



## INTISARI

Kejadian tsunami yang melanda Jepang tahun 2011 menimbulkan gerusan di belakang tembok laut akibat limpasan tsunami. Gerusan di belakang tembok laut mengakibatkan ketidakstabilan tembok laut sehingga tembok laut mengalami kerusakan dan rentan terhadap kegagalan struktur. Mekanisme gerusan yang dihasilkan oleh tsunami berbeda dari mekanisme gerusan yang terjadi pada jembatan, dermaga dan bendung. Gerusan yang diakibatkan oleh limpasan tsunami terjadi dalam kurun waktu yang cukup singkat. Penelitian ini menjelaskan tentang proses terjadinya gerusan dan pola aliran pada saat gerusan mencapai kondisi kesetimbangan yang diakibatkan aliran jet air. Penelitian ini menggunakan metode *Smoothed Particle Hydrodynamics* (SPH) dan aplikasi *Computational Fluid Dynamics* berbasis kode *DualSPHysics*. Penelitian ini membandingkan hasil model fisik (eksperimen) dan model numerik (simulasi SPH).

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini menggunakan ukuran *flume* dengan panjang 0,51 m; lebar 0,05 m dan tinggi 0,2 m. *Inlet* jet air memiliki tebal ( $b_j$ ) 0,005 m dan lebar 0,05 m dengan kemiringan *inlet*  $70^\circ$  terhadap bidang horizontal *flume*. Ukuran sedimen sebagai material gerusan menggunakan batu pecah dengan diameter rata-rata ( $D_m$ ) 0,02 m dengan rapat massa relatif ( $\Delta$ ) 1,5 dan diameter rata-rata ( $D_m$ ) 0,01 m dengan rapat massa relatif ( $\Delta$ ) 1,3. Ketebalan susunan batu pecah yang digunakan adalah 0,12 m. Model fisik terdiri dari dua simulasi, yaitu tanpa sekat pada bagian hilir *flume* dan dengan sekat setinggi 0,12 m pada bagian hilir *flume*.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kedalaman gerusan ( $d_s$ ) dipengaruhi oleh faktor pengaliran (Bilangan Froude dan waktu pengaliran) dan sifat fisik material (massa jenis, ukuran butiran dan bentuk butiran). Proses pembentukan lubang gerusan mengalami empat fase, yaitu fase awal, fase pengembangan, fase stabilisasi dan fase ekuilibrium. Persamaan kedalaman gerusan ( $d_s$ ) akibat aliran jet air adalah  $\frac{d_s}{d_b} = 0,0653Fr - 0,7433 \frac{\Delta D_m}{h_u} - 0,2268$ . Validasi dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi SPH dan data eksperimen di laboratorium terkait pola aliran, elevasi muka air dan  $Q_{Out}$ . Hasil validasi antara eksperimen dan simulasi SPH memberikan hasil yang cukup memuaskan khususnya pada pola aliran dan  $Q_{Out}$ . Pola aliran pada simulasi SPH merepresentasikan pola aliran yang terjadi pada eksperimen di laboratorium. Profil muka air yang dihasilkan pada simulasi SPH sudah menyerupai profil muka air pada eksperimen di laboratorium khususnya pada bagian titik  $x = 0$  m sampai  $x = 0,36$  m. Selisih elevasi muka air antara eksperimen dan simulasi SPH berkisar 0,01% - 23,02%. Selain itu, perbandingan  $Q_{Out}$  antara eksperimen dan simulasi SPH berkisar 0,9% - 9,8%. Kedalaman gerusan ( $d_s$ ) pada umumnya mencapai kondisi setimbang ketika waktu pengaliran mencapai  $t = 300s$ . Kondisi setimbang dibuktikan dengan perbandingan kondisi gerusan di laboratorium dan kondisi gerusan pada simulasi SPH dengan  $F_D/W_{In} \leq 1$ . Perbedaan hasil antara eksperimen dan simulasi SPH disebabkan oleh faktor gesekan batas, kondisi batas, dan penggambaran bentuk lubang gerusan.

Kata Kunci: Tsunami, Dinding Vertikal, Gerusan, Jet Air, *DualSPHysics*



## ABSTRACT

*The tsunami that hit Japan in 2011 caused scour behind the seawall due to tsunami runoff. The scour behind the seawall results in the instability of the seawall so that the seawall is damaged and susceptible to structural failure. The scour mechanism generated by the tsunami differs from the scour mechanism on bridges, piers, and weirs. The scour caused by the tsunami runoff happened in a relatively short period. This study describes the scouring process and the flow pattern when the scour reaches an equilibrium condition caused by the flow of water jets. This study uses the Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method and the DualSPHysics code-based Computational Fluid Dynamics application. This study compares the results of the physical model (experiment) and the numerical model (SPH simulation).*

*The research was conducted at the Hydraulics Laboratory, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Gadjah Mada. This study used a flume with a length of 0.51 m, 0.05 m wide, and 0.2 m high. The water jet inlet has a thickness ( $b_j$ ) of 0.005 m and a width of 0.05 m with an inlet slope of  $70^\circ$  to the horizontal flume. The size of the sediment as scouring material uses crushed stone with an average diameter ( $D_m$ ) of 0.02 m with a relative density ( $\Delta$ ) of 1.5 and an average diameter ( $D_m$ ) of 0.01 m with a relative density ( $\Delta$ ) of 1.3. The thickness of the crushed stone arrangement used is 0.12 m. The physical model consists of two simulations: without a partition in the downstream flume and a 0.12 m high partition in the downstream flume.*

*The results showed that the scour depth ( $d_s$ ) was influenced by the flow factor (Froude number and flow time) and the physical properties of the material (density, grain size, and grain shape). The process of forming scour holes undergoes four phases: the initial phase, the development phase, the stabilization phase, and the equilibrium phase. The equation for the scour depth ( $d_s$ ) due to the water jet flow is  $\frac{d_s}{d_b} = 0,0653Fr - 0,7433 \frac{\Delta D_m}{h_u} - 0,2268$ . Validation was carried out to compare the results of the SPH simulation and experimental data in the laboratory regarding flow patterns, water level elevation, and  $Q_{Out}$ . The validation between the experiment and the SPH simulation gave quite satisfactory results, especially on the flow pattern and  $Q_{Out}$ . The flow pattern in the SPH simulation represents the flow pattern that occurs in experiments in the laboratory. The water level profile generated in the SPH simulation is similar to the water level profile in the laboratory experiments, especially at the point  $x = 0$  m to  $x = 0.36$  m. The difference in water level elevation between the experiment and the SPH simulation ranges from 0.01% - 23.02%. In addition, the comparison of  $Q_{Out}$  between the experiment and the SPH simulation ranged from 0.9% - 9.8%. The scour depth ( $d_s$ ) generally reaches equilibrium when the flow time reaches  $t = 300$ s. Equilibrium conditions were proven by comparing the scour conditions in the laboratory and the scour conditions in the SPH simulation with  $F_D/W_{In} \leq 1$ . The difference in results between the experiment and the SPH simulation was caused by boundary friction factors, boundary conditions, and the depiction of the shape of the scour hole.*

*Keywords: Tsunami, Vertical Wall, Scouring, Water Jet, DualSPHysics*