoritis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada Iramda Amril sang operator drone, Arifki Rahman, Zulkarnaini dan Suhendri dari Dinas Sumber Daya Air dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Barat.

DAFTAR PUSTAKA

Apalawa, R. K., Abas, A., Zawai, M.H., Zahari, N.B., & Itam, Z. (2023). Prediction modeling of coastal sediment transport using accelerated smooth particle hydrodynamics approach, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 108, 101406, <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2023.101406>

BNPB. (2021). *Pencegahan dan Mitigasi Ancaman Bahaya Hidrometri Basah*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, <https://www.bnpb.go.id/berita/pencegahan-dan-mitigasi-ancaman-bahaya-hidrometeorologi-basah> (diakses 16 Okt 2023)

CERC. (1984). *Shore Protection Manual, Volume I, 4th Edition*. Department of the Army, US Army Corps of Engineer, Washington D.C

Ferreira, C.C., Silva, P.A., Bernabeu, A.M., Abreu, T. (2024). Transport of heterometric sediments in wave-dominated flows – Tracer experiments, *Marine Geology*, 459, 107042, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2023.107042>

Google Earth. (2023). *Google Earth Images*. <https://earth.google.com/web/> (diakses 17 Okt 2023)

Jing, Y., Zhang, J., Zhang, Q., & Maa, J.P.-Y. (2024). Experimental study on the effects of sediment size gradation and suspended sediment concentration on the settling velocity, *Powder Technology*, 437, 119541, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2024.119541>

Kristensen, S.E., Dronen, N., Deigaard, R., and Fredsoe, J. (2016). Impact of groyne fields on the littoral drift: A hybrid morphological modelling study, *Coastal Engineering*, 111, 13-22, <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.01.009>

Mera, M. (2002). *Boussinesq-Type Numerical Models*. PhD Thesis at University of New South Wales, Sydney, 283p

Mera, M. (2021). *Proses Pantai*. Padang: Andalas University Press, 154p, ISBN: 978-623-7763-20-8

Mera, M. (2023). *Bangunan Pelindung Pantai*. Handout Kuliah Bangunan Pantai

Mohamed, A.N. (2010). Modeling of Free Jumps Downstream Symmetric and Asymmetric Expansions: Theoretical Analysis and Method of Stochastic Gradient Boosting, *Journal of Hydrodynamics*, 22, 110-120 [https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(09\)60035-4](https://doi.org/10.1016/S1001-6058(09)60035-4)

Mustafa M.M., Ahmed, H.S., Ahmed, A.A, Abdel-Rahman, G.A., & Ali, N.A. (2019). Experimental study of flow characteristics around floodplain single groyne, *Journal of Hydro-environment Research*, 22, 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.jher.2018.08.003>

Ngatcha, A.R.N., & Nkonga, B. (2023). A sediment transport theory based on distortion-free-boundary nonhomogeneous fluid flows, *Applications in Engineering Science*, 15, 100148, <https://doi.org/10.1016/j.apples.2023.100148>

Shen, X., Gao, W., Cao, L., Li, S., & Cai, H. (2023). Characteristics of water free-surface with different momentum ratio at 45° confluence, *Journal of Hydrology*, 623, 129787, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129787>

Su, F., Ma, X., Lin, Y., & He, T. (2024). Exploring the factors influencing the abrasion resistance of hydraulic concrete based on underwater steel ball test, *Case Studies in Construction Material*, 20, e03020, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03020>.

Yuan, Y., Wu, Y., Zhao, L., Chen, H., & Zhang, Y. (2024). Multiple object detection and tracking from drone videos based on GM-YOLO and multi-tracker, *Image and Vision Computing*, 143, 104951, <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2024.104951>