

ABSTRAK

Spun pile merupakan salah satu elemen pondasi dalam yang banyak digunakan pada konstruksi bangunan dan infrastruktur karena memiliki kapasitas daya dukung tinggi serta ketahanan yang baik terhadap lingkungan. Namun, dalam kondisi tertentu seperti akibat beban lateral dan aktivitas seismik, *spun pile* dapat mengalami momen lentur dan gaya geser yang berpotensi menimbulkan retak hingga kerusakan struktural. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan perilaku lentur dan geser *spun pile* diameter 800 mm menggunakan pendekatan numerik metode elemen hingga dan hasil pengujian eksperimental. Pemodelan numerik dilakukan menggunakan perangkat lunak ATENA dengan bantuan GiD sebagai *pre-processor* untuk merepresentasikan perilaku nonlinier material beton dan baja prategang, termasuk pola retak, deformasi, serta kapasitas ultimit. Selain itu, perangkat lunak ETABS digunakan sebagai alat bantu validasi awal untuk memperoleh respons struktur linier elastis berupa gaya dalam. Data eksperimental diperoleh dari hasil pengujian laboratorium di PT. Waskita Beton Precast, Tbk., dengan sistem pembebanan lentur dan geser sesuai standar yang berlaku. Hasil analisis menunjukkan bahwa kurva hubungan beban–lendutan hasil pemodelan numerik memiliki kecenderungan yang sejalan dengan hasil eksperimental, baik pada uji lentur maupun geser. Tingkat kesesuaian antara hasil numerik dan eksperimental dievaluasi menggunakan metode *Normalized Mean Square Error* (NMSE), yang menunjukkan nilai kesalahan relatif kecil dan dapat diterima. Selain itu, nilai daktilitas dan kapasitas beban ultimit dari model numerik mendekati hasil pengujian laboratorium. Dengan demikian, pemodelan numerik berbasis metode elemen hingga dinilai mampu merepresentasikan perilaku struktural *spun pile* prategang secara cukup akurat dan dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih efisien dari segi waktu dan biaya dibandingkan pengujian eksperimental.

Kata kunci — *Spun pile*, Lentur, Geser, Metode Elemen Hingga, NMSE.

ABSTRAK

Spun piles are widely used as deep foundation elements in building and infrastructure construction due to their high bearing capacity and good durability under environmental exposure. However, under certain conditions such as lateral loading and seismic actions, spun piles may experience bending moments and shear forces that can lead to cracking and structural damage. This study aims to analyze and compare the flexural and shear behavior of 800 mm diameter spun piles using a numerical approach based on the finite element method and experimental test results. Numerical modeling was conducted using ATENA software with GiD as a pre-processor to simulate the nonlinear behavior of concrete and prestressing steel, including crack patterns, deformation, and ultimate capacity. In addition, ETABS software was employed as an initial validation tool to obtain linear elastic structural responses in the form of internal forces. Experimental data were obtained from laboratory tests conducted at PT. Waskita Beton Precast, Tbk., under flexural and shear loading systems in accordance with applicable standards. The results show that the load–deflection curves obtained from numerical simulations exhibit trends consistent with the experimental results for both flexural and shear tests. The level of agreement between numerical and experimental results was evaluated using the Normalized Mean Square Error (NMSE) method, which indicated relatively small and acceptable error values. Furthermore, the ductility and ultimate load capacity predicted by the numerical models were in close agreement with the laboratory test results. Therefore, finite element–based numerical modeling is considered capable of accurately representing the structural behavior of prestressed spun piles and can serve as a more time- and cost-efficient alternative to experimental testing.

Keywords — *Spun pile, Flexure, Shear, Finite Element Method, NMSE*