

Aplikasi perangkat lunak AFES untuk perancangan pondasi dangkal pada kandang ayam *close house* di Politeknik Negeri Tanah Laut

Norminawati Dewi^{1,*}, Muhammad Azhar¹, Muhammad Rizan Adam¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Tanah Laut, Kalimantan Selatan, Indonesia

*Corresponding authors: norminadewi@politala.ac.id

Submitted: 3 December 2024, Revised: 16 December 2024, Accepted: 20 December 2024

ABSTRACT: The construction of a poultry house with a close house system at Politeknik Negeri Tanah Laut aims to support student learning and research in modern agricultural practices. This facility integrates cutting-edge technology for optimal environmental control, providing a practical platform for academic. The primary focus of this study is to analyze soil investigation data and demonstrate the efficiency of shallow foundation design using the AFES software. Soil investigation at the project site revealed that the subsoil predominantly consists of clayey silt to silty clay, with depths ranging from 0.4 m to 6.6 m at borehole S1 and 0.6 m to 8.0 m at borehole S2. These findings provided essential input parameters for the foundation design process. Utilizing AFES software significantly streamlined the design workflow by offering three key outputs design drawings, 3D models, and detailed reinforcement and design criteria summarized in a comprehensive report. Additionally, the software generated a bill of materials, facilitating accurate cost estimation for the foundation construction. The results demonstrate the practical application of AFES in accelerating foundation design while maintaining accuracy and efficiency. This study underscores the importance of integrating advanced computational tools with thorough geotechnical investigation, offering a reliable and cost-effective foundation solution tailored to the unique requirements of the site.

KEYWORDS: AFES software; shallow foundation design; close house system; soil investigation.

ABSTRAK: Pembangunan kandang dengan sistem close house di Politeknik Negeri Tanah Laut bertujuan untuk mendukung pembelajaran dan penelitian mahasiswa dalam praktik pertanian modern. Fasilitas ini mengintegrasikan teknologi untuk pengendalian lingkungan yang optimal, menyediakan platform praktis untuk pembelajaran. Fokus utama dari studi ini adalah menganalisis data investigasi tanah dan menunjukkan efisiensi desain pondasi dangkal menggunakan perangkat lunak AFES. Investigasi tanah di lokasi proyek mengungkapkan bahwa lapisan tanah bawah sebagian besar terdiri dari clayey silt to silty clay, dengan kedalaman berkisar antara 0.4 m hingga 6.6 m di titik S1 dan 0.6 m hingga 8.0 m di titik S2. Penyelidikan lapangan ini memberikan parameter penting untuk proses desain pondasi. Pemanfaatan perangkat lunak AFES mampu menyederhanakan alur kerja desain dengan menawarkan tiga keunggulan utama: gambar desain, model 3D, kriteria tulangan dan desain terperinci yang dirangkum dalam summary report. Selain itu, perangkat lunak tersebut menghasilkan bill of material, yang memfasilitasi estimasi biaya yang akurat untuk konstruksi pondasi. Hasilnya menunjukkan penerapan praktis AFES dalam mempercepat desain pondasi tapi tetap mempertahankan akurasi dan efisiensi. Studi ini menggaris bawahi pentingnya mengintegrasikan software dengan pekerjaan penyelidikan tanah, yang menawarkan solusi yang andal dan efisien dari segi biaya yang dapat disesuaikan dengan kondisi lokasi pekerjaan.

KATA KUNCI: AFES software; desain pondasi dangkal; sistem close house; penyelidikan tanah.

© The Author(s) 2024. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Peternakan unggas dengan sistem kandang tertutup (*close house*) merupakan salah satu inovasi dalam teknologi industri kandang modern, yang mengkombinasikan teknologi modern dengan kontrol terhadap lingkungan yang efektif untuk memastikan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan unggas (Hajiyev et al., 2024; Laili et al., 2022; Pakage et al., 2014). Sistem ini menyediakan lingkungan tertutup dimana suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara dari kandang dapat diatur dengan tepat (Barus et al., 2024; Hamiyanti et al., 2023b; Saner & Shekhawat, 2023). Hal ini meminimalkan risiko penyakit dengan

mengurangi kontaminasi dari eksternal dan memastikan lingkungan yang stabil didalam kandang dan mendorong kesehatan ternak dan produktivitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem tradisional (Hamiyanti et al., 2023b).

Sistem *close house* ini juga sangat efisien dalam pemanfaatan sumber daya. Sistem ini mengurangi pemborosan terhadap pakan ternak dan mengoptimalkan konsumsi energi melalui sistem yang dikontrol secara otomatis (Hamiyanti et al., 2023a). Selain itu, sistem ini mendukung sistem pengolahan berkelanjutan (*sustainable*) dengan pengolahan limbah yang lebih baik dan dapat secara signifikan mengurangi

dampak lingkungan (Barus et al., 2024; George & George, 2023). Sistem ini memiliki tujuan yang sama dengan tren global pertanian dan peternakan yang berkelanjutan dalam memenuhi tujuan ekonomi dan lingkungan.

Pembangunan peternakan dengan sistem *close house* merupakan sebuah langkah penting dalam bidang akademik dan penelitian pada Politeknik Negeri Tanah Laut. Bangunan ini akan memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa dalam menangani sebuah sistem peternakan modern, untuk mendukung kegiatan praktikum. Dengan menghadapi secara langsung sebuah sistem yang baik, mahasiswa dapat mengembangkan *skill* dan inovasi yang sesuai dengan tantangan yang sedang dihadapi masyarakat sekarang di bidang peternakan. Lebih jauh, pbenembangan peternakan ini juga dapat dijadikan sebagai sebuah proyek percontohan bagi masyarakat sekaligus mempromosikan peternakan modern yang lebih baik.

Oleh karena itu, pembangunan peternakan dengan sistem *close house* ini tidak hanya memiliki benefit dalam bidang pendidikan, tetapi juga mendorong dalam penerapan metode peternakan modern. Bangunan ini akan dibangun di lahan Politeknik Negeri Tanah Laut untuk mendukung pembelajaran dan penelitian mahasiswa pada bidang peternakan. Perencanaan struktur bangunan ini harus direncanakan dengan baik untuk mendukung kelancaran proses konstruksi dan masa pemakaian nanti.

Salah satu elemen dasar dalam sebuah struktur bangunan adalah pondasi. Pondasi mentransfer beban dari struktur atas (atap, balok, plat lantai, kolom) dan meneruskannya ketanah keras atau batuan dasar. Ini untuk memastikan stabilitas dan durabilitas dari sebuah bangunan, dan membuat bangunan mampu menahan berbagai jenis gaya seperti *dead loads*, *live loads*, atau pengaruh lingkungan seperti angin atau kegiatan *seismic* seperti gempa (Das & Sivakugan, 2018; Hardiyatmo, 2014). Sebuah perencanaan pondasi yang baik dapat menghindari masalah kedepannya seperti penurunan pondasi yang besar, beban yang tidak tersebar secara merata, atau sebuah kegagalan struktur yang dapat berbahaya dan mengganggu fungsionalitas dari sebuah bangunan (Das & Sivakugan, 2018).

Perencanaan yang matang terhadap pondasi juga menjadi poin krusial karena berdampak langsung pada biaya pekerjaan dan kelayakan bangunan secara keseluruhan (Mozakka et al., 2021; Suroso & Tjitradi, 2020). Pondasi dangkal, seperti pondasi telapak, cakar ayam, atau sumuran sering digunakan pada struktur dengan beban ringan sampai sedang dengan daya dukung tanah baik yang dekat dengan permukaan tanah (Hardiyatmo, 2014). Sedangkan pondasi dalam, seperti tiang pancang atau *bore pile* sering digunakan pada struktur yang lebih besar dimana dibutuhkan transfer beban yang lebih dalam kelapisan tanah keras yang dalam (Das & Sivakugan, 2018).

Penyelidikan tanah adalah salah satu langkah penting dalam perencanaan sebuah pondasi. Penyelidikan tanah memberikan gambaran penting keadaan tanah pada lokasi konstruksi yang dapat mempengaruhi proses perencanaan sistem pondasi (Sanggaria & Apriyani, 2022; Weiwei, 2021). Selain untuk perancangan konstruksi antisipasi pada konstruksi tanah yang lunak juga bisa dilakukan untuk menjaga kestabilan tanah dan bangunan (Misnawati et al., 2023). Proses ini dilaksanakan sebelum proses awal perencanaan sebuah proyek konstruksi untuk memastikan kesesuaian jenis dan kedalaman pondasi dengan karakteristik lokasi pekerjaan. Penyelidikan tanah yang baik dapat meminimalisir resiko kondisi tanah yang tidak terduga yang menyebabkan perubahan pada struktur baik pada masa perencanaan maupun masa pekerjaan.

Secara umum penyelidikan tanah dapat dibagi menjadi dua bagian (1) pengujian lapangan, dan (2) pengujian laboratorium. Pengujian seperti *cone penetration test* (CPT) atau biasa dikenal dengan sondir dan *standard penetration test* (SPT) biasa digunakan di Indonesia untuk mengetahui karakteristik tanah di lokasi pekerjaan (Sulistianto & Rus, 2024). Pengujian CPT memberikan pembacaan perlawanan ujung (*cone resistance*) dan perlawanan gesek (*sleeve friction*) yang biasa digunakan untuk memperkirakan daya dukung dan jenis tanah (Lunne et al., 2002; Robertson, 2009; Robertson, 2016). Pada pengujian SPT, tanah dievaluasi melalui jumlah pukulan yang terstandar yang kemudian tanah diambil untuk dianalisis di laboratorium (Rogers, 2006; Wazoh & Mallo, 2014).

Penggunaan *software* dalam analisis sebuah pondasi sebuah gedung sudah sering diterapkan banyak peneliti (Harianto, 2007; Luthfiani et al., 2017; Pribadi & Rumbyarso, 2023; Warih, 2020). Luthfiani et al. (2017) menggunakan *software* SAP2000 untuk membandingkan besarnya penurunan yang terjadi pada pondasi dengan jenis tiang pancang dan pondasi dengan rakit pada proyek pembangunan apartemen Surabaya *Central Business District*. Hasil menunjukkan SAP2000 dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perhitungan penurunan pondasi. Pribadi & Rumbyarso (2023), melakukan studi perbandingan antara hasil perhitungan manual dan hasil analisis menggunakan *software ALLPILE* terkait daya dukung serta penurunan pada pondasi *bore pile*. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian hasil antara metode manual dan *software ALLPILE* dalam mengestimasi daya dukung dan penurunan pondasi, meskipun terdapat perbedaan kecil yang dapat dijelaskan oleh asumsi dan pendekatan yang digunakan dalam masing-masing metode.

Alat bantu *software* dinilai dapat menghemat banyak waktu dan lebih praktis untuk digunakan. Salah satu *software* yang dapat digunakan adalah AFES (*Analysis of Foundation Engineering Software*).

Software ini menawarkan kemudahan dalam menganalisis dan optimalisasi dalam perencanaan sebuah pondasi. *Software* ini dapat digunakan pada lokasi dengan lokasi pekerjaan dengan data geoteknik yang kompleks, dan memudahkan pengguna untuk menggunakan data hasil penyelidikan lapangan dari lokasi pekerjaan seperti SPT dan CPT secara langsung. Dengan mengintegrasikan data-data ini, *software* AFES dapat menghitung kapasitas dukung, penurunan dan angka aman (FS) dengan baik.

Kajian mengenai perencanaan pondasi menggunakan *software* AFES masih jarang ditemukan dalam literatur. AFES memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mendukung proses perencanaan pondasi. *Software* ini menyediakan *output* yang praktis dan komprehensif, termasuk gambar detail dari desain pondasi, model tiga dimensi yang dapat diintegrasikan dengan *software SketchUp*, serta detail penulangan pondasi yang disajikan dalam bentuk laporan ringkasan (*summary report*). Kemampuan ini menjadikan AFES alat yang efisien dan andal dalam mempercepat serta menyederhanakan proses perancangan pondasi.

Tujuan utama dari studi ini adalah menunjukkan hasil penyelidikan lapangan dan jenis lapisan tanah

pada proyek peternakan unggas dengan sistem *close house* yang dibangun pada Politeknik Negeri Tanah Laut. Studi ini juga akan membahas tentang hasil perhitungan pondasi tanah dengan menggunakan AFES *software*. Data hasil penyelidikan tanah kemudian digunakan sebagai data perhitungan AFES untuk menghitung daya dukung dari pondasi. Dengan mengkombinasikan hasil pengujian lapangan dan AFES *software*, studi ini bertujuan untuk mendemonstrasikan cara mendesai pondasi yang tepat dan cepat dengan bantuan perangkat lunak.

2. METODE

2.1. Lokasi Pekerjaan

Lokasi pekerjaan berada di dalam kampus Politeknik Negeri Tanah Laut, Jl. Ahmad Yani Km. 06, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Rencana pekerjaan dibangun di wilayah yang relative tidak rata dengan vegetasi lebat. Gambar 1 memperlihatkan lokasi pekerjaan peternakan dengan sistem *close house* ini.



Gambar 1. Lokasi rencana pekerjaan peternakan dengan sistem *close house*

2.2. Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah yang dilaksanakan pada proses perencanaan ini adalah dua buah titik sondir atau *cone penetration test* (CPT) ringan. Di Indonesia, pengujian sondir merupakan salah satu pengujian yang paling sering digunakan dalam menentukan daya dukung tanah (Muka et al., 2021; Tanuwijaya et al., 2019; Wibowo, 2014). Pengujian sondir juga dapat

digunakan dalam menentukan jenis tanah berdasarkan Robertson (2010). Lokasi pekerjaan penyelidikan tanah pada pekerjaan pembangunan peternakan dengan sistem *close house* dapat dilihat pada Gambar 1. Selain pengujian CPT, terdapat data dukung berupa sebuah titik pengujian SPT yang berlokasi bersebelahan dengan lokasi pekerjaan.

2.3. Analisis Daya Dukung Pondasi

Analisis daya dukung pondasi yang dilakukan menggunakan analisis daya dukung ultimate (*qult*) yang dihitung dengan formula Terzaghi menggunakan bentuk pondasi bujur sangkar dengan kondisi keruntuhan geser setempat (*local shear failure*)

1. Menentukan *Qall* (kapasitas daya dukung pondasi)

Kapasitas dukung pondasi ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lokasi pembangunan *close house* Politeknik Negeri Tanah Laut. Daya dukung pondasi dari data sondir dapat dihitung dengan Persamaan 1 (Hardiyatmo, 2014).

$$Q_{all} = \frac{q_c}{A} \quad (1)$$

$$C_u = \frac{q_c - \sigma_v}{N_{kt}} \quad (2)$$

dimana Q_{all} adalah daya dukung ijin, q_c adalah perlawanan ujung konus dari pengujian CPT, dan A adalah luas pondasi. Menurut Hardiyatmo (2014), nilai q_c dapat dikorelaksikan dengan nilai kuat geser tanah (C_u) berdasarkan Persamaan 2. Dimana σ_v adalah tegangan efektif dan N_{kt} adalah faktor konus (10-18).

2. Menentukan dimensi pondasi pelat setempat dengan AFES

Penentuan dimensi pelat setempat berdasarkan beban struktur bangunan. Beban ini diperoleh dari reaksi tumpuan pada permodelan struktur menggunakan SAP2000. Perencanaan pondasi didasarkan pada reaksi perletakan pada struktur. Berikut merupakan struktur perletakan yang terjadi.

Setelah diperoleh reaksi tumpuan model struktur *frame* hasil SAP2000, kemudian dilanjutkan penentuan dimensi pondasi dan dicek tegangan maksimum yang terjadi di bawah dasar pondasi harus lebih kecil dari Q_{all} . Selanjutnya akan dilakukan pengecekan geser pons, geser lentur, dan penulangan dengan perhitungan manual dan menggunakan aplikasi AFES untuk pondasi pelat setempat menggunakan tipe P4.

AFES (*Automatic Foundation Engineering System*) adalah perangkat lunak geoteknik yang digunakan untuk menganalisis dan merancang pondasi bangunan, baik pondasi dangkal maupun pondasi dalam. *Software* ini dirancang untuk membantu insinyur geoteknik dan struktur dalam melakukan perhitungan yang akurat, efisien, dan sesuai standar perencanaan. AFES juga digunakan untuk mengevaluasi daya dukung tanah, penurunan (*settlement*), serta analisis stabilitas pondasi.

AFES memiliki kelebihan dan fungsi baik dari segi desain pondasi, efisiensi terhadap waktu serta pembuatan *Material Take Off (MTO)* yang dimana *Software* ini memungkinkan pengguna untuk melakukan desain pondasi secara otomatis, termasuk perhitungan beban angin dan gempa sesuai dengan standar yang berlaku. AFES juga dapat membuat model dan analisis pondasi baik di tanah (*on soil*) maupun di tiang pancang (*on pile*), kemampuan

menghemat waktu kerja dalam proses desain yang dimana dari tahap awal konsep hingga pembuatan gambar kerja semua dapat dilakukan dalam satu platform. AFES juga dapat menghasilkan daftar material secara otomatis, yang dikenal dengan sebagai *Bill of Material (BOM)*, yang sangat berguna dalam perencanaan dan penganggaran proyek.

Paremeter input dalam software AFES (*Automatic Foundation Engineering System*) meliputi:

- a. Data-data tanah yang terdiri dari data penyelidikan tanah, kohesi tanah, sudut gesek dalam tanah serta kedalaman lapisan tanah.
 - b. Data-data pembebanan pada struktur yang meliputi beban vertikal (termasuk beban mati dan beban hidup), beban horizontal (beban angin, beban gempa serta faktor yang mempengaruhi stabilitas pondasi)
 - c. Jenis pondasi yang digunakan
 - d. Data Material pondasi yang terdiri dari jenis material yang digunakan serta *Bill of material* untuk menghasilkan daftar material yang dibutuhkan dalam proyek.
3. Pengecekan hasil analisis pondasi

Analisis hasil dari pondasi yang telah dirancang harus memenuhi stabilitas geser pondasi yakni melakukan pemeriksaan gaya geser, momen guling, dan tekanan permukaan, serta desain pondasi harus menganalisis desain pondasi yang meliputi Analisa kebutuhan tulangan, Analisa gaya geser 1 arah dan Analisa geser 2 arah terhadap tulangan. Pengecekan analisis hasil pondasi dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3 (Hardiyatmo, 2014).

- a. Cek Stabilitas

- 1) Gaya Geser

$$\frac{\mu \sum F_z + P \cdot F}{\sqrt{\sum F_x^2 + \sum F_y^2}} > F_s \rightarrow 1.5 (Ok) \quad (3)$$

- 2) Momen Guling

$$\frac{\sum M_{ry} \text{ or } \sum M_{rx}}{\sum M_{oy} \text{ or } \sum M_{ox}} > OVM (Ok) \quad (4)$$

- 3) Tekanan Permukaan

$$Q_{maks} < Q_{all} \quad (5)$$

- b. Cek Desain Pondasi Telapak

- 1) Kebutuhan Tulangan

$$A_s \geq A_{s2} \quad (6)$$

- 2) Gaya Geser 1 Arah

$$V_u \leq f \cdot V_c \quad (7)$$

- 3) Gaya Geser 2 Arah

$$V_u \leq f \cdot V_c \quad (8)$$

dimana μ adalah diameter (mm), F_z adalah gaya arah z (kN/mm), $P.F$ adalah *passive force* (kN), F_s adalah *safety factor*, M_{ry} , M_{rx} adalah momen terhadap sumbu - x dan sumbu-y (kN.m), OVM adalah *overtuning moment*, adalah Q_{all} adalah daya dukung ijin, Q_{maks} adalah tegangan total, A_s adalah luas

tulangan susut (mm^2), A_{s2} adalah luas tulangan maksimum (mm^2), V_u adalah Gaya geser terfaktor (kN), V_c adalah kuat geser beton (kN).

4) Bill of Materials

Bill of Materials adalah daftar lengkap material dan kuantitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek konstruksi atau bagian dari struktur, seperti pondasi. Dalam konteks perencanaan pondasi, *bill of materials* mencakup volume pekerjaan yang meliputi kebutuhan material seperti beton, baja tulangan, dan bahan lainnya, beserta estimasi jumlah yang diperlukan. Informasi ini sangat penting dalam perencanaan anggaran, pengadaan material, dan memastikan bahwa semua elemen yang diperlukan tersedia untuk mendukung keberhasilan konstruksi. *Software AFES* dapat secara otomatis membuat *bill of materials*, dan membuat proses perencanaan lebih mudah dan praktis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penyelidikan Tanah

Hasil pengujian CPT menunjukkan bahwa pada titik S1, kedalaman tanah keras berada di kedalaman 11.60 m dengan pembacaan ujung konus, $q_c > 250 \text{ kg/cm}^2$ yang mengindikasikan bahwa tanah pada kedalaman ini sudah keras dan tidak memungkinkan

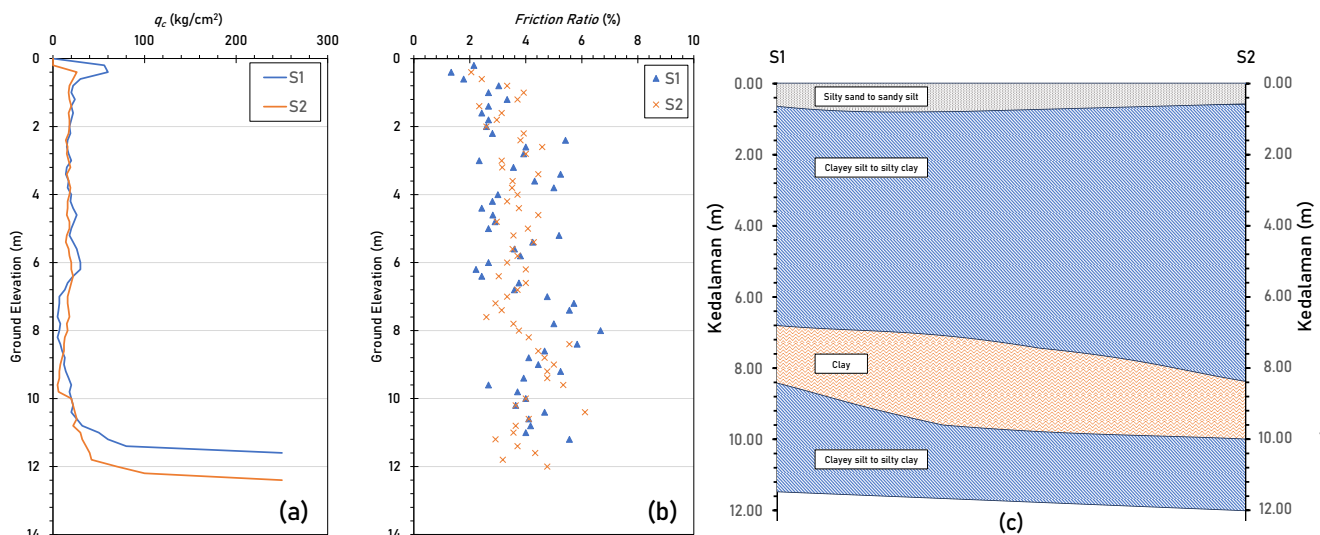
dilanjutkan pengujian sondir. Pada titik S2, pembacaan maksimum untuk pengujian sondir pada kedalaman 12.40 m dimana nilai pembacaan ujung konus, $q_c > 250 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman ini. Gambar 2 (a) dan (b) menunjukkan hasil pembacaan ujung konus dan friction ratio pada setiap kedalaman. Gambar 2 (c) memperlihatkan perkiraan lapisan tanah pada lokasi pekerjaan berdasarkan hasil pengujian sondir berdasarkan Robertson (2010).

Secara umum, pada permukaan terdapat tanah timbunan dengan jenis tanah *silty sand to sandy silt* dengan kedalaman 0.2 – 0.6 m. Tanah pada lokasi pekerjaan ini didominasi tanah dengan jenis *clayey silt to silty clay* dengan kedalaman 0.4 m – 6.6 m pada titik S1 dan 0.6 m – 8.0 m pada titik S2. Selanjutnya terdapat tanah dengan tipe *clay* dengan kedalaman 2.4 m - 1.8 m dan kemudian tanah keras dengan tipe *clayey silt to silty clay* pada kedalaman 11.6 m pada titik S1 dan 12.4 m pada titik S2.

3.2. Analisis Daya Dukung Pondasi

1. Menentukan Q_{all} (kapasitas daya dukung pondasi)

Kapasitas daya dukung pondasi ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lokasi Pembangunan *Close House*. Hasil penyelidikan tanah berupa diagram sondir. Berdasarkan data sondir diperoleh pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengujian sondir (CPT) pada lokasi rencana pembangunan kandang dengan sistem *close house*, (a) Pembacaan perlawanan ujung qon (q_c) terhadap kedalaman, (b) Pembacaan *friction ratio* (%) terhadap kedalaman, dan (c) Perkiraan lapisan tanah dari hasil pengujian sondir berdasarkan Robertson (2010)

Perlawanan ujung konus, $q_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Maka, nilai daya dukung ijin pondasi dangkal:

$$Q_{all} = \frac{250}{40} = 6.25 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan Hardiyatmo (2014), nilai kuat geser tanah berdasarkan hasil pengujian sondir adalah:

$$C_u = \frac{10 - 1.515}{14} = 0.61 \text{ kg/cm}^2$$

2. Menentukan dimensi pondasi pelat setempat dengan AFES

Penentuan dimensi pondasi pelat setempat berdasarkan beban struktur bangunan. Beban ini diperoleh dari reaksi perletakan pada permodelan struktur menggunakan SAP 2000 sesuai dengan modul materi desain struktur pondasi dangkal (Anggraini, 2016). Berikut merupakan rekap *output* reaksi peletakan yang merupakan hasil dari kombinasi pembebanan Metode Tegangan Izin (*Allowable Stress Design/ASD*). Untuk rekap hasil *output* reaksi peletakan dapat dilihat pada Tabel 1. *Software* AFES membutuhkan beberapa parameter *input* seperti material yang digunakan, kapasitas tanah, dan faktor keamanan. Detail parameter *input* pada *software* AFES sebagai berikut:

Material dan Unit Weight

- *Concrete f_c'* : 305.915 kgf/cm²
- *Reinforcement (D10-D16)*: 4,282.81 kgf/cm²
- *Soil unit weight, γ* : 2400 ton/m³
- *Steel modulus of elasticity*: 2.039×10^6 kgf/cm²

- *Concrete modulus of elasticity*: 262,505.10 kgf/cm²

Soil Capacity

- Q_u : 68.89 ton/m²
- C_u : 6.72 ton/m²

Subsoil Condition dan Safety Factors

- *Allowable increase of soil*: 20%
- *SF for OVM 1*: 1.5
- *SF for OVM 2*: 1.5
- *SF for OVM 3*: 1.5
- *SF for OVM 4*: 1.5
- *SF for SL 1*: 1.5
- *SF for SL 2*: 1.5
- *SF for SL 3*: 1.5

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam program AFES diperoleh dari hasil perhitungan dan analisis menggunakan perangkat lunak SAP 2000. Rincian kombinasi pembebanan untuk perencanaan pondasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Sementara itu, kombinasi pembebanan yang digunakan untuk analisis stabilisasi dan perkuatan pondasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. *Output* reaksi peletakan dari SAP2000 untuk desain pondasi

Kondisi	Fx F1 kN	Fy F2 kN	Fz F3 kN	Mx M1 kN.m	My M2 kN.m	Mz M3 kN.m
Fx max	9.459	5.708	91.908	-1.149	0.026	0.001
Fx min	-8.475	-1.637	21.156	0.007	3.070	-0.001
Fy max	1.171	10.527	86.791	-2.098	1.119	0.006
Fy min	-0.697	-10.527	84.317	2.098	-0.704	-0.006
Fz max	-0.141	-4.502	111.508	1.059	-0.037	0.001
Fz min	-0.229	-3.089	0.711	-3.263	-1.937	-0.007
Mx max	1.837	-7.666	87.507	6.103	1.528	0.006
Mx min	-0.715	7.666	85.977	-6.103	-0.700	-0.006
My max	-4.794	1.568	26.134	0.328	7.789	0.002
My min	2.611	0.138	32.286	-1.112	-6.718	-0.002
Mz max	6.014	2.871	38.504	2.086	-2.790	0.007
Mz min	4.106	-1.355	29.656	-2.874	-4.832	-0.007
Ekstrim	9.459	10.527	111.508	6.1032	7.7885	0.0074

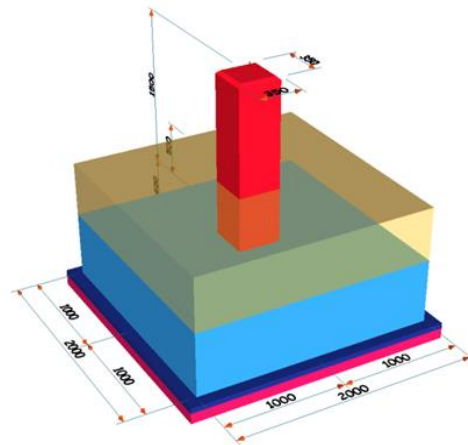
Tabel 2. Tabel *load case description* yang digunakan pada *software* AFES

Index	Load Case Name	Load Case Description
1	SW	Self Weight
2	Reaksi Ekstrim	Reaksi Ekstrim SAP 2000

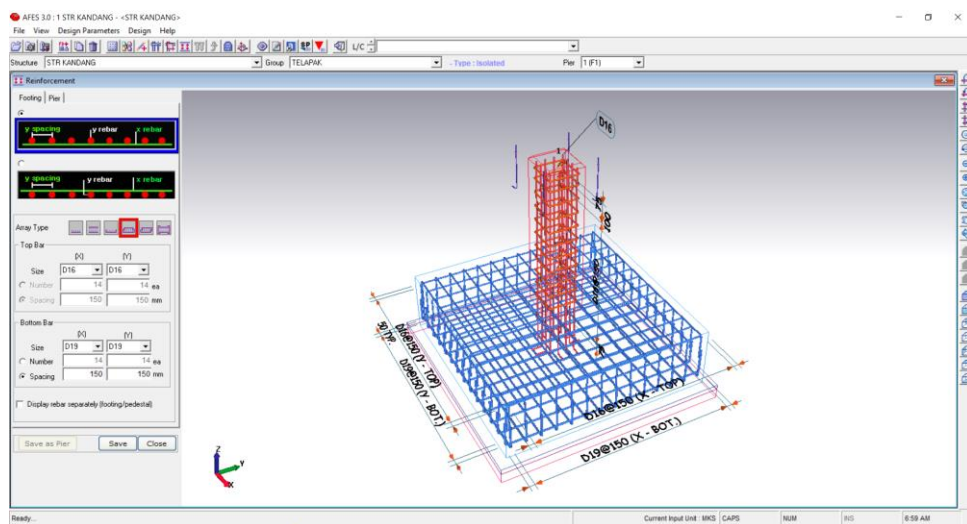
Tabel 3. Tabel kombinasi pembebanan yang digunakan pada *software* AFES

Comb. ID	Load Combination for Stability
1	1.4 SW + 1.0 Reaksi Ekstrim SAP 2000
Comb. ID	Load Combination for Reinforcement
2	1.4 SW + 1.0 Reaksi Ekstrim SAP 2000

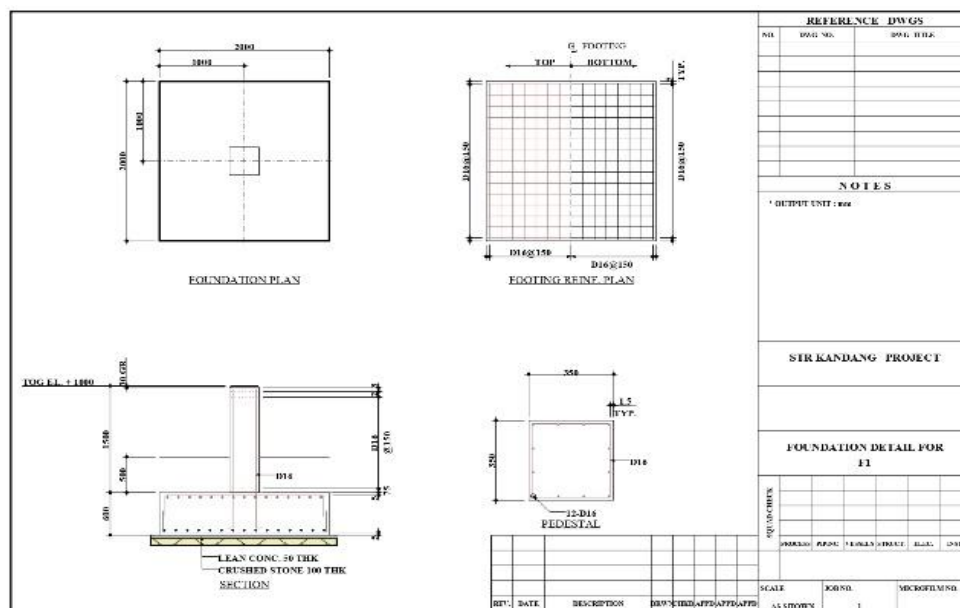
Detail model dimensi pondasi yang dihasilkan melalui program AFES disajikan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan hasil pemodelan pondasi dalam bentuk sketsa tiga dimensi yang detail. Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa pondasi yang dirancang merupakan pondasi tapak dengan bentuk persegi panjang (*rectangular footing*). Gambar 4 menyajikan sketsa yang dihasilkan secara otomatis melalui proses running pada program AFES. Sketsa ini sudah dilengkapi dengan detail pondasi tapak, pedestal, dan konfigurasi tulangan yang digunakan dalam perancangan. Hasil analisis tambahan mengenai data material dari pondasi hasil analisis *software* AFES dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Model dimensi pondasi dari *software* AFES.



(a)



(b)

Gambar 4. Detail pondasi dari *software* AFES, (a) detail tulangan pondasi dan (b) gambar CAD detail tulangan dari pondasi

Berdasarkan hasil analisis *software* AFES diperoleh data dimensi pondasi 2 x 2 meter, tebal pondasi 600 cm tebal selimut beton 13,244 cm² menggunakan tulangan 6.67 – D16@150 mm arah X dan Y. Untuk analisis tegangan geser balok 1 arah diperoleh tinggi efektif (d) sebesar 587 mm, lebar pelat pondasi (bw) sebesar 1000 mm, Kuat geser beton (Vc) sebesar 43.56 ton dan Gaya geser terfaktor (Vu) nol untuk arah XY, sedangkan untuk tegangan balok 2 arah diperoleh data berupa tinggi efektif (d) sebesar 587 mm, lebar pelat pondasi (bw) sebesar 1000 mm, Kuat geser beton (Vc) sebesar 326.543 ton dan Gaya geser terfaktor (Vu) 87.512 ton. Untuk detail hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 4 untuk analisis perkuatan pondasi tapak, Tabel 5 untuk analisis tegangan geser 1 arah dan table 6 untuk analisis tegangan geser 2 arah.

Tabel 4. Hasil analisis *footing reinforcement*

Direction	Using Bar (mm)	Width b (m)	As (cm ²)
X	6.67-D16@150	2.000	13.244
Y	6.67-D16@150	2.000	13.244

Tabel 5. Hasil analisis tegangan geser 1 arah

Direction	d (mm)	Bw (mm)	Vc (ton)	Vu (ton)
X	587	1000	43.56	0
Y	587	1000	43.56	0

Tabel 6. Hasil analisis tegangan geser 2 arah

Bentuk	d (mm)	Bw (mm)	Vc (ton)	Vu (ton)
Persegi	587	1000	326.543	87.512

3. Pengecekan hasil analisis pondasi Cek Stabilitas

- Gaya Geser

$$\frac{0.35 \cdot 126.98}{\sqrt{14.15}} > 3.14 \text{ (Ok)}$$
- Momen Guling

$$X = \frac{126.98}{27.65} = 4.59 > 1.5 \text{ (Ok)}$$

$$Y = \frac{126.98}{16} = 7.93 > 1.5 \text{ (Ok)}$$
- Tekanan Permukaan

$$Q_{maks} < Q_{all}$$

$$60.7 < 68.9 \text{ (Ok)}$$

4. Bill of Material

Bill of material merupakan salah satu keunggulan yang diperoleh dari *software* AFES. Di mana, *input* yang berupa data tanah, geometrik data, data tulangan dan data material yang digunakan, menghasilkan *output* berupa hasil dari rancangan pondasi lengkap mulai dari volume pekerjaan yang meliputi kebutuhan material seperti beton, baja tulangan, dan bahan lainnya, beserta estimasi jumlah yang diperlukan. Hasil *bill of material* dari hasil analisis AFES pada perencanaan pondasi ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Tabel 7, program AFES menghasilkan estimasi volume pekerjaan untuk fondasi. Volume pekerjaan meliputi perkiraan volume galian sebesar 16.588 m³ dan volume beton sebesar 2.584 m³. Untuk kebutuhan tulangan, diperkirakan diperlukan 0.406 ton tulangan dengan diameter D16. Selain itu, volume timbunan kembali tercatat sebesar 13.401 m³. Analisis *bill of materials* yang dihasilkan oleh AFES memberikan rincian yang baik terkait volume pekerjaan, mulai dari tahap awal hingga proses finishing. Hal ini dapat membantu dan mendukung perencanaan proyek yang lebih baik, akurat dan efisien.

Tabel 7. Bill of material

Item Name	Unit	Net Total	Allowance Total	STR Building
Excavation	m ³	16.588	16.588	16.588
Back Fill	m ³	13.401	13.401	13.401
Disposal	m ³	3.187	3.187	3.187
Concrete ($f_c = 305 \text{ kgf/cm}^2$)	m ³	2.584	2.584	2.584
Lean Concrete ($f_c = 305 \text{ kgf/cm}^2$)	m ³	0.242	0.242	0.242
CrushStone	m ³	0.484	0.484	0.484
Grouting	m ³	0.004	0.004	0.004
Form	m ²	6.9	6.9	6.9
Protection 1 (Coal Tar Epoxy)	m ²	9.518	9.518	9.518
Protection 2 (Primer Coat & Finish Coat)	m ²	9.798	9.798	9.798
Protection 3 (Self Adhesive Water Proof Membrane)	m ²	4	4	4
D16 ($f_y = 4282 \text{ kgf/cm}^2$)	ton	0.406	0.406	0.406

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang pondasi dangkal dengan memanfaatkan program *Automatic Foundation Engineering System* (AFES). Penggunaan AFES secara signifikan meningkatkan efektivitas proses perencanaan berkat berbagai keunggulannya, termasuk dalam kemampuan menghasilkan *output* praktis seperti gambar desain detail, model tiga dimensi, dan laporan ringkasan yang mencakup detail penulangan. Selain itu, AFES menyediakan informasi mengenai *bill of materials* yang dapat digunakan untuk perhitungan biaya konstruksi. Hasil penyelidikan tanah, lokasi pekerjaan ini didominasi oleh tanah dengan jenis tanah *clayey silt to silty clay* dengan kedalaman 0.4 m – 6.6 m pada titik S1 dan 0.6 m – 8.0 m pada titik S2. Tanah keras pada titik S1 ditemukan pada kedalaman 11.6 m dan pada titik S2 pada 12.40 m dengan jenis tanah *silty clay to clay*. *Software* AFES membuat waktu pengerjaan dan pengecekan stabilisasi dan analisis pondasi menjadi lebih efisien. *Software* AFES memiliki 3 output yang sangat berguna dalam mempercepat perancangan, seperti gambar desain autocad, desain sketch up dalam bentuk 3D dan detail penulangan serta syarat-syarat dalam perancangan dalam bentuk *summary report* yang jelas dan lengkap. AFES juga menampilkan *bill of material* yang dapat digunakan untuk kebutuhan perencanaan rencana anggaran biaya untuk bagian pondasi.

Mengingat kemampuan AFES dalam meningkatkan efisiensi perencanaan pondasi melalui *output* yang praktis dan lengkap, disarankan agar perangkat lunak ini digunakan secara lebih luas, terutama dalam proyek-proyek yang membutuhkan analisis detail dan efisiensi waktu, baik untuk perencanaan pondasi sederhana maupun kompleks. Disarankan dilakukan penelitian lanjutan yang membahas efisiensi ekonomi penggunaan AFES dibandingkan dengan metode perencanaan manual atau perangkat lunak lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, K. D. (2016). *Desain Pondasi Dangkal dengan AFES*.
- Barus, E. A., Salsabilah, K. N., Firman, A., & Herlina, L. (2024). Performance analysis and development of closed-house broiler farm business (Case study at camara farm, Cigendel village, Pamulihan district, Sumedang Regency). *Adv. Anim. Vet. Sci.*, 12(4), 657–667.
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2018). *Principles of foundation engineering*. Cengage learning.
- George, A. S., & George, A. S. H. (2023). Optimizing poultry production through advanced monitoring and control systems. *Partners Universal International Innovation Journal*, 1(5), 77–97.
- Hajiyev, R., Huseynova, M., Taghiyev, U., Mammadov, G., & Allahverdiyeva, G. (2024). The study of the efficiency evaluation of the ventilation system of the poultry house in the summer. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 82–92.
- Hamiyanti, A. A., Nurgiartiningih, V. M. A., Muharli, M., & Suyadi, S. (2023a). Production Performance of the Broiler Under Open, Semi-closed, and Closed House Systems During Rainy Season. *3rd International Conference on Environmentally Sustainable Animal Industry 2022 (ICESAI 2022)*, 411–419.
- Hamiyanti, A. A., Nurgiartiningih, V. M. A., Muharli, M., & Suyadi, S. (2023b). The Influence of Open, Semi-Closed, and Closed House Microclimates on Broiler Productivity in the Dry Season. *TERNAK TROPIKA Journal of Tropical Animal Production*, 24(1), 47–58.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*.
- Harianto, E. (2007). *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Menggunakan Software Shaft1 Dan Uji Beban Statis (Studi Kasus Tiang Uji Tp-4 Dan Tp-5 Pada Proyek Grand Indonesia Di Jakarta)*. Prodi Teknik Sipil UNIKA Soegijapranata.
- Laili, A. R., Damayanti, R., Setiawan, B., & Hidanah, S. (2022). Comparison of broiler performance in closed house and open house systems in trenggalek. *Journal of Applied Veterinary Science and Technology*, 3(1), 6–11.
- Lunne, T., Powell, J. J. M., & Robertson, P. K. (2002). *Cone penetration testing in geotechnical practice*. CRC press.
- Luthfiani, F., Nurhuda, I., & Atmanto, I. D. (2017). Analisis penurunan bangunan pondasi tiang pancang dan rakit pada proyek pembangunan apartemen surabaya central business district. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 166–179.
- Misnawati., Adriana, M., Dewi, N., & Suhaimi. (2023). Pengaruh Penggunaan *Endocarp Sawit* untuk Stabilisasi Tanah Lunak *Peatland*. *Jurnal Humaniora Teknologi*, 9(1).
- Mozakka, I., Zeynalian, M., & Hashemi, M. (2021). A feasibility study on construction methods of high voltage transmission towers' foundations. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 21, 1–15.
- Muka, I. W., Indriani, M. N., & Wintara, I. P. O. (2021). Analisis Daya Dukung Tanah Pada Perencanaan Proyek Gedung Dengan Metode Terzaghi, Meyerhof, Hansen Dan Vesic. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 10(2), 1–7.
- Pakage, S., Hartono, B., Fanani, Z., & Nugroho, B. A. (2014). Analysis of technical efficiency of poultry broiler business with pattern closed house system in Malang East Java Indonesia. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 5(12), 16–22.
- Pribadi, G., & Rumbyarso, Y. P. A. (2023). Analisis Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor Dengan Perhitungan Manual dan Software ALLPILE. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 16–20.
- Robertson, P. K. (2009). Interpretation of cone penetration tests—a unified approach. *Canadian Geotechnical Journal*, 46(11), 1337–1355.
- Robertson, P. K. (2010). Soil behaviour type from the CPT: an update. *2nd International Symposium on Cone Penetration Testing*, 2(56), 8.
- Robertson, P. K. (2016). Cone penetration test (CPT)-based soil behaviour type (SBT) classification system—an update. *Canadian Geotechnical Journal*, 53(12), 1910–1927.
- Rogers, J. D. (2006). Subsurface exploration using the standard penetration test and the cone penetrometer test. *Environmental & Engineering Geoscience*, 12(2), 161–179.
- Saner, K. A., & Shekhawat, S. P. (2023). Design and Analysis of Ventilation System for Closed Poultry House in Tropical Climate Conditions. *Journal of World's Poultry*

- Research*, 13(3), 323–331.
- Sanggaria, O. J., & Apriyani, I. (2022). Soil Investigation Analysis Bearing Capacity of Caisson Foundation Makassar City Bblk Service Building. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1097(1), 12043.
- Sulistianto, D., & Rus, T. Y. (2024). Analisis Daya Dukung Pondasi dan Perencanaan Konstruksi di Gudang Bahan Peledak, Samboja, Kutai Kartanegara. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 10(2), 91–100.
- Suroso, P., & Tjitradi, D. (2020). Analisis Daya Dukung Pondasi Menggunakan Hasil Uji CPT Dan Uji Laboratorium Pada Bangunan Guest House. *Buletin Profesi Insinyur*, 3(2), 118–121.
- Tanuwijaya, E., Kawanda, A., & Wijaya, H. (2019). Studi korelasi nilai tahanan konus sondir terhadap parameter tanah pada proyek di jakarta barat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 169–176.
- Warih, B. (2020). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Analitis dan Software Plaxis (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Rumah Kost Kebayoran Lama–Jakarta Selatan). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1).
- Wazoh, H. N., & Mallo, S. J. (2014). *Standard Penetration Test in engineering geological site investigations—A review*.
- Weiwei, X. U. (2021). The Effection Analysis of Geotechnical Investigation on Foundation Pit Supporting Construction. *Frontiers Research of Architecture and Engineering*, 4(1), 26–31.
- Wibowo, H. T. (2014). *Analisis Hasil Pengujian Sondir Untuk Mengetahui Peningkatan Kekuatan Tanah Sangat Lunak Di Lokasi Gate House Dalam Pekerjaan “Grouting At Semarang Pumping Station & Retarding Pond.”* Diponegoro University.