

## INTISARI

Permasalahan utama galian dalam pada pekerjaan struktur *basement* dan struktur bawah gedung bertingkat di wilayah perkotaan yang padat adalah lahan yang sempit serta jarak antara bangunan yang berdekatan. Apabila dipaksakan dengan metode yang tidak tepat, akan mengakibatkan terjadinya pergerakan tanah berlebih, deformasi, penurunan, bahkan kerusakan bangunan eksisting di sekitar lokasi galian. Salah satu alternatif solusi permasalahan galian dalam pada pekerjaan *basement* dan struktur bawah gedung bertingkat di lahan yang sempit serta jarak bangunan yang berdekatan adalah penggunaan metode penggalian dengan perkuatan *contiguous pile wall*. Penggunaan *contiguous pile wall* merupakan salah satu solusi alternatif karena proses konstruksinya mudah dan relatif tidak mengganggu lingkungan sekitar, terutama pada lingkungan yang padat.

Penelitian ini membahas tentang analisis *contiguous pile wall* sebagai perkuatan galian dalam menggunakan metode elemen hingga. Model penelitian ditetapkan sebagai sebuah contoh kasus galian dalam dengan geometri bujur sangkar pada tanah pasir sedang (*medium dense sand*) tanpa mempertimbangkan muka air tanah. Model keruntuhan Mohr-Coulomb elastis-plastis sempurna digunakan untuk idealisasi perilaku tanah pasir. Kedalaman rencana galian ( $h_e$ ) ditetapkan 7,50 m dengan empat tahap penggalian yaitu setiap 1,875 m untuk setiap tahapannya. Panjang tiang total adalah 18,50 m dengan kedalaman penetrasi ( $D$ ) 11,00 m ditentukan berdasarkan perhitungan empiris. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi rasio dimensi galian ( $L/B$ ), diameter tiang ( $d$ ), kepadatan tanah pasir, dan dimensi *cap beam*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi beberapa parameter terhadap perilaku *lateral displacement* ( $U_x$ ) dan *bending moment* ( $M_x$ ) perkuatan *contiguous pile wall* serta menghasilkan desain perkuatan *contiguous pile wall* yang optimal. Metode elemen hingga (*finite element/FE*) 3-D dan 2-D digunakan untuk mendukung penelitian ini. Analisis FE model 3-D menggunakan jenis konfigurasi jaring elemen *10-node tetrahedron* dan *6-noded triangles* untuk model 2-D.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi rasio dimensi galian ( $L/B$ ), diameter tiang ( $d$ ), dimensi *cap beam*, dan kepadatan tanah pasir berpengaruh terhadap perilaku *lateral displacement* ( $U_x$ ) dan *bending moment* ( $M_x$ ) yang terjadi pada tiang. Analisis FE 3-D terbukti efektif digunakan pada seluruh variasi rasio dimensi galian, sedangkan analisis FE 2-D (*plane strain*) hanya relevan digunakan pada kasus galian bujur sangkar dengan rasio dimensi yang cukup besar ( $L/B \geq 3$ ). Memperbesar diameter tiang ( $d$ ) terbukti mereduksi *lateral displacement* ( $U_x$ ), meskipun memperbesar *bending moment* ( $M_x$ ) pada tiang. Penggunaan *cap beam* pada kepala tiang mereduksi *lateral displacement* ( $U_x$ ) sebesar 83,42% serta *bending moment* ( $M_x$ ) sebesar 130,44% dibandingkan tiang tanpa *cap beam*. Memperbesar dimensi *cap beam* juga semakin mereduksi *lateral displacement* ( $U_x$ ) yang terjadi. Penggunaan kepadatan tanah pasir lepas (*loose sand*) menunjukkan peningkatan *lateral displacement* ( $U_x$ ) dan *bending moment* ( $M_x$ ) yang signifikan dibandingkan penggunaan kepadatan tanah pasir sedang (*medium dense sand*).

**Kata Kunci:** Studi parametrik, *contiguous pile wall*, galian dalam, *finite element*

## ABSTRACT

*The main problem of deep excavation in basement structures and sub-structures of high-rise buildings in dense urban areas is the narrow land area and the distance between adjacent structures. If forced inappropriately, it will result in excessive ground movement, deformation, land subsidence, and even damage to buildings around the excavation site. An alternative solution to the problem of deep excavation in basement work and sub-structures of multi-storey buildings in narrow areas and adjacent structures is the excavation method with contiguous pile wall reinforcement. A contiguous pile wall is a comprehensive solution because the construction process is easy and does not disturb the surrounding environment, especially in dense environments.*

*This study presents a numerical analysis of a contiguous pile wall as a deep excavation reinforcement using the finite element method. The research model is set as an example of a square deep excavation in medium dense sand soil with no groundwater table. The elastic-plastic Mohr-Coulomb failure criterion was used to idealize the behaviour of sandy soils. The excavation depth ( $h_e$ ) is set at 7.50 m with four excavation stages every 1.875 m for each step. The pile length is 18.50 m with a penetration depth ( $D$ ) of 11.00 m determined based on empirical calculations. The research was conducted by varying the ratio of the excavation dimensions ( $L/B$ ), piles diameter ( $d$ ), sand density, and the dimensions of the cap beam. This study aims to determine the effect of variations of several parameters on the behaviour of lateral displacement ( $U_x$ ) and bending moment ( $M_x$ ) of contiguous pile walls and produce an optimal excavation design with contiguous pile wall reinforcement. The 3-D and 2-D finite element (FE) methods are used to support this research. The mesh configuration for the 3-D model is a 10-noded tetrahedron and for the 2-D model using 6-noded triangles.*

*The results showed that variations in the ratio of excavation dimensions ( $L/B$ ), pile diameter ( $d$ ), cap beam dimensions, and the density of sandy soil affect the lateral displacement ( $U_x$ ) and bending moment ( $M_x$ ) behaviour of the pile. The 3-D analysis proved to be effective for all square excavation dimension ratios, while 2-D analysis (plane strain) is only suitable for estimating square excavation cases with a large dimension ratio ( $L/B \geq 3$ ). Increasing the pile diameter ( $d$ ) has been shown to reduce the lateral displacement ( $U_x$ ) that occurs in a pile, although it increases the bending moment ( $M_x$ ). Using a cap beam at the head of the pile reduces the lateral displacement ( $U_x$ ) that occurs by 83,42% and the bending moment ( $M_x$ ) by 130,44% compared to the pile without a cap beam. Increasing the dimensions of the cap beam also tends to reduce the lateral displacement ( $U_x$ ) that occurs in a pile. The loose sand density shows the tendency of lateral displacement ( $U_x$ ) and bending moment ( $M_x$ ), which is more significant than the analysis on medium sand density.*

**Keywords:** *Parametric study, contiguous pile wall, deep excavation, finite element*