

## LAPORAN REKAYASA PONDASI

# PEMBUATAN WEBSITE KALKULATOR INTERAKTIF UNTUK ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL BERDASARKAN METODE TERZAGHI

ROHMAT DWI JAYANTO	2036231001
LAILI RAHMAWATI	2036231006
NAJWA ADLI ZHAFARINA	2036231009
NAHAR DWI FEBRIANO	2036231010
ALFIAN FEBRIAN	2036231016
ARIFA AGUSTINA H	2036231017
MUCH ADLI SAFITRI	2036231019
PUTRI SEVIA WATI	2036231024

Dosen Pengampu  
**MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 197406262003121001

Dosen Asistensi  
**MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 197406262003121001

Program Studi Sarjana Terapan  
Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Air  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2025



## **LAPORAN REKAYASA PONDASI**

# **PEMBUATAN WEBSITE KALKULATOR INTERAKTIF UNTUK ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL BERDASARKAN METODE TERZAGHI**

<b>ROHMAT DWI JAYANTO</b>	<b>2036231001</b>
<b>LAILI RAHMAWATI</b>	<b>2036231006</b>
<b>NAJWA ADLI ZHAFARINA</b>	<b>2036231009</b>
<b>NAHAR DWI FEBRIANO</b>	<b>2036231010</b>
<b>ALFIAN FEBRIAN</b>	<b>2036231016</b>
<b>ARIFA AGUSTINA H</b>	<b>2036231017</b>
<b>MUCH ADLI SAFITRI</b>	<b>2036231019</b>
<b>PUTRI SEVIA WATI</b>	<b>2036231024</b>

Dosen Pengampu  
**MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 197406262003121001

Dosen Asistensi  
**MOHAMAD KHOIRI, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 197406262003121001

Program Studi Sarjana Terapan  
Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Air  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2025

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, serta petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Praktikum Mekanika Tanah yang membahas mengenai Pengujian Sondir/Cone Penetration Test (Cpt) Dan Soil Boring serta Standard Penetration Test (N-SPT) dengan cukup baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi penilaian praktikum mata kuliah Rekayasa Pondasi di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Air, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Selama proses penyusunan laporan ini, penulis menghadapi berbagai tantangan, baik dari segi teknis maupun non-teknis. Namun berkat semangat, kerja keras, dan terutama dukungan dari berbagai pihak, laporan ini dapat terselesaikan sesuai dengan waktu yang direncanakan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak Mohamad Khoiri, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan kontribusi selama proses penulisan laporan ini,

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa, staf laboratorium, serta seluruh pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, semangat, dan masukan yang sangat berarti dalam menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan ini di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta dapat menjadi referensi yang berguna dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang rekayasa struktur Pondasi

Surabaya, Mei 2025

Kelompok 2

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR TABEL .....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Teori Daya Dukung Tanah.....	3
2.2 Metode Terzaghi untuk Pondasi Dangkal.....	3
2.3 Persamaan Umum Daya Dukung Terzaghi.....	3
2.4 Faktor-Faktor Daya Dukung ( $N_c$ , $N_q$ , $N_\gamma$ ).....	4
2.5 Jenis Keruntuhan Geser .....	4
2.5.1 Keruntuhan Geser Umum (General Shear Failure) .....	4
2.5.2 Keruntuhan Geser Lokal (Local Shear Failure) .....	5
2.6 Pengaruh Muka Air Tanah (MAT).....	5
2.6.1 Kondisi 1: MAT di Atas Dasar Pondasi.....	6
2.6.2 Kondisi 2: MAT pada Dasar Pondasi .....	6
2.6.3 Kondisi 3: MAT di Bawah Dasar Pondasi.....	7
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	8
3.1 Alur Penelitian .....	8
3.2 Pembuatan Spreadsheet Acuan .....	9
3.3 Pengembangan Website .....	10
3.3.1 Generasi Kode Dasar .....	10
3.3.2 Implementasi Fungsionalitas Inti .....	11
3.3.3 Pengembangan Fitur Lanjutan.....	12
3.3.4 Optimalisasi dan Debugging .....	13
3.4 Deployment dan Pengujian Fungsionalitas dengan GitHub.....	13
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	14
4.1 14	

---

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	17
5.1 Kesimpulan .....	17
5.2 Saran .....	17
DAFTAR PUSTAKA .....	19

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Keruntuhan Geser Lokal.....	5
Gambar 2.2 Kondisi 1: MAT di Atas Dasar Pondasi Dangkal .....	6
Gambar 2.3 Kondisi 2: MAT pada Dasar Pondasi Dangkal .....	6
Gambar 2.4 Kondisi 3: MAT di Bawah Dasar Pondasi Dangkal .....	7

## **DAFTAR TABEL**

**No table of figures entries found.**

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perancangan pondasi merupakan salah satu aspek paling kritis dalam rekayasa sipil. Sebagai elemen yang mentransfer beban dari struktur atas ke tanah di bawahnya, kinerja pondasi secara langsung menentukan keamanan, stabilitas, dan umur layanan sebuah bangunan. Analisis daya dukung tanah kemampuan maksimum tanah untuk menahan beban tanpa mengalami keruntuhan geser adalah inti dari perancangan pondasi. Di antara berbagai teori yang ada, metode yang dikemukakan oleh Karl von Terzaghi pada tahun 1943 tetap menjadi pilar dan titik awal fundamental dalam studi mekanika tanah dan rekayasa pondasi (Terzaghi, 1943).

Secara tradisional, analisis daya dukung menggunakan metode Terzaghi dilakukan secara manual. Proses ini melibatkan identifikasi parameter tanah (kohesi, sudut geser, berat volume), pemilihan faktor daya dukung ( $N_c, N_q, N_\gamma$ ) dari tabel atau grafik, dan substitusi nilai-nilai tersebut ke dalam persamaan umum daya dukung. Meskipun merupakan metode yang teruji, perhitungan manual memiliki beberapa kelemahan. Proses ini bersifat repetitif, memakan waktu, dan memiliki potensi kesalahan manusia (human error), terutama saat melakukan interpolasi nilai dari tabel atau kesalahan dalam perhitungan (Bowles, 1996). Lebih jauh lagi, proses optimasi desain, yang seringkali memerlukan puluhan iterasi dengan parameter yang berbeda, menjadi tidak efisien jika dilakukan secara manual.

Perkembangan pesat di bidang teknologi informasi dan komputasi menawarkan solusi untuk mengatasi tantangan tersebut. Dengan menerjemahkan prinsip-prinsip dan formula matematis dari metode Terzaghi ke dalam sebuah algoritma komputer, kita dapat menciptakan alat bantu yang kuat dan efisien. Pemrograman memungkinkan otomatisasi proses perhitungan yang kompleks, menghilangkan risiko kesalahan hitung, dan secara drastis mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk analisis.

Proyek ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah aplikasi berbasis web yang secara spesifik dirancang untuk menganalisis daya dukung pondasi dangkal menggunakan metode Terzaghi. Dengan memanfaatkan teknologi web universal seperti HTML, CSS, dan JavaScript, aplikasi ini dapat diakses oleh siapa saja, di mana saja, hanya dengan menggunakan peramban web standar. Ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu praktis bagi para insinyur, tetapi juga sebagai media pembelajaran interaktif bagi mahasiswa untuk memahami secara mendalam bagaimana setiap parameter tanah dan geometri pondasi mempengaruhi kapasitas daya dukungnya.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penyusunan laporan ini dapat dirumuskan dalam beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sebuah aplikasi komputasi yang dapat mengimplementasikan rumus daya dukung tanah dari metode Terzaghi secara akurat untuk berbagai bentuk pondasi dangkal (lajur, bujur sangkar, dan lingkaran)?
2. Bagaimana merancang sebuah aplikasi yang sederhana dan intuitif agar pengguna dapat dengan mudah memasukkan parameter tanah dan dimensi pondasi serta mendapatkan hasil perhitungan daya dukung tanah secara cepat?
3. Bagaimana cara melakukan verifikasi dan validasi terhadap hasil perhitungan yang dikeluarkan oleh aplikasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan hasil perhitungan manual?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penyusunan laporan dan pengembangan aplikasi ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sebuah aplikasi yang mampu menghitung nilai daya dukung ultimet dan daya dukung izin pondasi dangkal menggunakan metode Terzaghi secara akurat untuk berbagai bentuk pondasi dangkal (lajur, bujur sangkar, dan lingkaran).
2. Menyediakan platform untuk pengguna yang mudah dipahami, memungkinkan input data yang fleksibel, dan menampilkan hasil perhitungan secara jelas dan terstruktur.
3. Melakukan validasi terhadap output aplikasi dengan membandingkannya dengan contoh-contoh perhitungan manual untuk menjamin akurasi dan keandalan program.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Pengembangan aplikasi perhitungan daya dukung tanah ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Dapat menjadi sebuah alat bantu dan dapat mempermudah untuk pembelajaran interaktif untuk memahami konsep dan penerapan teori daya dukung tanah menggunakan metode Terzaghi.
2. Meningkatkan efisiensi waktu dalam menganalisis perhitungan pondasi dangkal dan dapat mengurangi risiko kesalahan perhitungan akibat human error saat melakukan kalkulasi.
3. Meningkatkan pemahaman mendalam mengenai teori daya dukung tanah Terzaghi dan logika pemrogramannya.
4. Mengembangkan kemampuan dalam merancang, membuat, dan memvalidasi sebuah perangkat lunak rekayasa sederhana.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Teori Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk menopang beban tanpa mengalami keruntuhan geser yang berlebihan atau penurunan yang tidak dapat diterima. Konsep ini sangat fundamental dalam geoteknik karena menjadi dasar perancangan pondasi, baik dangkal maupun dalam. Ketika suatu beban diaplikasikan pada permukaan tanah melalui pondasi, beban tersebut akan didistribusikan ke dalam massa tanah di bawahnya. Stabilitas struktur yang dibangun di atas tanah sangat bergantung pada apakah tanah di bawahnya mampu menahan beban tersebut tanpa terjadi keruntuhan geser (bearing capacity failure) atau deformasi yang berlebihan (settlement).

Penentuan daya dukung tanah melibatkan analisis sifat-sifat fisik dan mekanik tanah, seperti berat volume ( $\gamma$ ), kohesi ( $c$ ), dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Berbagai teori dan metode telah dikembangkan untuk memperkirakan daya dukung tanah, dengan salah satu yang paling awal dan paling banyak digunakan adalah metode Terzaghi.

#### 2.2 Metode Terzaghi untuk Pondasi Dangkal

Pada tahun 1943, Terzaghi mengusulkan teori daya dukung untuk pondasi dangkal yang didasarkan pada konsep keruntuhan geser umum di bawah pondasi. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi di mana kedalaman penanaman ( $D_f$ ) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi ( $B$ ). Teori Terzaghi mengidentifikasi tiga zona keruntuhan di bawah pondasi selama keruntuhan geser umum:

1. Zona Keruntuhan Elastis (Zona I): Berada tepat di bawah pondasi dan bergerak sebagai satu kesatuan dengan pondasi. Bentuknya menyerupai baji (wedge).
2. Zona Keruntuhan Radial (Zona II): Zona ini memanjang ke luar dari Zona I dan terdiri dari sejumlah bidang geser radial.
3. Zona Keruntuhan Rankine Pasif (Zona III): Berada di luar Zona II dan diasumsikan sebagai keruntuhan bidang geser Rankine pasif.

#### 2.3 Persamaan Umum Daya Dukung Terzaghi

Persamaan umum daya dukung ultimit ( $q_u$ ) untuk pondasi dangkal menurut Terzaghi, yang memperhitungkan kontribusi dari kohesi tanah, beban overburden, dan berat volume tanah, dapat ditulis sebagai berikut:

1. Untuk pondasi lajur (strip footing):

$$q_u = cN_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma$$

2. Untuk pondasi bujur sangkar (square footing):

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

3. Untuk pondasi lingkaran (circular footing):

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$

Di mana:

- qu = Daya dukung ultimit tanah (kN/m<sup>2</sup> atau kPa)
- c = Kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup> atau kPa)
- q = Tekanan overburden efektif pada dasar pondasi ( $q = \gamma D_f$ ) (kN/m<sup>2</sup> atau kPa)
- $\gamma$  = Berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)
- D<sub>f</sub> = Kedalaman penanaman pondasi (m)
- B = Lebar pondasi (untuk pondasi bujur sangkar) atau diameter pondasi (untuk pondasi lingkaran) (m)
- N<sub>c</sub> , N<sub>q</sub> , N<sub>γ</sub> = Faktor-faktor daya dukung Terzaghi, yang bergantung pada sudut geser dalam tanah ( $\phi$ )

## 2.4 Faktor-Faktor Daya Dukung (N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub>)

Faktor-faktor daya dukung N<sub>c</sub> , N<sub>q</sub> , dan N<sub>γ</sub> adalah parameter tanpa dimensi yang memperhitungkan pengaruh sudut geser dalam ( $\phi$ ) terhadap kontribusi kohesi, overburden, dan berat volume tanah terhadap daya dukung ultimit. Nilai-nilai ini dihitung berdasarkan asumsi keruntuhan geser umum oleh Terzaghi dan dapat diperoleh dari tabel atau grafik yang dipublikasikan, atau dihitung menggunakan rumus-rumus berikut:

$$N_c = \cot \phi \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi'/2) \tan \phi'}}{2 \cos^2(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2})} - 1 \right] = \cot \phi' (N_q - 1)$$

$$N_q = \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi'/2) \tan \phi'}}{2 \cos^2(45 + \frac{\phi'}{2})}$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi'} - 1 \right) \tan \phi'$$

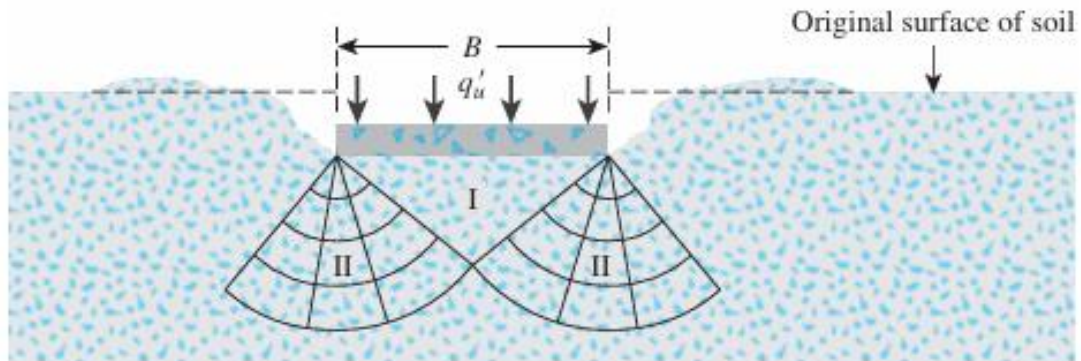
Namun, formula untuk N<sub>γ</sub> yang diberikan oleh Terzaghi seringkali direpresentasikan dalam bentuk tabel karena penurunannya lebih kompleks dan tidak selalu ada formula tertutup yang sederhana.

## 2.5 Jenis Keruntuhan Geser

### 2.5.1 Keruntuhan Geser Umum (General Shear Failure)

Keruntuhan Geser Umum (General Shear Failure) adalah mekanisme kegagalan pondasi yang terjadi ketika seluruh massa tanah di bawah pondasi bergerak sebagai satu kesatuan, mendorong tanah di sekitarnya ke atas dan ke samping. Ini adalah jenis keruntuhan yang paling jelas dan sering terjadi pada tanah padat atau sangat kaku, di mana kuat geser tanah cukup tinggi untuk memungkinkan perpindahan massa tanah yang signifikan sebelum kegagalan total.

## 2.5.2 Keruntuhan Geser Lokal (Local Shear Failure)



Gambar 2.1 Keruntuhan Geser Lokal

Sumber : Principles of Geotechnical Engineering, Braja M. DAS (2010)

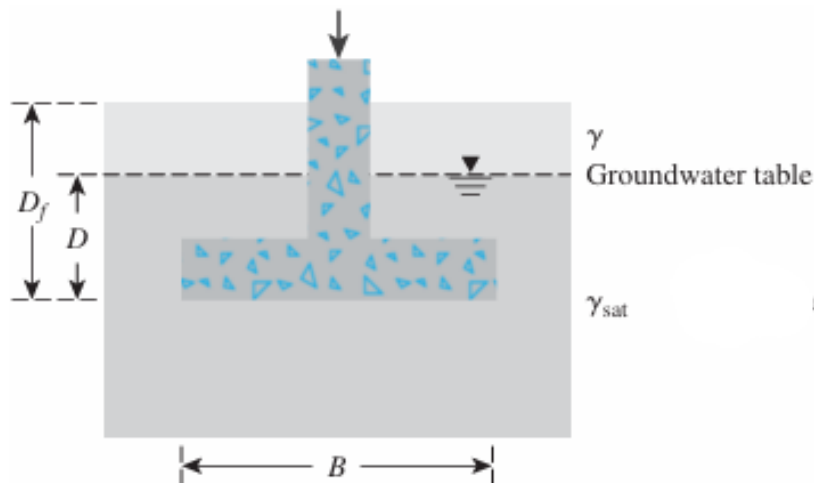
Jika uji pondasi dilakukan di pasir yang longgar hingga medium padat, di luar nilai tertentu dari  $q$ , hubungan beban-settlement menjadi garis lurus yang curam dan miring. Dalam hal ini, didefinisikan sebagai kapasitas dukung ultimate tanah. Jenis kegagalan tanah ini disebut sebagai kegagalan geser lokal dan ditunjukkan dalam Gambar. Zona berbentuk baji segitiga (ditandai I) di bawah pondasi bergerak ke bawah, tetapi tidak seperti kegagalan geser umum, permukaan lepas berakhir di suatu tempat di dalam tanah. Beberapa tanda pembengkakan tanah terlihat.

## 2.6 Pengaruh Muka Air Tanah (MAT)

Namun, dalam kondisi nyata di lapangan, tingkat air tanah seringkali berada pada kedalaman yang bervariasi, bahkan mungkin sangat dekat dengan dasar pondasi. Hal ini mengharuskan adanya modifikasi pada persamaan Terzaghi untuk Daya dukung Pondasi Dangkal, karena hal tersebut sangat bergantung pada berat volume tanah ( $\gamma$ ) yang nilainya akan berubah tergantung pada kondisi jenuh air atau tidak.

Masing-masing kondisi ini memiliki implikasi signifikan terhadap perhitungan kapasitas dukung pondasi dangkal. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang pengaruh tingkat air tanah sangat penting untuk merancang pondasi yang aman dan efisien. Pada bagian selanjutnya, ketiga skenario ini akan dijelaskan secara lebih rinci, termasuk contoh perhitungan dan analisis sensitivitas terhadap variasi kedalaman air tanah.

### 2.6.1 Kondisi 1: MAT di Atas Dasar Pondasi



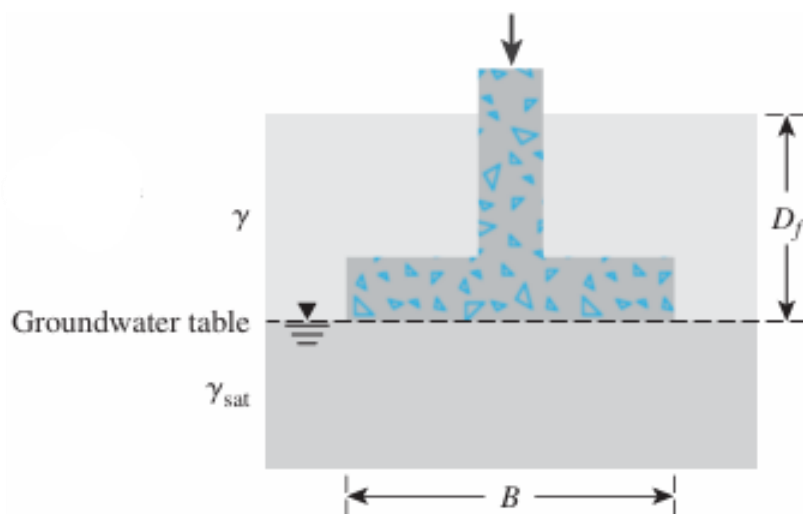
Gambar 2.2 Kondisi 1: MAT di Atas Dasar Pondasi Dangkal  
Sumber : Principles of Geotechnical Engineering,  
Braja M. DAS (2010)

Jika permukaan air tanah terletak pada jarak  $D$  di atas dasar pondasi, besarnya  $q$  dalam istilah kedua dari persamaan daya dukung harus dihitung sebagai berikut:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma'D$$

Dimana  $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$  sama dengan berat satuan efektif tanah. Juga, berat satuan tanah ( $\gamma$ ), yang muncul di suku ketiga dari persamaan kapasitas dukung harus diganti dengan ( $\gamma'$ ). Pada kondisi ini, pengaruh air tanah dapat diabaikan, dan persamaan kapasitas dukung tetap menggunakan berat volume tanah total ( $\gamma$ ).

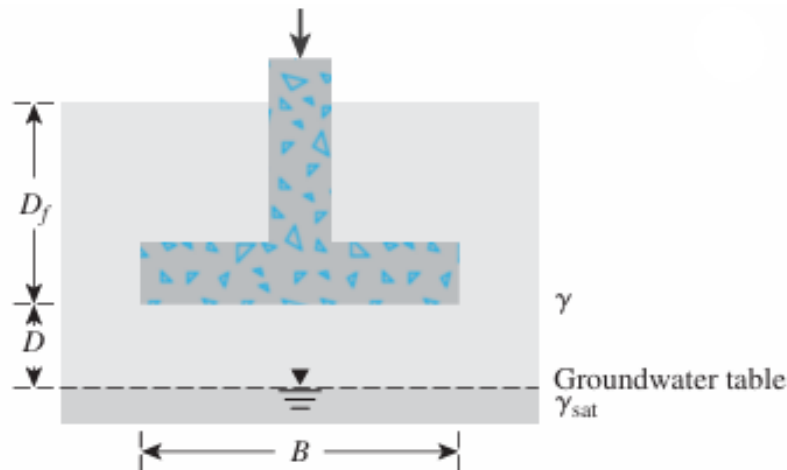
### 2.6.2 Kondisi 2: MAT pada Dasar Pondasi



Gambar 2.3 Kondisi 2: MAT pada Dasar Pondasi Dangkal  
Sumber : Principles of Geotechnical Engineering,  
Braja M. DAS (2010)

Jika permukaan air tanah bertepatan dengan dasar pondasi, besarnya ( $q$ ) sama dengan ( $\gamma \times D_f$ ). Namun, berat jenis, ( $\gamma$ ), pada suku ketiga dari persamaan daya dukung harus diganti dengan ( $\gamma'$ ). Dalam kasus ini, berat volume tanah yang digunakan pada istilah kedua persamaan kapasitas dukung harus disesuaikan menjadi berat volume efektif ( $\gamma'$ ), karena tanah di zona geser sebagian terendam air.

### 2.6.3 Kondisi 3: MAT di Bawah Dasar Pondasi



Gambar 2.4 Kondisi 3: MAT di Bawah Dasar Pondasi Dangkal  
Sumber : Principles of Geotechnical Engineering,  
Braja M. DAS (2010)

Ketika tingkat air tanah berada pada kedalaman  $D$  di bawah dasar pondasi,  $q = \gamma \times D_f$ . Besarnya  $\gamma$  pada istilah ketiga dari persamaan daya dukung harus diganti dengan  $\gamma_{av}$ . Dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma_{av} = \frac{1}{B} [\gamma D + \gamma' (B - D)] \rightarrow \text{untuk } (D \leq B)$$

$$\gamma_{av} = \gamma \rightarrow \text{untuk } (D > B)$$

Kondisi ini menyebabkan tanah di sekitar pondasi jenuh air, sehingga baik istilah kedua maupun ketiga dalam persamaan kapasitas dukung harus mempertimbangkan berat volume efektif ( $\gamma'$ ) dan pengurangan tegangan efektif akibat tekanan air.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Proses penelitian dan pengembangan website ini dilaksanakan secara sistematis dan terstruktur untuk memastikan setiap tahapan berjalan dengan baik dan menghasilkan produk yang fungsional serta akurat. Alur penelitian ini dimulai dari tahap studi konseptual, dilanjutkan dengan perancangan logika, implementasi teknis secara iteratif, hingga tahap deployment dan pengujian akhir. Berikut adalah tahapan dalam pengembangan website ini.

1. Studi Literatur

Tahap awal dimulai dengan pengumpulan dan pemahaman mendalam terhadap dasar teori analisis daya dukung pondasi dangkal menurut Terzaghi. Ini mencakup studi terhadap persamaan umum, faktor-faktor daya dukung, jenis keruntuhan geser, serta modifikasi perhitungan akibat pengaruh muka air tanah.

2. Perancangan Logika & Validasi Formula

Sebelum proses coding, seluruh formula matematis diimplementasikan dan divalidasi dalam sebuah prototipe di Microsoft Excel. Tahap ini berfungsi sebagai acuan untuk memastikan kebenaran logika perhitungan yang akan diimplementasikan pada website.

3. Pengembangan Website

Tahap ini merupakan inti dari proyek, di mana aplikasi web dibangun secara iteratif melalui kolaborasi dengan AI Gemini.

- a. Iterasi 1 (Generasi Kode Dasar): Berdasarkan logika dari spreadsheet, AI diminta untuk menghasilkan struktur dasar halaman web menggunakan HTML dan CSS.
- b. Iterasi 2 (Implementasi Fungsionalitas Inti): "Otak" kalkulator ditanamkan ke dalam kode. Ini termasuk logika perhitungan, fungsi interpolasi tabel, dan validasi input dasar.
- c. Iterasi 3 (Pengembangan Fitur Lanjutan): Fitur-fitur tambahan seperti konversi satuan dinamis, tombol bantuan (?), dan jendela modal teori ditambahkan untuk meningkatkan interaktivitas dan pengalaman pengguna.
- d. Iterasi 4 (Optimalisasi dan Debugging): Berdasarkan hasil pengujian awal, dilakukan penyempurnaan pada antarmuka, perbaikan tata letak untuk perangkat mobile, dan perbaikan *bug* fungsionalitas.

4. Deployment dan Pengujian

Setelah pengembangan selesai, kode final diunggah ke repositori GitHub. Fitur GitHub Pages kemudian diaktifkan untuk menayangkan website secara online. Website yang sudah aktif diuji secara menyeluruh untuk memverifikasi akurasi perhitungan dan fungsionalitas semua fitur.

5. Analisis dan Penulisan Laporan

Tahap akhir adalah menganalisis hasil pengujian, membandingkannya dengan perhitungan manual, dan mendokumentasikan seluruh proses, metodologi, serta hasil dalam bentuk laporan ini.

### 3.2 Pembagian Jobdesk

<i>Jobdesk</i>	<i>Nama</i>
Membuat perhitungan di excel	Najwa Adli Zhafarina
Pengembangan Website	Nahar Dwi Febriano
Pengujian Website	Laili Rahmawati Arifa Agustina
Penulisan Laporan	Rohmat Dwi Jayanto Alfian Febrian Much Adli Safitri Putri Sevia Wati

### 3.3 Pembuatan Spreadsheet Acuan

Sebelum memulai pengembangan website, diperlukan sebuah spreadsheet untuk memetakan dan memvalidasi seluruh alur perhitungan. Tahap ini cukup penting untuk memastikan bahwa logika yang akan diimplementasikan ke dalam kode pemrograman sudah benar dan teruji.

Proses perancangan logika dalam spreadsheet ini meliputi beberapa langkah utama:

#### 1. Penataan Layout Lembar Kerja

Lembar kerja diorganisir menjadi tiga area utama:

- Area Input: Tempat untuk memasukkan semua parameter variabel seperti data tanah (kohesi, sudut geser, berat volume), dimensi pondasi (lebar, kedalaman), dan parameter muka air tanah.
- Area Tabel Referensi: Data tabel faktor daya dukung Terzaghi untuk kondisi General Shear Failure ( $N_c, N_q, N_\gamma$ ) dan Local Shear Failure ( $N'_c, N'_q, N'_\gamma$ ) dimasukkan ke dalam area terpisah. Ini memungkinkan formula untuk mengambil data secara dinamis.
- Area Perhitungan dan Hasil: Area ini berisi sel-sel yang akan menampilkan hasil perhitungan antara (seperti  $q$  dan  $\gamma_{eff}$ ) dan hasil akhir (qult dan qall).

#### 2. Perumusan Formula Perhitungan

##### e. Pengambilan Faktor Daya Dukung

Untuk mengambil nilai  $N_c, N_q$ , dan  $N_\gamma$  secara otomatis berdasarkan input sudut geser ( $\phi$ ), digunakan fungsi [VLOOKUP].

Formula ini mencari nilai  $\phi$  yang dimasukkan pengguna pada kolom pertama tabel referensi dan mengembalikan nilai faktor daya dukung yang sesuai dari kolom yang ditentukan.

Contoh formula untuk mengambil nilai  $N_c$  (dengan asumsi  $\phi$  di sel D6 dan tabel referensi di rentang E4:H54):  $[=VLOOKUP(D6; \$E\$4:\$H\$54; 2; FALSE)]$

##### f. Perhitungan Pengaruh Muka Air Tanah (MAT)

Formula IF bersarang digunakan untuk mengimplementasikan logika dari tiga kondisi MAT. Formula ini secara otomatis menghitung nilai tekanan



overburden efektif ( $q_{adj}$ ) dan berat volume efektif ( $\gamma_{eff}$ ) berdasarkan posisi muka air tanah ( $D_w$ ) relatif terhadap kedalaman pondasi ( $D_f$ ) dan lebar pondasi ( $B$ ).

g. Perhitungan Daya Dukung Ultimit ( $q_{ult}$ )

Formula akhir untuk  $q_{ult}$  dibuat dengan merujuk pada sel-sel input dan sel-sel hasil perhitungan antara. Formula ini juga menggunakan fungsi IF untuk memilih persamaan yang benar berdasarkan tipe pondasi (lajur, bujursangkar, atau lingkaran) dan tipe keruntuhan (umum atau lokal) yang dipilih.

h. Validasi Prototipe

Setelah semua formula dimasukkan, prototipe diuji dengan beberapa set data dari contoh kasus yang ada di literatur. Hasil perhitungan dari spreadsheet dibandingkan dengan hasil perhitungan manual untuk memastikan tidak ada kesalahan dalam logika atau penerapan formula.

### 3.4 Pengembangan Website

Pengembangan website dilakukan melalui serangkaian interaksi dengan AI Gemini, di mana praktikan memberikan arahan konseptual dan AI bertugas menerjemahkannya ke dalam kode teknis.

#### 3.4.1 Generasi Kode Dasar

Proses pembuatan kode dimulai setelah platform WordPress.com teridentifikasi tidak sesuai, dan strategi dialihkan ke pembuatan halaman web statis mandiri.

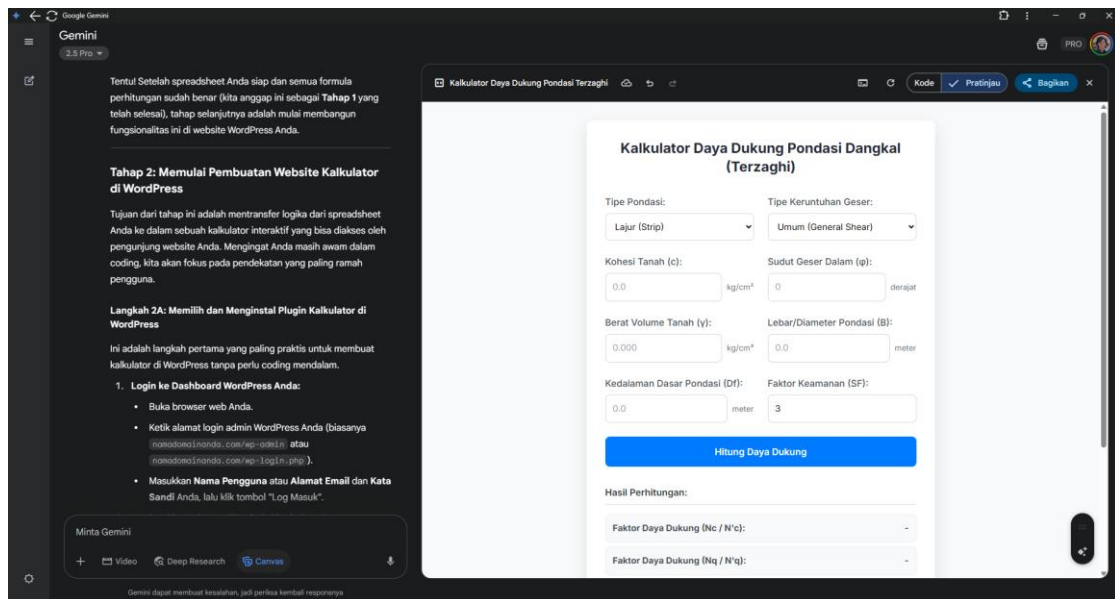
1. Pemberian Prompt Awal

Pada awal perancangan kode, AI Gemini digunakan untuk menggenerasi kode sesuai kebutuhan dengan cara memberikan *prompt* (perintah) yang berisi beberapa arahan spesifik sebagai berikut:

- Membuat sebuah halaman HTML lengkap untuk "Kalkulator Daya Dukung Pondasi Dangkal Metode Terzaghi".
- Menyertakan kolom-kolom input untuk semua parameter yang dibutuhkan, seperti: Tipe Pondasi, Tipe Keruntuhan, Kohesi ( $c$ ), Sudut Geser ( $\phi$ ), Berat Volume Tanah ( $\gamma$ ), Lebar Pondasi ( $B$ ), Kedalaman Pondasi ( $D_f$ ), dan Faktor Keamanan ( $SF$ ).
- Membuat area khusus untuk menampilkan hasil perhitungan, seperti  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ ,  $q_{ult}$ , dan  $q_{all}$ .
- Memberikan instruksi agar desain antarmuka (UI) dibuat dengan gaya yang modern, bersih, minimalis, dan mudah digunakan.

2. Hasil Generasi Kode oleh AI





Menanggapi prompt tersebut, Gemini menghasilkan satu file `index.html` yang komprehensif. File ini sudah berisi tiga komponen utama yang menjadi kerangka kerja aplikasi:

- Struktur HTML:** Kerangka lengkap dari kalkulator, termasuk semua label, kolom input (`<input>`), dropdown (`<select>`), tombol (`<button>`), dan area hasil yang diberi id unik untuk manipulasi lebih lanjut.
- Styling CSS:** Kode styling disematkan langsung di dalam tag `<style>`. AI menggunakan *utility classes* dari framework Tailwind CSS (yang dimuat dari CDN) serta beberapa aturan CSS kustom untuk menciptakan tampilan visual yang modern dan rapi sesuai arahan.
- Kerangka JavaScript:** Sebuah blok `<script>` kosong disiapkan, termasuk fungsi `hitungDayaDukung()` sebagai *placeholder* (wadah) yang nantinya akan diisi dengan logika perhitungan inti.

Dengan satu langkah ini, kerangka kerja visual dan struktural dari website telah berhasil dibuat dan siap untuk diisi dengan fungsionalitas pada tahap selanjutnya.

### 3.4.2 Implementasi Fungsionalitas Inti

Setelah kerangka dasar website terbentuk, langkah selanjutnya adalah menanamkan logika perhitungan ke dalam aplikasi. Proses ini dilakukan dengan memberikan instruksi spesifik kepada Gemini untuk menulis kode program

#### 1. Integrasi Data Tabel

Data tabel faktor daya dukung Terzaghi untuk kondisi *General Shear* dan *Local Shear* yang sebelumnya ada di spreadsheet, ditranskripsi ke dalam kode JavaScript sebagai dua buah *array of objects*. Ini memungkinkan data dapat diakses dengan cepat oleh fungsi perhitungan.

#### 1. Implementasi Fungsi Interpolasi

Dibuat sebuah fungsi `interpolate()` yang mampu mencari nilai faktor daya dukung ( $N_c, N_q, N_\gamma$ ) secara dinamis. Fungsi ini dirancang untuk menangani kasus di mana nilai sudut geser ( $\phi$ ) yang dimasukkan pengguna tidak ada persis di dalam tabel, dengan melakukan interpolasi linier antara dua nilai terdekat.

## 2. Pengembangan Fungsi Perhitungan Utama

Fungsi utama `hitungDayaDukung()` diisi dengan alur logika yang komprehensif:

- Mengambil seluruh nilai dari setiap kolom input.
- Melakukan validasi untuk memastikan tidak ada input yang kosong atau tidak valid.
- Memilih set faktor daya dukung yang benar (general atau local) berdasarkan pilihan pengguna.
- Menjalankan logika if-else untuk menghitung parameter yang dipengaruhi oleh muka air tanah ( $q_{adj}$  dan  $\gamma_{eff}$ ).
- Menghitung nilai daya dukung ultimit ( $q_{ult}$ ) dengan memilih formula yang tepat berdasarkan kombinasi tipe pondasi dan tipe keruntuhan.
- Menghitung daya dukung aman ( $q_{all}$ ) dengan membagi  $q_{ult}$  dengan Faktor Keamanan (SF).
- Menampilkan semua hasil perhitungan pada area yang telah disediakan di antarmuka.

### 3.4.3 Pengembangan Fitur Lanjutan

Untuk meningkatkan fungsionalitas dan pengalaman pengguna, beberapa fitur lanjutan diimplementasikan secara iteratif:

#### 1. Konversi Satuan Dinamis

- Penambahan elemen dropdown (`<select>`) di sebelah input dan output yang relevan.
- Pembuatan objek `unitFactors` di JavaScript yang berisi semua faktor konversi.
- Pengembangan fungsi `handleUnitChange()` yang secara otomatis menyinkronkan perubahan unit pada kategori yang sama (misalnya, semua satuan densitas) dan mengkonversi nilai angka yang sudah ada di kolom input.

#### 2. Penyempurnaan Antarmuka (UI/UX):

- Branding: Logo ITS dan HMDS ditambahkan pada bagian header, dan watermark ditambahkan pada footer dengan gaya *italic*.
- Tipografi: Font diganti menjadi "Montserrat" dari Google Fonts untuk memastikan konsistensi tampilan di berbagai perangkat.
- Fitur Bantuan: Tombol bantuan interaktif (?) ditambahkan, yang dapat menampilkan jendela *modal* berisi rangkuman dasar teori untuk membantu pengguna memahami perhitungan.

### 3.4.4 Optimalisasi dan Debugging

Tahap akhir pengembangan fokus pada penyempurnaan dan perbaikan masalah yang ditemukan selama pengujian.

1. Perbaikan Logika

Berdasarkan umpan balik, logika perhitungan untuk *Local Shear Failure* dikoreksi. Perhitungan  $c'$  yang dimodifikasi secara terpisah dihapus, dan koefisien reduksi ( $2/3$  atau  $0.867$ ) diterapkan langsung pada suku kohesi di dalam formula qult, sesuai dengan teori yang benar.

2. Perbaikan Tampilan Mobile

Masalah tata letak pada perangkat mobile, di mana unit input tampil di bawah kolomnya, diidentifikasi dan diperbaiki dengan menyesuaikan aturan CSS pada @media query. Hal ini memastikan semua elemen tetap sejajar dan rapi pada layar kecil.

3. Peningkatan Keandalan Kode

Pemanggilan fungsi pada tombol utama diubah dari atribut onclick di HTML menjadi menggunakan addEventListener di JavaScript. Praktik ini meningkatkan keandalan dan keterbacaan kode.

### 3.5 Deployment dan Pengujian Fungsionalitas dengan GitHub

Tahap terakhir adalah mempublikasikan website dan melakukan verifikasi menyeluruh.

1. Manajemen Versi dan Deployment

Seluruh proses pengembangan dikelola menggunakan sistem kontrol versi Git. Setiap perubahan signifikan disimpan sebagai *commit* dan diunggah (push) ke repositori di GitHub. Proses deployment terjadi secara otomatis setelah setiap push berkat fitur GitHub Pages yang telah diaktifkan, menjadikan website dapat diakses secara publik.

2. Pengujian Fungsional

Website yang telah online diuji secara komprehensif:

- a. Verifikasi Akurasi: Hasil perhitungan dari website dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan beberapa set parameter kasus uji yang telah disiapkan.
- b. Pengujian Fungsionalitas: Semua fitur interaktif, seperti dropdown satuan, tombol bantuan, dan tampilan rumus dinamis, diuji untuk memastikan berfungsi sesuai harapan.
- c. Pengujian Responsivitas: Tampilan dan fungsionalitas website diperiksa pada berbagai ukuran layar, dari desktop hingga mobile, untuk memastikan pengalaman pengguna yang konsisten dan optimal.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Skenario Pengujian**

Dengan menggunakan perhitungan dari website tersebut, dapat di koreksi dengan perhitungan manual menggunakan excel. Berikut merupakan hasil perhitungan menggunakan website dan manual :

##### **4.1.1 Perhitungan Manual**

<b><i>Diketahui</i></b>			
Tipe Pondasi		Bujur Sangkar	
Tipe Keruntuhan		Lokal	
Kohesi Tanah (c)	c	10	t/m2
Sudut Geser Dalam	$\phi$	25	derajat
Berat Volume Tanah	$\gamma$	1.65	t/m3
Lebar/Diameter Pondasi	B	2	m
Kedalaman Dasar Pondasi	Df	2.5	m
Faktor Keamanan	Sf	3	
Ketinggian MAT	Dw	2.5	m
Berat Volume Jenuh Tanah	$\gamma_{Sat}$	1.75	t/m3
Berat Volume Air	$\gamma_w$	1	t/m3
<b><i>Hasil Perhitungan</i></b>			
Faktor Daya Dukung ( $N_c / N'_c$ )	$N_c / N'_c$	14.8	
Faktor Daya Dukung ( $N_q / N'_q$ )	$N_q / N'_q$	5.6	
Berat Vol. Efektif	$\gamma'$	0.0008	kg/cm3
Overburden Efektif	q adj	0.412	kg/cm2
Berat Vol. Efektif suku ke 3	$\gamma_{eff}$	0.0008	kg/cm3
Daya Dukung Ultimate	q ult	15.227	kg/cm2
Daya Dukung Aman	q all	5.092	kg/cm2

Dari perhitungan manual didapatkan hasil Daya dukung ultimate sebesar 15.227 kg/cm2 dan Daya Dukung Aman 5.092 kg/cm 2.

### 4.1.2 Perhitungan Website

**Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal  
(Terzaghi)**

**Parameter Dasar Pondasi & Tanah**

Tipe Pondasi:

Bujursangkar (Square) ▼

Tipe Keruntuhan Geser:

Lokal (Local Shear) ▼

Kohesi Tanah (c):

10 ton/m<sup>2</sup> ▼

Sudut Geser Dalam ( $\phi$ ):

25 derajat

Berat Vol. Tanah ( $\gamma$ ) (di atas MAT/lembab):

1.65 ton/m<sup>3</sup> ▼

Lebar/Diameter Pondasi (B):

2 meter ▼

Kedalaman Dasar Pondasi (Df):

2.5 meter ▼

Faktor Keamanan (SF):

0

Gambar 4.1 Parameter Dasar Pondasi dan Tanah Website

**Parameter Muka Air Tanah (MAT)**

Kedalaman MAT dari Permukaan (Dw):

2.5 meter ▼

Berat Volume Jenuh Tanah ( $\gamma_{sat}$ ):

1.75 ton/m<sup>3</sup> ▼

Berat Volume Air ( $\gamma_w$ ):

1.00 ton/m<sup>3</sup> ▼

Gambar 4.2 Parameter Muka Air Tanah Website

**Hitung Daya Dukung**

**Hasil Perhitungan:**

Faktor Daya Dukung ( $N_c / N'_c$ ):  
 14.80

Faktor Daya Dukung ( $N_q / N'_q$ ):  
 5.60

Faktor Daya Dukung ( $N_\gamma / N'_\gamma$ ):  
 2.250

Berat Vol. Efektif ( $\gamma'$ ) (Apung):  
 0.0008 kg/cm<sup>3</sup>

Tekanan Overburden Efektif ( $q_{adj}$ ):  
 0.412 kg/cm<sup>2</sup>

Berat Vol. Efektif untuk Suku ke-3 ( $\gamma_{eff}$ ):  
 0.0008 kg/cm<sup>3</sup>

Daya Dukung Ultimit ( $q_{ult}$ ):  
 15.277 kg/cm<sup>2</sup>

**Rumus  $q_{ult}$  yang digunakan:**  
 $q_{ult} = (0,867 \times c \times N'_c) + (q_{adj} \times N'_q) + (0,4 \times \gamma_{eff} \times B \times N'_\gamma)$

Daya Dukung Aman ( $q_{all}$ ):  
 5.092 kg/cm<sup>2</sup>

Gambar 4.3 Hasil Perhitungan Website

Dari hasil kalkulator website mendapatkan hasil Daya Dukung Ultimate sebesar 15.227 kg/cm<sup>2</sup> dan Daya Dukung Aman 5.092 kg/cm<sup>2</sup>. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan secara manual dan website sudah sama, dan dapat disimpulkan bahwa website sudah sesuai.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh proses perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengembangan Website Berhasil:

Sebuah aplikasi web interaktif untuk analisis daya dukung pondasi dangkal berdasarkan metode Terzaghi telah berhasil dirancang dan dikembangkan. Website ini berfungsi sebagai alat bantu digital yang dapat diakses secara publik melalui platform GitHub Pages.

2. Akurasi dan Validitas Perhitungan

Logika perhitungan yang diimplementasikan dalam website telah terbukti akurat. Melalui serangkaian kasus uji, hasil yang dikeluarkan oleh kalkulator konsisten dengan perhitungan manual, mencakup variasi kondisi seperti tipe pondasi (lajur, bujursangkar, lingkaran), jenis keruntuhan geser (umum dan lokal), serta tiga skenario pengaruh muka air tanah.

3. Fungsionalitas Lanjutan Berhasil Diimplementasikan

Website ini dilengkapi dengan fitur-fitur canggih yang meningkatkan fungsionalitas dan pengalaman pengguna, antara lain:

- a. Konversi Satuan Dinamis: Pengguna dapat dengan mudah mengubah satuan input dan output, di mana sistem secara otomatis melakukan konversi nilai dan sinkronisasi unit yang sejenis.
- b. Antarmuka Responsif: Desain antarmuka pengguna (UI) berhasil dioptimalkan untuk berbagai ukuran perangkat, baik desktop maupun mobile, sehingga memastikan kemudahan penggunaan di mana saja.
- c. Fitur Bantuan Interaktif: Adanya tombol bantuan (?) yang menampilkan jendela modal berisi rangkuman teori memberikan nilai edukatif dan membantu pengguna memahami dasar perhitungan yang digunakan.

4. Kolaborasi dengan AI Efektif

Proses pengembangan yang mengandalkan kolaborasi antara praktikan sebagai perancang konseptual dan AI (Gemini) sebagai asisten teknis terbukti efektif. Model kerja ini memungkinkan implementasi fitur-fitur kompleks dan debugging yang efisien, meskipun praktikan tidak memiliki latar belakang coding yang mendalam.

#### 5.2 Saran

Meskipun website ini telah berhasil memenuhi tujuan awalnya, terdapat beberapa potensi pengembangan yang dapat dilakukan di masa depan untuk meningkatkan kapabilitas dan jangkauannya:

#### 1. Penambahan Metode Analisis Lain

Saat ini, kalkulator hanya terbatas pada metode Terzaghi. Pengembangan selanjutnya dapat mencakup metode analisis daya dukung lain yang lebih modern dan umum digunakan dalam praktik profesional, seperti metode Meyerhof, Hansen, dan Vesic, yang telah memperhitungkan faktor bentuk, kedalaman, dan kemiringan beban secara lebih komprehensif.

#### 2. Analisis Penurunan (Settlement)

Daya dukung tidak hanya tentang keruntuhan geser, tetapi juga tentang penurunan yang diizinkan. Fitur untuk menghitung estimasi penurunan langsung (*immediate settlement*) dan penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) akan menjadi tambahan yang sangat berharga.

#### 3. Kondisi Beban yang Lebih Kompleks

Website dapat dikembangkan untuk menganalisis pondasi yang menerima beban eksentris (tidak di pusat) atau beban miring, yang merupakan kondisi yang sering ditemui di lapangan.

#### 4. Visualisasi Grafis

Untuk meningkatkan aspek edukatif, dapat ditambahkan fitur visualisasi grafis yang menggambarkan sketsa pondasi, lapisan tanah, posisi muka air tanah, dan perkiraan bidang keruntuhan geser berdasarkan input yang diberikan pengguna.

#### 5. Fitur Ekspor Hasil

Menambahkan fungsionalitas untuk mengunduh atau mencetak hasil perhitungan dalam format yang rapi (misalnya, PDF atau CSV) akan sangat membantu pengguna untuk keperluan dokumentasi atau pelaporan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- Kumbhojkar, A. S. (1993). Numerical Evaluation of Terzaghi's Bearing Capacity Factors. *Journal of Geotechnical Engineering*, 119(3), 598-607.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, Inc.