

KONDISI HIDRODINAMIKA DAN TRANSPOR SEDIMEN DI MUARA SUNGAI PALU

Mohammad Lutfi^{1*}, Markus Lumbaa¹, dan Risna¹

¹Program Studi Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas

*E-mail: m.lutfi@sttmigas.ac.id

ABSTRACT

Sedimentation at the mouth of the Palu River is the cause of frequent flooding in Palu City. This study aims to understand the hydrodynamic conditions and longshore sediment transport around the mouth of the Palu River. Hydrodynamic conditions were analyzed by measuring velocity and current direction, salinity, discharge, breaking wave height, breaking wave depth, wave incidence angle, water density, and water depth. While the amount of longshore sediment transport was calculated based on the CERC empirical formula. The results revealed that the distribution of currents at the mouth of the Palu River was dominated by river currents, where the amount of seawater in the mouth of the river was small. This could be seen from the small salinity value, which ranged from 1 ‰ to 5 ‰. The longshore sediment transport around the Palu River estuary is 36.06 m³/day, where this sediment resulted in silting at the Palu River estuary during deposition.

Keywords: Palu river, hydrodynamics, sediment transport.

ABSTRAK

Pendangkalan di muara Sungai Palu merupakan penyebab banjir yang sering terjadi di Kota Palu. Penelitian ini bertujuan untuk memahami kondisi hidrodinamika dan transpor sedimen susur pantai di muara Sungai Palu. Kondisi hidrodinamika dianalisis dengan melakukan pengukuran kecepatan dan arah arus, salinitas, debit air, tinggi gelombang pecah, kedalaman gelombang pecah, sudut datang gelombang, densitas air, dan kedalaman perairan. Sedangkan jumlah transport sedimen susur pantai dihitung berdasarkan rumus empiris CERC. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa distribusi arus di muara Sungai Palu didominasi oleh arus sungai, dimana jumlah air laut di muara sungai sangat sedikit. Hal ini terlihat kecilnya nilai salinitas, yaitu berkisar antara 0 ‰ sampai 5 ‰. Transpor sedimen susur pantai di sekitar muara Sungai Palu adalah 36,06 m³/hari, dimana transpor sedimen ini mengakibatkan pendangkalan di muara Sungai Palu saat terjadi pengendapan.

Kata kunci: Sungai Palu, hidrodinamika, transpor sedimen.

PENDAHULUAN

Wilayah Estuaria Sungai Palu meliputi sebagian daerah aliran Sungai Palu dan perairan Teluk Palu yang berada pada daerah Kota Palu. Daerah aliran Sungai (DAS) Palu memiliki panjang sekitar 102 km dengan luas sekitar 339,775 Ha. Berdasarkan Peta Rupa Bumi Lembar Palu, dapat

diperkirakan bahwa terdapat sekitar 50 sungai besar dan kecil yang mengalir ke dalam sungai ini. Sungai Palu merupakan *outlet* dari seluruh sungai-sungai yang mengalir di daerah aliran Sungai Palu dengan panjang sekitar 42 km (Lutfi, 2015).

Sungai Palu mempunyai beberapa permasalahan dan isu - isu strategis seperti, erosi pada daerah tangkapan air akibat adanya perambahan hutan menyebabkan fluktuasi sungai semakin tinggi sehingga terjadi sedimentasi pada alur dan muara sungai. Profil sungai tidak dapat menampung debit yang mengalir (meluap) akibat adanya sedimentasi pada alur sungai. Ketidklancaran aliran tersebut menyebabkan banjir di daerah hulu sungai (Anasiru, 2006). Pengerukan pasir di alur sungai (aktivitas galian C) juga mengakibatkan lahan rawan erosi air hujan. dan pengembangan permukiman yang kurang memperhatikan faktor lingkungan (Lutfi, 2015).

Tingginya debit Sungai palu tidak hanya menyebabkan pendangkalan serius di badan Sungai palu, tetapi juga di muara dan Teluk Palu sekitar muara. Contoh nyata dari pendangkalan ini adalah semakin besarnya delta yang ada di muara dan terjadinya perubahan morfologi pantai. Pada saat air Teluk Palu surut terendah, tampak hamparan daratan di depan delta, agak ke timur. Juga, batas garis pantai air laut surut dengan pasang semakin besar. Delta yang semakin besar akan mendesak aliran ke tepi yang akan mengakibatkan erosi tebing yang pada gilirannya akan semakin memperlebar alur sungai (Lutfi, 2020).

Pemodelan numerik dilakukan jika perhitungan analitik sangat sulit untuk dilakukan (Lutfi, 2018). Model hidrodinamika berdasarkan perhitungan numerik telah banyak dilakukan pada daerah ini, seperti yang telah dilakukan oleh Frederik, (2019) dan Lutfi, (2021). Model yang baik adalah model yang mirip dengan kondisi yang sebenarnya. Oleh karena itu input data model berupa hasil observasi kondisi hidrodinamika diperlukan untuk membuat model yang baik (Tyree dkk, 2013) dalam perekayasaan muara yang berwawasan lingkungan.

Berdasarkan permasalahan lingkungan yang diuraikan di atas, maka pada penelitian ini, model numerik akan diterapkan untuk mengetahui kondisi hidrodinamika dan dinamika transpor sedimen agar dapat dilakukan prediksi yang baik pada setiap saat dimasa depan.

METODE PENELITIAN

Observasi yang dilakukan di pantai meliputi pengukuran tinggi, periode dan arah gelombang pada daerah sebelum terjadi gelombang pecah. Sedangkan untuk observasi dilakukan pada muara Sungai Palu meliputi kedalaman perairan, arah dan kecepatan arus, salinitas, dan debit air. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 4 kali dalam 1 hari, yaitu pada kondisi air laut: pasang menuju surut, surut minimum, surut menuju pasang dan pasang maksimum. Khusus untuk pengukuran

salinitas serta arah dan kecepatan arus dilakukan secara vertikal sebanyak 3 titik yaitu pada dasar estuari, tengah estuari dan permukaan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Theodolit, GPS, gelas ukur, pelampung, meteran, alat tulis, stopwatch, kompas, plastik sampel, kamera, flowmeter, refraktometer, aerometer, dan neraca Ohaus.

Prediksi laju transpor sedimen susur pantai ditunjukkan oleh hubungan antara pengangkutan sedimen dan parameter gelombang dengan menggunakan rumus CERC (CERC, 1984) sebagai berikut:

$$Q_s = 3,534 \frac{\rho g}{8} (H_b)^2 C_b (\sin \alpha_b)(\cos \alpha_b) \quad (1)$$

Dengan Q_s adalah transport sedimen susur pantai ($m^3/hari$), ρ adalah rapat masa air laut (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi bumi (m^2/d) H_b adalah tinggi gelombang pecah (m), α_b adalah sudut datang gelombang pecah, dan C_b adalah cepat rambat gelombang pecah (m/d), dimana nilai tersebut diperoleh berdasarkan persamaan (2)

$$C_b = \sqrt{g d_b} \quad (2)$$

dengan d_b adalah kedalaman gelombang pecah (m).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kondisi Hidrodinamika

Berdasarkan hasil observasi saat elevasi menuju surut kecepatan arus pada bagian permukaan yaitu sebesar 0,13 m/d di kedalaman 0,33 m, kecepatan arus pada bagian tengah di kedalaman 0,17 m adalah sebesar 0,11 m/det, dan kecepatan arus sungai di dasar estuari yaitu 0,07 m/det pada kedalaman 0,03 m. Salinitas di permukaan sebesar 5 ‰, bagian tengah 5 ‰ dan dasar estuari sebesar 4 ‰.

Hasil observasi saat elevasi surut kecepatan arus pada bagian permukaan yaitu sebesar 0,78 m/d di kedalaman 0,33 m, kecepatan arus pada bagian tengah di kedalaman 0,17 m adalah sebesar 0,73 m/det, dan kecepatan arus sungai di dasar estuari yaitu 0,68 m/det pada kedalaman 0,03 m. Salinitas di permukaan sebesar 1 ‰, bagian tengah 1 ‰ dan dasar estuari sebesar 1 ‰.

Hasil observasi saat elevasi menuju pasang kecepatan arus pada bagian permukaan yaitu sebesar 0,60 m/d di kedalaman 0,33 m, kecepatan arus pada bagian tengah di kedalaman 0,17 m adalah sebesar 0,53 m/det, dan kecepatan arus sungai di dasar estuari yaitu 0,37 m/det pada

kedalaman 0,03 m. Salinitas di permukaan sebesar 3 ‰, bagian tengah 2 ‰ dan dasar estuari sebesar 1 ‰.

Hasil observasi saat elevasi menuju pasang kecepatan arus pada bagian permukaan yaitu sebesar 0,25 m/d di kedalaman 0,33 m, kecepatan arus pada bagian tengah di kedalaman 0,17 m adalah sebesar 0,23 m/det, dan kecepatan arus sungai di dasar estuari yaitu 0,16 m/det pada kedalaman 0,03 m. Salinitas di permukaan sebesar 1 ‰, bagian tengah 1 ‰ dan dasar estuari sebesar 1 ‰.

Distribusi arus di muara Sungai Palu di dominasi oleh arus sungai, sehingga jumlah air laut di estuari sangat sedikit, hal ini terbukti dengan kecilnya nilai salinitas di estuari Sungai Palu. Nilai salinitas di estuari Sungai Palu berkisar antara 1 ‰ sampai 5 ‰.

Transpor Sedimen Susur Pantai Dasar Perairan

Sedimen di estuari ditransportkan dalam dua cara, yaitu transpor sedimen di dasar perairan (*bed load sediment transport*) dan transpor sedimen beban layang (*suspended load sediment transport*). Laju transpor sepanjang pantai tergantung pada sudut datang gelombang pecah, durasi dan energi gelombang. Dengan demikian gelombang besar akan mengangkut material lebih banyak tiap satu satuan waktu daripada yang digerakkan oleh gelombang kecil. Tetapi, jika gelombang kecil terjadi dalam waktu lebih lama dari gelombang besar, maka gelombang kecil tersebut dapat mengangkut pasir lebih banyak daripada gelombang besar. Bilamana gaya yang bekerja pada partikel sedimen melampaui tahanan maka partikel sedimen akan bergulir atau bergeser sepanjang dasar estuari dan terbentuk *bed load sediment transport*. Bila gaya angkut lebih besar dari berat partikel sedimen maka partikel akan diangkat dari dasar dan dibawa dipertahankan tetap berada di dalam aliran oleh turbelensi eddy. Dalam hal ini terbentuk transpor sedimen layang (*suspended load sediment transport*).

Gelombang pecah yang membentuk sudut terhadap garis pantai akan membangkitkan arus susur pantai dan menggerakkan sedimen. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Pada saat gelombang pecah sedimen di dekat dasar pantai terangkat (tererosi) yang selanjutnya terangkut oleh dua macam gaya penggerak, yaitu komponen energi gelombang dalam arah sepanjang pantai dan arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Arah transpor sepanjang pantai sesuai dengan arah gelombang datang dan sudut antara puncak gelombang dan garis pantai. Oleh karena itu, karena arah datang gelombang selalu berubah, maka arah transpor juga berubah.

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisa di laboratorium, diperoleh ρ sebesar 1,03 kg/m³, H_b sebesar 2,12 m, d_b sebesar 3,2 m, dan α_b sebesar 20°. Kecepatan rambat gelombang diperoleh berdasarkan persamaan (2) sebesar 5,6 m/d, sehingga dengan menggunakan persamaan (1), diperoleh besar angkutan sedimen dasar perairan adalah $Q = 36,06 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Transpor sedimen yang terjadi pada daerah ini merupakan akibat dari gabungan antara arus osilasi gelombang dengan aliran searah yang berupa arus sejajar pantai (*longshore current*) sirkulasi pantai (*nearshore circulation*), arus balik (*rip current*) dan arus bawah (*undertow*). Gabungan arus – arus tersebut ditambah dengan turbulensi gelombang.

KESIMPULAN

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa distribusi arus di muara Sungai Palu di dominasi oleh arus sungai, sehingga jumlah air laut di estuari sangat sedikit, hal ini terbukti dengan kecilnya nilai salinitas di estuari Sungai Palu. Nilai salinitas di estuari Sungai Palu berkisar antara 1 ‰ sampai 5 ‰. Besarnya transpor sedimen susur pantai di sekitar muara Sungai Palu adalah 36,06 m³/hari, dimana transpor sedimen ini mengakibatkan pendangkalan di muara Sungai Palu saat terjadi pengendapan. Penelitian lanjutan dengan skala yang lebih luas dan analisis terhadap transpor sedimen layang perlu dilakukan untuk memahami secara komprehensif dinamika transpor sedimen di daerah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada STT Migas yang telah membiayai penelitian ini dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anasiru, T. (2006). Angkutan sedimen pada muara sungai palu. SMARTek, 4(1), 25-33.
- Coastal Engineering Research Center (US). (1984). *Shore Protection Manual* (Vol. 1). Department of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center
- Frederik, M. C., Adhitama, R., Hananto, N. D., Sahabuddin, S., Irfan, M., Moefti, O., ... & Riyalda, B. F. (2019). First results of a bathymetric survey of Palu Bay, Central Sulawesi, Indonesia following the Tsunamigenic Earthquake of 28 September 2018. *Pure and Applied Geophysics*, 176(8), 3277-3290.
- Lutfi, M. (2020). Hydrodynamics circulation model in the estuary of palu river based on numerical calculations. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(4), 2309-2323.

- Lutfi, M. (2021). Insight of numerical simulation for current circulation on the steep slopes of bathymetry and topography in Palu Bay, Indonesia. *Fluids*, 6(7), 234.
- Lutfi, M. (2018, June). The effect of gravitational field on brachistochrone problem. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1028, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- Lutfi, M. (2015). Three-dimensional model for cohesive sediment transport in estuary of Palu river. *Mitra Sains*, 3(1), 78-87.
- Tyree, J., Johnson, S. V., Pascua, M. C. L., Rahaman, M. M., Tenorio, A. L., & Lutfi, M. (2013). Effectiveness of camanava flood control project: A case study of selected flood control structures during typhoon gener and monsoon rains in August 2012. *国際協力研究誌*, 19(3), 131-145.