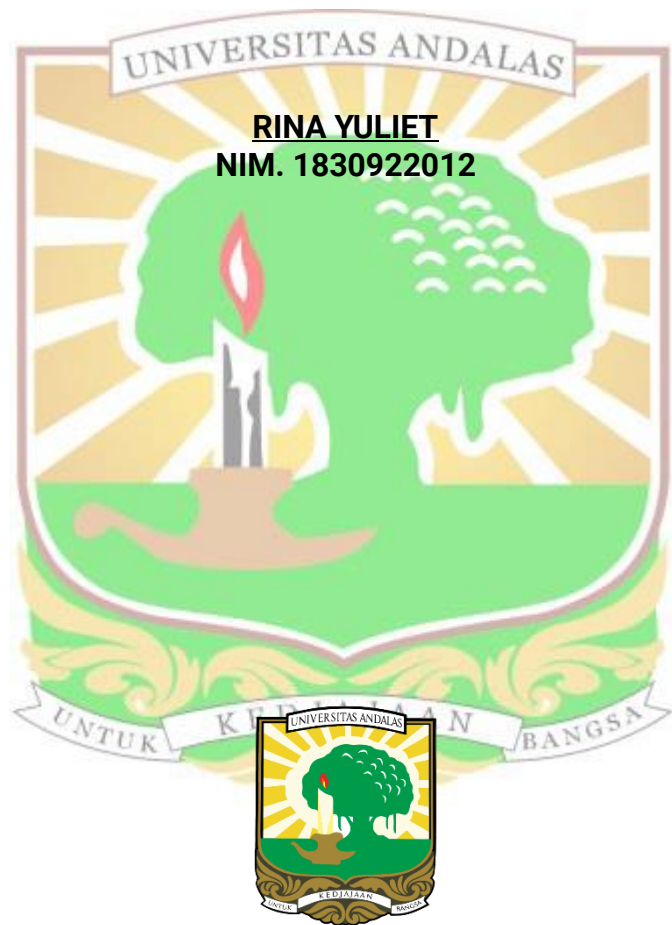


**MODEL EKSPERIMENTAL FENOMENA SAND BOILING
PADA PASIR BERLAPIS**

DISERTASI



**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2024**

ABSTRAK

Sand boiling adalah fenomena munculnya semburan air dan pasir ke permukaan tanah akibat tekanan air yang tinggi di dalam tanah. *Sand boiling* umumnya merupakan indikasi adanya masalah pada kestabilan tanah, dimana tanah kehilangan kekuatannya dan berubah menjadi cair akibat getaran atau tekanan akibat rembesan air ke atas. Fenomena *sand boiling* akibat rembesan air ke atas dapat menyebabkan kerusakan pada struktur tanggul, bendungan dan dinding penahan air seperti cofferdam. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model eksperimental berupa tangki yang dapat mensimulasikan fenomena *sand boiling* akibat rembesan air ke atas tanpa getaran pada pasir jenuh. Selain itu juga untuk mencari hubungan antara variasi tekanan air pori berlebih (Excess Pore Water Pressure, EPWP), tekanan hidrostatik (u), tegangan total (σ) dan tegangan efektif (σ') terhadap kedalaman dan menganalisis potensi terjadinya *sand boiling* berdasarkan hubungan antara gradien hidrolik (i) terhadap gradien hidrolik kritis (i_{cr}), hubungan antara kecepatan aliran (v) terhadap kecepatan rembesan (v_s), dan hubungan antara gaya rembesan ($P_1'-P_2'$) terhadap gaya efektif (P_1'). Metode eksperimental di laboratorium dengan uji model rembesan air ke atas pada pasir sangat lepas jenuh air dilakukan untuk tiga skenario. Skenario pertama dimana pasir dengan debit persatuan waktu (q) = 25 LPM, skenario ke-dua dimana pasir dengan q = 45 LPM dan skenario ke-tiga dimana pasir di atasnya kerikil dengan q = 45 LPM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rembesan air ke atas menyebabkan meningkatnya EPWP seiring waktu dan kedalaman yang memberikan indikasi langsung terhadap terjadinya *sand boiling*. Sementara itu tekanan hidrostatik juga meningkat seiring waktu dan kedalaman tapi tidak memberikan indikasi langsung terhadap fenomena *sand boiling*. Tegangan efektif berkurang terhadap waktu dan kedalaman, berkurangnya tegangan efektif mendekati nol bahkan menjadi negatif menunjukkan kondisi yang sangat berpotensi terjadinya *sand boiling*. Hasil analisis gradien hidrolik terhadap gradien hidrolik kritis menunjukkan bahwa nilai gradien hidrolik berada pada rentang 0,92-1,47 lebih besar dari nilai gradien hidrolik kritis yaitu 0,76 yang menunjukkan terjadinya *sand boiling*. Hasil analisis kecepatan aliran terhadap kecepatan rembesan menunjukkan bahwa kecepatan aliran terendah sebesar 0,0027 lebih besar dari nilai kecepatan rembesan yang berada pada rentang 0,00081-0,00141 m/detik yang menunjukkan terjadinya *sand boiling*. Hasil analisis berdasarkan gaya rembes terhadap gaya efektif menunjukkan bahwa nilai gaya rembes berada pada rentang 0,55-1,46 lebih besar dari nilai gaya efektif terbesar yaitu 0,44 yang menunjukkan terjadinya *sand boiling*. Pada pasir berlapis dimana penambahan kerikil di atas pasir dapat mereduksi kecepatan rembesan jika dibandingkan dengan pasir asli tanpa kerikil di atasnya. Hasil kajian eksperimen ini dapat digunakan untuk merancang metode mitigasi untuk mencegah terjadinya *sand boiling* akibat rembesan air ke atas. Penelitian ini

sangat membantu dalam memahami dan memprediksi fenomena sand boiling yang sering menjadi penyebab kegagalan struktur geoteknik.

Kata kunci: EPWP, tegangan efektif, gradien hidrolik, kecepatan partikel, gaya rembes



ABSTRACT

Sand boiling is a phenomenon that occurs when water and sand burst out from the surface of the ground due to high water pressure. Sand boiling is generally an indication of a problem with soil stability, where the soil loses strength and turns into liquid due to vibrations or pressure due to upward water seepage. The phenomenon of sand boiling due to upward water seepage can cause damage to the structure of embankments, dams, and retaining walls such as cofferdams. This study aims to develop an experimental model in the form of a tank that can simulate the phenomenon of sand boiling due to upward water seepage without vibration in saturated sand. In addition, it is also to find the correlation of variations in excess pore water pressure (EPWP), hydrostatic pressure (u), total stress (σ) and effective stress (σ') with depth and analyze the potential for sand boiling based on the relationship between the hydraulic gradient (i) with critical hydraulic gradient (i_{cr}), the relationship between flow velocity (v) with seepage velocity (v_s), and the relationship between seepage force ($P_1'-P_2'$) to effective force (P_1'). Experimental methods in the laboratory with upward water seepage model tests on very loose water-saturated sand were carried out for three scenarios. The first scenario is where the sand with a unit time discharge (q) = 25 LPM, the second scenario is where the sand with q = 45 LPM, and the third scenario is where the sand is topped by gravel with q = 45 LPM. The study's results showed that upward water seepage causes an increase in EPWP over time and depth, directly indicating the occurrence of sand boiling. Meanwhile, hydrostatic pressure also increases over time and depth, but it does not provide a direct indication of the sand boiling phenomenon. Effective stress decreases over time and depth; the decrease in effective stress approaching zero or even becoming negative indicates a condition with the potential for sand boiling. The results of the hydraulic gradient analysis of the critical hydraulic gradient show that the hydraulic gradient value is in the range of 0.92-1.47, greater than the critical hydraulic gradient value of 0.76, which indicates the occurrence of sand boiling. The results of the flow velocity analysis against the seepage velocity show that the lowest flow velocity is 0.0027 greater than the seepage velocity value, which is in the range of 0.00081-0.00141 m/second, which indicates the occurrence of sand boiling. The analysis results based on the seepage force against the effective force show that the seepage force value is in the range of 0.55-1.46, which is more significant than the most considerable effective force value of 0.44, indicating that boiling in layered sand with the addition of gravel on top of the sand can reduce the seepage velocity when compared to the original sand without gravel on top. The results of this experimental study can be used to design mitigation methods to prevent sand boiling due to upward water seepage. This study is beneficial in understanding and predicting the

phenomenon of sand boiling, which is often the cause of geotechnical structure failure.

Keywords: EPWP, effective stress, hydraulic gradient, particle velocity, seepage force

