

Aplikasi Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Metode *Rankine*

Alam Maulana Rachmat^{1*}, Feri Sulianta²

Teknik Informatika, Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: alam.maulana@widyatama.ac.id

Abstract

Retaining walls are very important in civil engineering projects because they provide structural stability to the soil and prevent erosion. This study aims to design and develop an application of the stability analysis of retaining walls based on the Rankine method in the field of civil engineering. This study uses experimental research methods to test the validity of the application of retaining wall stability analysis developed based on the Rankine method. This method is commonly used to evaluate the active and passive pressure generated by the soil on the wall. The data used in this study is through literature studies and real case data collection. The results obtained from the application demonstrate its effectiveness in assessing the stability of retaining walls. Through various case studies, the application successfully predicts the critical failure mechanisms, such as sliding, overturning, and bearing capacity failure. The outputs include detailed reports on safety factors and critical failure modes, allowing engineers to make informed decisions regarding wall design and reinforcement.

Keywords: *Retaining Walls; Stability Analysis; Rankine Methode; Application; Geotechnical engineering*

Abstrak

Dinding penahan tanah sangat penting dalam proyek teknik sipil karena memberikan kestabilan struktural pada tanah dan mencegah erosi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah berbasis metode *Rankine* dalam bidang teknik sipil. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental untuk menguji validitas aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah yang dikembangkan berdasarkan Metode *Rankine*. Metode ini umum digunakan untuk mengevaluasi tekanan aktif dan pasif yang dihasilkan oleh tanah pada dinding tersebut. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu melalui studi literatur dan pengambilan data kasus nyata. Hasil yang diperoleh dari aplikasi ini menunjukkan efektivitasnya dalam mengevaluasi kestabilan dinding penahan tanah. Melalui berbagai studi kasus, aplikasi ini berhasil memprediksi mekanisme kegagalan kritis, seperti geser, terbalik, dan kegagalan kapasitas dukung. *Output* yang dihasilkan meliputi laporan terperinci tentang faktor keamanan dan mode kegagalan kritis, memungkinkan pengguna untuk mengambil keputusan yang terinformasi mengenai desain dan penguatan dinding.

Kata Kunci: *Analisis Kestabilan; Aplikasi; Dinding Penahan Tanah; Metode Rankine; Teknik Geoteknik.*

1. Pendahuluan

Dalam bidang teknik sipil, dinding penahan tanah (*retaining wall*) memiliki peran penting dalam mengatasi masalah pergerakan tanah yang tidak diinginkan, seperti pergeseran lereng, erosi tanah, atau perubahan tingkat tanah yang tidak stabil [1]. Dinding penahan tanah dirancang untuk menahan tekanan lateral yang disebabkan oleh beban tanah dan air di belakangnya, sehingga menjaga kestabilan struktur dan mencegah kerusakan atau kegagalan yang dapat membahayakan lingkungan sekitarnya [2].

Analisis kestabilan dinding penahan tanah merupakan tahap penting dalam perancangan struktur tersebut. Pada analisis ini, faktor-faktor seperti berat tanah, geometri dinding, sifat-sifat tanah, dan kondisi air harus diperhatikan dengan seksama [3], [4]. Selain itu, perhitungan tekanan

lateral tanah pada dinding penahan, momen dan gaya yang bekerja pada struktur, serta evaluasi faktor kestabilan menjadi aspek penting yang harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa dinding penahan tanah mampu bertahan dalam kondisi yang aman dan stabil [5].

Dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam melakukan analisis kestabilan dinding penahan tanah, penggunaan aplikasi komputer menjadi suatu kebutuhan yang sangat diperlukan [6]. Aplikasi ini dapat menggantikan atau mendukung perhitungan manual yang rumit dan memakan waktu, sehingga memungkinkan insinyur sipil untuk melakukan analisis dengan lebih cepat, akurat, dan efisien. Dengan menggunakan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah, insinyur sipil dapat menghemat waktu dan tenaga dalam merancang dinding penahan tanah yang aman dan efektif [7].

Metode *Rankine* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam analisis kestabilan dinding penahan tanah [8]. Metode ini didasarkan pada teori tekanan aktif dan pasif tanah yang dikembangkan oleh William John Macquorn Rankine pada abad ke-19 [9]. Metode Rankine memberikan pendekatan yang cukup akurat dalam memprediksi tekanan lateral tanah pada dinding penahan, serta mengevaluasi faktor kestabilan struktur tersebut. Metode ini mempertimbangkan interaksi antara tanah dan dinding penahan dalam menghasilkan hasil analisis yang komprehensif dan dapat diandalkan [10], [11].

Dalam konteks ini, perancangan dan pengembangan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah berbasis metode *Rankine* menjadi sangat relevan [12]. Aplikasi ini akan memanfaatkan kemajuan teknologi komputer dan perangkat lunak untuk menyediakan alat yang efektif bagi para insinyur sipil dalam melakukan analisis kestabilan dinding penahan tanah dengan lebih efisien dan akurat [13], [14]. Dengan menggunakan aplikasi ini, diharapkan proses perancangan dan pengembangan dinding penahan tanah dapat dilakukan dengan lebih efektif dan menghasilkan struktur yang lebih aman dan tahan lama [15], [16].

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan dan pengembangan aplikasi analisis kestabilan berbasis metode Rankine menyediakan alat berharga bagi teknik sipil dalam mengevaluasi kestabilan dinding penahan tanah. Aplikasi ini menawarkan kemudahan, akurasi, dan efisiensi dalam menganalisis berbagai konfigurasi dinding pada berbagai kondisi tanah. Penggunaannya dapat meningkatkan proses desain, meningkatkan integritas struktural, dan meminimalkan risiko kegagalan dalam proyek dinding penahan tanah.

2. Tinjauan Pustaka

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Kalalo dkk menekankan bahwa pentingnya faktor keamanan dalam perancangan dan konstruksi dinding penahan tanah. Penelitian tersebut memuat kestabilan dinding penahan tanah yang dievaluasi dengan memperhitungkan faktor keamanan terhadap pergeseran, penggulingan, dan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kestabilan dinding penahan tanah [9].

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Sasmita tentang perhitungan dinding penahan tanah menyimpulkan bahwa penggunaan metode *Coulomb* memiliki keuntungan dalam analisis kestabilan dinding penahan tanah, namun, metode tersebut memiliki kekurangan dalam mempertimbangkan deformasi tanah secara menyeluruh dan pergerakan tanah yang kompleks [17].

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan Mina dkk menyatakan bahwa metode *Bishop* dapat mempertimbangkan faktor deformasi tanah dan distribusi tekanan lateral secara realistis, namun, metode tersebut membutuhkan data yang lengkap dan kompleksitas perhitungannya lebih tinggi [18].

Penelitian yang dilakukan oleh Kuningsih dkk dengan menggunakan metode *Rankine* manual menunjukkan bahwa stabilitas terhadap penggeseran berdasarkan metode numeris (program PLAXIS) untuk dinding penahan tanah tipe 1 dan 2 besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 1,55$). Faktor keamanan dinding penahan tanah tipe 1 sebesar 2,7 dan dinding penahan tanah tipe 2 sebesar 2,5 yang artinya aman terhadap penggeseran. Perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 1,59$) dan tipe 2 ($SF = 1,81$) juga besarnya di atas standar kriteria minimum yang ditetapkan. Stabilitas terhadap penggulingan berdasarkan perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 2,47$) dan dinding penahan tipe 2 ($SF = 2,01$) besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 2,00$) [19].

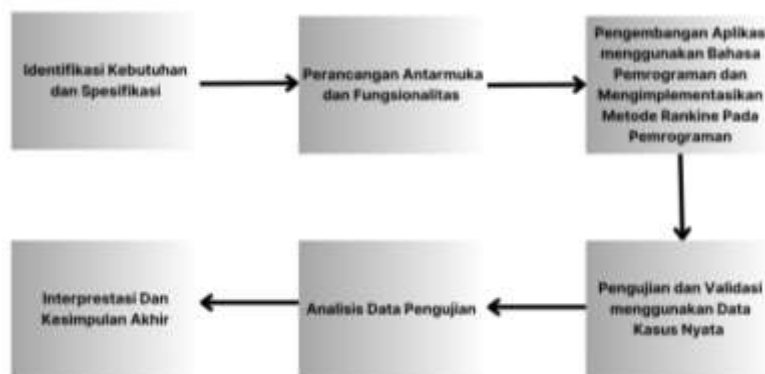
Lalu penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk menggunakan metode *Rankine* memiliki nilai faktor keamanan $2.54 > 1,50$ untuk stabilitas terhadap guling dan juga stabilitas terhadap geser memiliki nilai faktor aman (SF) $2,447 > 2.0$. Sedangkan hasil analisis menggunakan software

plaxis deformasi yang aman pada proses instalisasi retaining wall spun pile serta proses penggalian 1 dengan nilai faktor keamanannya adalah 1.81 dan pada penggalian ke 2 diperoleh nilai faktor keamanan (SF) 1.82 dan yang terakhir adalah penggalian 3 dengan nilai keamanannya adalah 2.95. Berdasarkan data hasil perhitungan diatas maka disimpulkan bahwa dinding penahan tanah pada metode rankine dan software plaxis 8.6 nilai kapasitas yang didapat merupakan nilai yang tinggi serta aman terhadap keruntuhan [20].

State of art pada penelitian ini adalah penggunaan metode Rankine dipilih karena lebihnya dalam mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi tekanan lateral tanah pada dinding penahan, memberikan hasil analisis yang komprehensif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan berbasis metode Rankine, yang akan memberikan alat efisien dan akurat bagi insinyur sipil.

3. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu metode penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menguji validitas aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah yang dikembangkan berdasarkan Metode *Rankine*. Metode penelitian eksperimental akan memungkinkan dilakukannya percobaan yang dikontrol dan pengukuran berdasarkan variabel-variabel yang telah ditetapkan. Sementara itu, Metode Rankine akan digunakan sebagai kerangka analisis yang telah terbukti efektif dalam memprediksi tekanan lateral tanah pada dinding penahan dengan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi. Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

- 1) Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi, menentukan kebutuhan pengguna dan tujuan aplikasi, dan menetapkan spesifikasi dan fitur yang diperlukan dalam aplikasi.
- 2) Perancangan antarmuka dan fungsionalitas, membuat desain antarmuka secara visual atau menggunakan alat bantu perancangan antarmuka.
- 3) Pengembangan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman dan mengimplementasikan metode rankine pada pemrograman, memilih bahasa pemrograman yang sesuai untuk pengembangan aplikasi, dan menghubungkan antarmuka pengguna dengan logika perhitungan menggunakan bahasa pemrograman dan kerangka kerja yang dipilih.
- 4) Pengujian dan validasi menggunakan data kasus nyata, memastikan bahwa aplikasi memberikan hasil yang konsisten dan sesuai dengan metode rankine yang diimplementasikan.
- 5) Analisis data pengujian, membandingkan hasil perhitungan aplikasi dengan hasil yang diharapkan atau referensi yang valid.
- 6) Interpretasi dan kesimpulan akhir, menarik kesimpulan tentang kinerja aplikasi dan kecukupan metode rankine yang diimplementasikan.

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data yang diperlukan untuk menguji aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah dengan implementasi Metode *Rankine* akan melibatkan langkah-langkah berikut:

- 1) Studi Literatur, melakukan pencarian dan studi literatur untuk mempelajari konsep dan teori yang menjadi dasar analisis kestabilan dinding penahan tanah, mengumpulkan informasi tentang parameter geoteknis tanah, dan mempelajari metode analisis yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya serta perangkat lunak yang telah dikembangkan untuk analisis kestabilan dinding penahan tanah.
- 2) Pengambilan data kasus nyata, memilih beberapa kasus nyata dinding penahan tanah yang memiliki karakteristik yang relevan dengan penelitian, dan melakukan pengambilan data lapangan untuk mengumpulkan informasi tentang geometri dinding penahan tanah, jenis dan sifat tanah di sekitar dinding, serta kondisi drainase.
- 3) Penggunaan data simulasi, melakukan simulasi untuk menghasilkan data numerik mengenai respons dan kestabilan dinding penahan tanah, seperti distribusi tegangan dan deformasi pada struktur.

Teknik pengumpulan data ini, diharapkan dapat diperoleh dataset yang komprehensif dan representatif untuk pengujian aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah.

3.2 Analisis Data dan Cara Penafsiran

Pada tahap ini, data yang diperoleh dari pengujian menggunakan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah akan diolah dan dianalisis secara kuantitatif. Proses analisis data bertujuan untuk membandingkan hasil analisis yang diperoleh dari aplikasi dengan metode konvensional, seperti metode Rankine, yang umum digunakan dalam analisis kestabilan dinding penahan tanah. Proses analisis data akan melibatkan langkah-langkah berikut:

- 1) Pengumpulan Data
- 2) Pengolahan Data
- 3) Perbandingan Hasil Analisis
- 4) Interpretasi Hasil

Melalui proses analisis data yang telah dijelaskan, dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang keefektifan dan kehandalan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah yang dikembangkan. Hasil analisis dan interpretasi dapat memberikan panduan penting dalam pemilihan metode analisis yang tepat dan pengambilan keputusan yang berhubungan dengan perancangan dan pengembangan dinding penahan tanah. Desain penelitian yang akan dilakukan mencakup langkah-langkah pengumpulan data, pengolahan data melalui aplikasi, perbandingan hasil analisis dengan metode konvensional, interpretasi hasil, dan evaluasi keefektifan aplikasi dalam menganalisis kestabilan dinding penahan tanah.

3.3 Penyimpulan Hasil Penelitian

Berdasarkan analisis data dan interpretasi hasil, penelitian ini akan menyimpulkan sejauh mana aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah berbasis Metode Rankine efektif dan dapat diandalkan dalam menganalisis kestabilan dinding penahan tanah. Hasil penelitian ini akan mencakup evaluasi dan pemahaman yang mendalam tentang performa aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah yang dikembangkan. Dalam penyimpulan ini, beberapa poin utama yang akan dibahas adalah:

- 1) Keakuratan Analisis
- 2) Kemudahan Penggunaan
- 3) Efisiensi Waktu dan Sumber Daya
- 4) Relevansi dan Aplikabilitas

Berdasarkan evaluasi dan analisis yang dilakukan, hasil penelitian akan memberikan kesimpulan yang jelas tentang efektivitas dan kehandalan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah berbasis Metode Rankine. Hasil penelitian ini dapat menjadi panduan penting dalam pengembangan aplikasi serupa di masa depan serta memberikan kontribusi pada bidang teknik sipil dalam analisis kestabilan dinding penahan tanah.

3.4 Desain Penelitian

Desain penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental dengan pengumpulan data melalui percobaan terkontrol. Tujuan dari desain penelitian ini adalah untuk menguji keefektifan dan kehandalan aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah berbasis Metode Rankine yang dikembangkan. Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam desain penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Identifikasi Parameter

- 2) Pengumpulan Data Kasus Nyata
- 3) Percobaan Terkontrol
- 4) Perbandingan dengan Metode Konvensional.

Dengan mengikuti desain penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh data yang valid dan dapat diandalkan untuk mengevaluasi kinerja aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah berbasis Metode Rankine. Selain itu, desain penelitian ini juga akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kemampuan aplikasi dalam mendukung teknik sipil dalam menganalisis kestabilan dinding penahan tanah.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Uji Validasi

Uji validasi input adalah langkah penting dalam pengujian perangkat lunak. Tujuannya adalah memastikan program dapat menangani berbagai jenis input dengan benar. Pengujian ini mencakup skenario dengan input kosong untuk memeriksa respons program terhadap kondisi tersebut. Selain itu, pengujian juga mencakup input non-numerik atau input yang melanggar batasan yang ditetapkan. Dengan melakukan pengujian validasi input yang komprehensif, pengembang dapat memastikan program memiliki mekanisme yang kuat untuk mengelola input yang valid dan mengatasi input yang tidak valid.

Tabel 1. Uji Validasi Input

No. Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Kesimpulan
1	Input kosong	Pesan kesalahan	Error: Input Kosong	Berhasil
2	Input valid	Hasil perhitungan	Dapat Dihitung	Berhasil

Pengujian fungsi perhitungan sangat penting untuk memverifikasi keakuratan program dalam menjalankan operasi perhitungan matematika. Dalam pengujian ini, program akan diberikan input yang melibatkan berbagai operasi matematika seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Setelah perhitungan dilakukan, hasil aktual akan dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Jika hasil sesuai dengan harapan, dapat disimpulkan bahwa program dapat melakukan perhitungan dengan benar.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Validasi Input

No. Uji	Input	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Kesimpulan
1	Operasi penjumlahan	Hasil penjumlahan	$(h2) + (h3);$	Berhasil
2	Operasi pengurangan	Hasil pengurangan	$cal1 = h1 - hc;$	Berhasil
3	Operasi perkalian	Hasil perkalian	$psmpa1 = ka1 * q;$	Berhasil
4	Operasi pembagian	Hasil pembagian	$dist6 = h3 / 2;$	Berhasil

Pengujian kompatibilitas browser adalah langkah penting dalam menguji program perangkat lunak untuk memastikan kinerjanya yang baik di berbagai jenis browser yang umum digunakan. Dalam pengujian ini, program akan diuji menggunakan berbagai browser populer dengan versi yang berbeda. Tujuannya adalah untuk memastikan tampilan yang konsisten, fungsionalitas yang lengkap, dan kinerja yang optimal di setiap browser yang diuji. Pengujian melibatkan verifikasi tampilan, interaksi pengguna, dan fungsionalitas program secara menyeluruh di setiap browser yang diujikan. Jika program dapat berjalan dengan baik di semua browser yang diuji, maka dapat disimpulkan bahwa program memiliki kompatibilitas yang baik.

Tabel 3. Uji Kompatibilitas Browser

No. Uji	Browser	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Kesimpulan
1	Browser A	Tampilan program	Tampil	Berhasil
2	Browser B	Tampilan program	Tampil	Berhasil

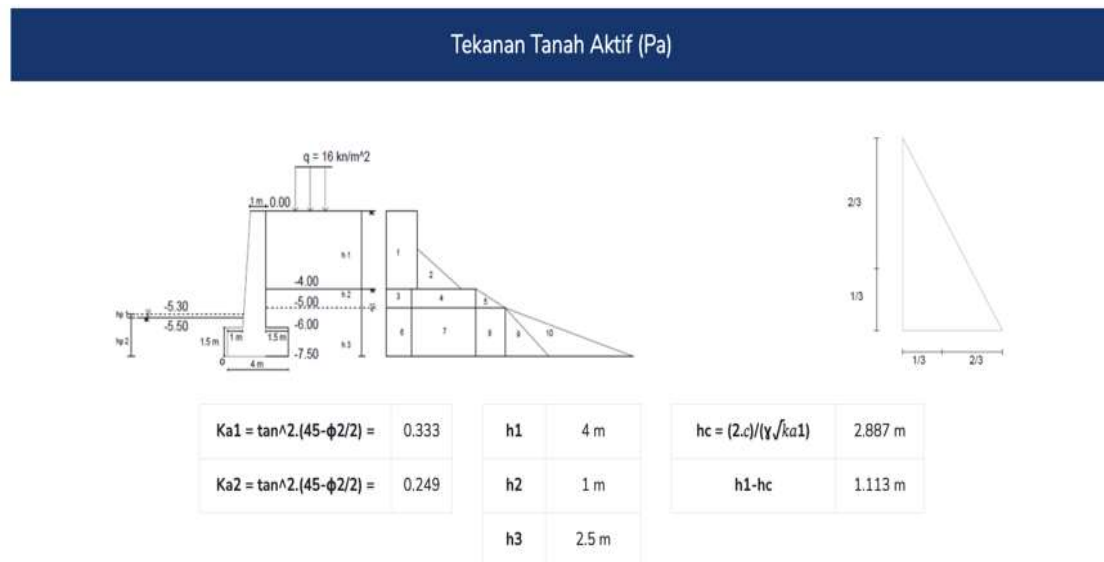
Berdasarkan analisis data dan interpretasi hasil, penelitian ini menyimpulkan bahwa aplikasi analisis kestabilan dinding penahan tanah berbasis Metode Rankine efektif dan dapat diandalkan. Evaluasi yang dilakukan mencakup aspek keakuratan analisis, kemudahan penggunaan, efisiensi waktu dan sumber daya, serta relevansi dan aplikabilitas dalam industri teknik sipil. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi ini mampu memprediksi kestabilan dinding penahan tanah dengan akurasi yang baik, memudahkan pengguna dalam penggunaannya, mengoptimalkan penggunaan waktu dan sumber daya, serta relevan dan praktis dalam konteks perancangan dan pengembangan dinding penahan tanah.

4.2 Uji Program dan Pembahasan



Gambar 2. Tampilan Awal Sebelum User Input

Nilai-nilai parameter tersebut dan menggunakan tombol "Hitung" untuk memulai perhitungan kestabilan dinding penahan tanah. Dengan mengisi data dengan benar, pengguna akan mendapatkan hasil perhitungan yang akurat dan pemahaman mengenai kondisi kestabilan dinding penahan tanah yang dianalisis.



Gambar 3. Hasil Perhitungan Tanah 1 dan 2 Menghasilkan Nilai Pa

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Rankine, kami dapat menyimpulkan beberapa informasi penting sebagai berikut:

- 1) Nilai $Ka1$ dan $Ka2$ merupakan koefisien tekanan tanah aktif pada tanah 2. Nilai ini digunakan dalam perhitungan tekanan tanah aktif pada berbagai baris dinding penahan tanah.

- 2) Nilai tinggi (h_1, h_2, h_3) digunakan dalam perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif. Tinggi ini menentukan bagian-bagian dinding penahan tanah yang dianalisis.
- 3) Nilai h_c merupakan tinggi efektif tanah aktif. Hal ini penting dalam perhitungan tekanan tanah pasif pada beberapa baris dinding penahan tanah.
- 4) Selisih antara tinggi dinding penahan tanah pada bagian atas (h_1) dengan tinggi efektif tanah aktif (h_c) juga berperan dalam perhitungan tekanan tanah pasif pada beberapa baris.

Dengan menggunakan tabel hasil perhitungan, kita dapat melihat secara visual keseluruhan informasi tersebut. Tabel ini menyajikan hasil perhitungan untuk berbagai parameter dan memungkinkan kita untuk memahami hubungan antara parameter-parameter tersebut.

Tabel 4. Kondisi h_1

No. Diagram	p kecil (kN/m)	P besar (kN)	Jarak ke O (m)	Momen (kN.m)
1	5.333	21.333	5.5	117.333
2	6.679	3.718	3.871	14.393

Pada kondisi h_1 dalam analisis metode Rankine, terdapat dua diagram yang perlu diperhatikan. Diagram 1 menghitung nilai p kecil, P besar, jarak ke titik O, dan momen. Nilai p kecil dihitung dengan rumus $Ka_1 * q$, di mana $Ka_1 = 0.333$ dan $q = 16$ kN/m. Selanjutnya, nilai P besar dihitung dengan rumus $p * h_1$, dengan p adalah nilai p kecil sebelumnya dan $h_1 = 4$ m. Jarak ke titik O dihitung menggunakan rumus $h_1/2 + h_2 + h_3$, di mana $h_1 = 4$ m, $h_2 = 1$ m, dan $h_3 = 2.5$ m. Terakhir, momen dihitung dengan perkalian antara P besar dan jarak ke O

Tabel 5. Kondisi h_2

No. Diagram	p kecil (kN/m)	P besar (kN)	Jarak ke O (m)	Momen (kN.m)
3	3.977	3.977	3.000	11.932
4	2.941	2.941	3.000	8.822
5	4.599	2.299	2.833	13.043

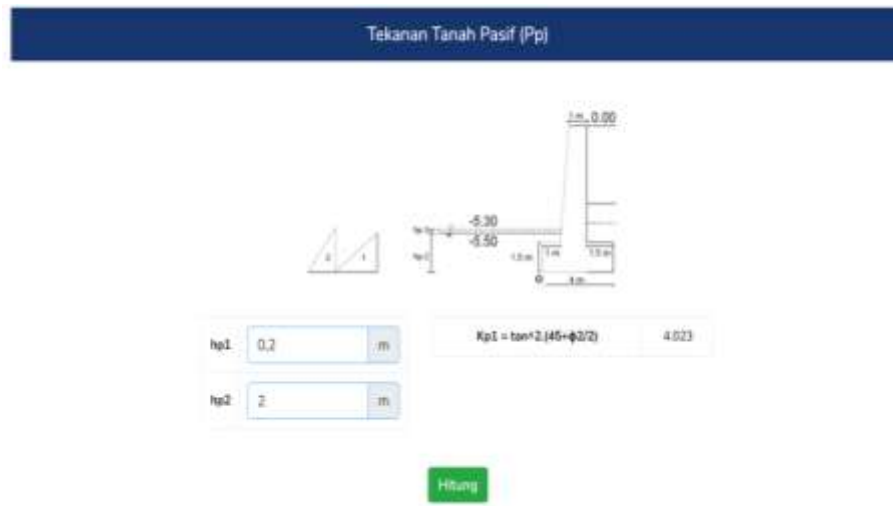
Dengan demikian, dalam analisis metode Rankine pada kondisi h_2 , kita dapat menghitung nilai p kecil, P besar, jarak ke titik O, dan momen menggunakan rumus-rumus yang disebutkan di atas sesuai dengan data yang telah diinputkan pada tabel.

Table 6. Kondisi h_3

No. Diagram	p kecil (kN/m)	P besar (kN)	Jarak ke O (m)	Momen (kN.m)
6	3.977	9.943	1.250	4.971
7	2.941	7.351	1.250	3.676
8	4.599	11.497	1.250	5.749
9	5.904	7.380	0.833	4.919
10	25.000	31.250	0.833	8.333

Pada kondisi h_3 dalam analisis metode Rankine, terdapat lima diagram yang perlu diperhatikan: Diagram 6, Diagram 7, Diagram 8, Diagram 9, dan Diagram 10.

Perhitungan tekanan tanah pasif melibatkan penggunaan nilai-nilai seperti tinggi segmen tanah pada baris pertama dan kedua serta konstanta tekanan tanah pasif. Dengan memperhitungkan nilai-nilai ini, kita dapat mengestimasi tekanan tanah pasif yang akan bekerja pada dinding penahan.



Gambar 4. Perhitungan Tekanan Tanah Pasif

Perhitungan tekanan tanah pasif melibatkan beberapa parameter penting, yaitu:

- 1) Hp1 (Tinggi segmen tanah pada baris pertama): Menunjukkan tinggi segmen tanah pada baris pertama dalam perhitungan tekanan tanah pasif.
- 2) Hp2 (Tinggi segmen tanah pada baris kedua): Menunjukkan tinggi segmen tanah pada baris kedua dalam perhitungan tekanan tanah pasif.
- 3) Kp1 (Konstanta tekanan tanah pasif): Merupakan nilai konstanta yang digunakan untuk mengoreksi tekanan tanah pasif sesuai dengan karakteristik tanah. Nilai Kp1 dihitung berdasarkan rumus $\tan^2(45+\phi/2)$, dengan ϕ adalah sudut gesekan dalam tanah.

Dalam implementasi sebelumnya, nilai Hp1 adalah 0.2 meter, nilai Hp2 adalah 2 meter, dan nilai Kp1 adalah 4.023. Parameter-parameter ini digunakan dalam perhitungan untuk memperkirakan tekanan tanah pasif yang akan bekerja pada dinding penahan atau struktur penahan lainnya.

Jarak ke O dari titik pusat berat secara vertikal.

No. Diagram	p kecil	P besar	Jarak ke O (m)	Momen = Pa.Jarak (Kn.m)
1	$k_p \gamma^2 h_p^2 = 76.433$	$p h_p^2 / 2 = 76.433$	$h_p / 3 = 0.667$	50.955
2	$\gamma w (h_p + h_p) = 22.000$	$p (h_p + h_p) / 2 = 24.200$	$(h_p + h_p) / 3 = 0.733$	17.747
		$\Sigma P_p = 100.633$		$\Sigma M_p = 68.702$

Gambar 5. Jarak ke O dari Titik Pusat Berat Secara Vertikal

Dalam perhitungan lebih rinci untuk nilai p kecil, P besar, jarak ke titik O, dan momen pada diagram nomor 1, langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan p kecil:
 - a. Rumus: $k_p \cdot \gamma^2 \cdot h_p^2$
 - b. Substitusi nilai: $k_p \cdot \gamma^2 \cdot h_p^2 = 76.433$
 Perhitungan p kecil:
 - c. Rumus: $p \text{ kecil} = \gamma w \cdot (h_p + h_p)$
 - d. Substitusi nilai: $p \text{ kecil} = 22.000 \cdot (0.2 + 2) = 24.200 \text{ kN/m}$
- 2) Perhitungan P besar:
 - a. Rumus: $p \cdot h_p / 2$
 - b. Substitusi nilai: $p \cdot h_p / 2 = 76.433$
 Perhitungan P besar:
 - c. Rumus: $P \text{ besar} = p \cdot (h_p + h_p) / 2$
 - d. Substitusi nilai: $P \text{ besar} = 24.200 \cdot (0.2 + 2) / 2 = 17.747 \text{ kN}$

- 3) Perhitungan jarak ke titik O:
 - a. Rumus: $hp^{2/3}$
 - b. Substitusi nilai: $hp^{2/3} = 0.667$
Perhitungan jarak ke titik O:
- 4) Perhitungan momen:
 - a. Rumus: momen = P besar * jarak ke O
 - b. Substitusi nilai: momen = $17.747 * 1.250 = 12.429 \text{ kN.m}$
Dengan demikian, hasil perhitungan untuk diagram nomor 1 adalah sebagai berikut:
 - c. p kecil = 3.977 kN/m
 - d. P besar = 17.747 kN
 - e. Jarak ke O = 1.250 m
 - f. Momen = 12.429 kN.m

Penjelasan di atas memberikan langkah-langkah perhitungan dan rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai tersebut.

Perhitungan tekanan akibat beban (PW) adalah bagian penting dalam analisis struktur atau penahanan tanah. Fungsi perhitungan ini adalah untuk menentukan tekanan yang dihasilkan oleh beban yang diterapkan pada permukaan tanah atau struktur penahan tanah.

Gambar 6. Perhitungan Tekanan Akibat Beban (PW)

Untuk mengisi lebar (x), tinggi (y), dan variabel z untuk beberapa bidang penahan dinding. Nilai-nilai ini digunakan untuk menghitung tekanan berat dinding penahan, momen terhadap titik O, dan faktor penggulingan (Fgl) untuk mengevaluasi stabilitas dinding penahan terhadap penggulingan. Dengan input ini, pengguna dapat melakukan perancangan atau analisis kestabilan dinding penahan tanah.

Tekanan berat dinding penahan dan momen terhadap O (Kaki dipang)

No	Volume (m ³)	W	W' = g * Volume	Berat ke O (m)	Momen = P * Berat (kNm)
1	$0.5 * 0.5 * 1 = 0.2500$	$0.2500 * 24.0000$	6.0000	$(0.25 * 0.25) * 0.667$	0.990000
2	$0.5 * 0.5 * 1 = 0.2500$	$0.2500 * 24.0000$	6.0000	$(0.25 * 0.25) * 0.667$	0.990000
3	$0.5 * 0.5 * 1 = 0.2500$	$0.2500 * 24.0000$	6.0000	$0.12 * 0.667$	0.400200
4	$0.5 * 0.5 * 1 = 0.2500$	$0.25 * 24.0000 = 6.0000$	6.0000	$(0.25 * 0.25) * 0.667$	0.990000
5	$0.5 * 0.5 * 1 = 0.2500$	$0.25 * 24.0000 = 6.0000$	6.0000	$(0.25 * 0.25) * 0.667$	0.990000
6	$0.5 * 0.5 * 1 = 0.2500$	$0.25 * 24.0000 = 6.0000$	6.0000	$(0.25 * 0.25) * 0.667$	0.990000
7	$0.5 * 0.5 * 1 = 0.2500$	$0.25 * 24.0000 = 6.0000$	6.0000	$(0.25 * 0.25) * 0.667$	0.990000
			Σ W = 48.0000		Σ Momen = 3.258000

Stabilitas terhadap penggulingan:

$F_{gl} = \frac{\Sigma W * x}{\Sigma M} = \frac{48 * 0.667}{3.258} = 9.8$

$F_{gl} > 1.5$ (Kestabilan)

Pass

Gambar 7. Perancangan atau Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah

Stabilitas terhadap penggulingan dievaluasi menggunakan persamaan $Fgl = (\sum Mw + \sum Mp) / (\sum Ma)$. Nilai Fgl yang lebih besar dari 1,5 menunjukkan stabilitas yang memadai. Dalam kasus ini, nilai Fgl adalah 5.538, menunjukkan bahwa dinding penahan aman terhadap penggulingan. Evaluasi didasarkan pada perhitungan momen dari berat dinding penahan, berat bagian atas dinding penahan, dan gaya-gaya eksternal yang bekerja pada dinding penahan. Dengan $Fgl > 1,5$, dinding penahan dianggap aman terhadap penggulingan [21], [22].

Pengujian Sistem Dinding Penahan

Tahap pengujian merupakan salah satu tahapan penting dalam pengembangan perangkat lunak. Dalam tahap ini, program atau sistem akan diuji secara menyeluruh untuk memastikan bahwa berbagai aspek fungsionalitasnya berjalan dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan dengan mengikuti serangkaian skenario uji yang telah dirancang sebelumnya, dengan tujuan untuk mendeteksi bug, kesalahan, atau masalah lain yang mungkin terjadi. Selama tahap ini, dilakukan uji validasi input, uji fungsi perhitungan, dan uji lainnya sesuai kebutuhan. Hasil dari pengujian ini akan memberikan wawasan yang berharga tentang kualitas, keandalan, dan keakuratan program, serta membantu dalam mengidentifikasi dan memperbaiki masalah yang ditemukan. Dengan melakukan pengujian yang komprehensif, tim pengembang dapat memastikan bahwa program atau sistem yang dikembangkan siap untuk digunakan secara efektif dan memberikan pengalaman pengguna yang baik.

1) Uji Validasi Input

Pengujian validasi input adalah langkah penting dalam tahap pengujian perangkat lunak. Pada tahap ini, program akan diuji untuk memastikan bahwa mampu mengatasi berbagai jenis input dengan benar. Uji validasi input mencakup skenario di mana input kosong diberikan ke program. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa program dapat mengenali input kosong dan memberikan pesan kesalahan yang sesuai kepada pengguna. Selain itu, uji juga dilakukan untuk memastikan bahwa program dapat mengenali input non-numerik, seperti karakter atau simbol yang tidak valid, dan memberikan tanggapan yang tepat. Selama pengujian, juga penting untuk memverifikasi bahwa program dapat mengatasi input yang melanggar batasan yang ditetapkan, misalnya input yang melebihi panjang maksimum atau input yang tidak sesuai dengan format yang diharapkan. Dengan melakukan pengujian validasi input yang komprehensif, tim pengembang dapat memastikan bahwa program memiliki mekanisme yang kuat untuk menerima input yang valid dan mengatasi situasi input yang tidak valid dengan benar.

2) Fungsi Perhitungan

Pengujian fungsi perhitungan sangat penting untuk memastikan bahwa program dapat menjalankan operasi perhitungan matematika dengan akurat. Melalui pengujian ini, program akan diberikan input yang melibatkan operasi seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian, dan operasi matematika lainnya yang relevan. Setelah melakukan perhitungan, hasil aktual yang diperoleh akan dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Jika hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan, dapat disimpulkan bahwa program mampu melakukan perhitungan matematika dengan benar. Namun, jika ada ketidaksesuaian antara hasil aktual dan yang diharapkan, perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah yang mungkin terjadi. Dengan melakukan pengujian fungsi perhitungan secara komprehensif, tim pengembang dapat memastikan bahwa program memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam menjalankan operasi matematika yang relevan.

3) Kompatibilitas browser

Pengujian kompatibilitas browser merupakan langkah penting dalam menguji program perangkat lunak untuk memastikan bahwa program dapat berjalan dengan baik di berbagai jenis browser yang umum digunakan. Pada tahap ini, program akan diuji menggunakan berbagai browser yang populer, seperti Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Safari, dan lainnya, dengan versi yang berbeda-beda. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa program memiliki tampilan yang konsisten, fungsionalitas yang lengkap, dan kinerja yang optimal di setiap browser yang diuji. Pengujian kompatibilitas browser melibatkan verifikasi tampilan, interaksi pengguna, dan fungsionalitas program secara menyeluruh di setiap browser yang diujikan. Jika program dapat berjalan dengan baik di semua browser yang diuji, maka dapat disimpulkan bahwa program memiliki kompatibilitas yang baik dengan berbagai jenis browser. Namun, jika terdapat masalah atau ketidaksesuaian dalam tampilan atau fungsionalitas program di beberapa browser, maka perlu dilakukan perbaikan atau penyesuaian yang diperlukan.

Dengan melakukan pengujian kompatibilitas browser yang cermat, tim pengembang dapat memastikan bahwa program dapat memberikan pengalaman pengguna yang konsisten dan optimal di berbagai platform browser yang umum digunakan.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir ini, diperoleh beberapa kesimpulan yang signifikan. Pertama, perhitungan tekanan dan momen dilakukan untuk mendapatkan gambaran distribusi beban dan momen pada dinding penahan. Dengan menggunakan rumus-rumus yang telah dijabarkan dan data yang diinputkan, perhitungan ini memberikan informasi penting terkait tekanan dan momen pada titik O (Kaki depan) dinding penahan.

Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap stabilitas dinding penahan terhadap kemungkinan penggulingan. Berdasarkan hasil perhitungan F_{gl} , dinding penahan dalam penelitian ini dapat dikategorikan sebagai aman terhadap penggulingan, dengan nilai F_{gl} yang lebih besar dari 1,5. Hal ini menunjukkan bahwa dinding penahan memiliki stabilitas yang memadai untuk menahan tekanan dan mampu mencegah kemungkinan penggulingan. Kesimpulan lainnya adalah bahwa penelitian ini berhasil mencapai tujuan awal yang ditetapkan, yaitu melakukan perhitungan dan evaluasi stabilitas dinding penahan berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja dan stabilitas dinding penahan tanah yang telah dianalisis.

Daftar Referensi

- [1] D. S. McFarland, *Javascript & jQuery: the missing manual*. "O'Reilly Media, Inc.," 2011.
- [2] B. Laksito, *Metode Perencanaan & Perancangan Arsitektur*. Griya Kreasi, 2014.
- [3] Z. Abidin, "Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Poros Trans Kalimantan Sta 08+ 470 Kabupaten Kutai Barat," *Kurva Mhs.*, vol. 1, no. 1, pp. 1555–1570, 2019.
- [4] I. Rahmansyah, "Analisis Perbandingan Penggunaan Type Kantilever Dan Grafitasi Terhadap Dinding Penahan Tanah Pada Instalasi Pengelohan Air (IPA) Bantuas Tirta Kencana Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur," *KURVA Mhs.*, vol. 1, no. 1, pp. 1541–1554, 2019.
- [5] D. Supit, "Analisis Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek Interchange Manado," *J. Ilm. Realt.*, vol. 15, no. 2, pp. 114–120, 2019.
- [6] A. Afriansyah, F. Hariati, F. M. L. Taqwa, and A. Alimuddin, "Analisis Stabilitas Dan Biaya Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Bronjong di Sungai Ciliwung (Studi Kasus: Ruas Legok Nyenang Rt. 01/03, Desa Leuwimalang, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor)," *J. Komposit J. Ilmu-ilmu Tek. Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 11–16, 2023.
- [7] A. Dermawan, S. Syaiful, A. Alimuddin, and F. Fachruddin, "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Desa Mekarjaya, Kecamatan Ciomas, Kabupaten Bogor)," *Rona Tek. Pertan.*, vol. 15, no. 2, pp. 67–81, 2022.
- [8] N. Sholihin and M. Ardiansyah, *Membangun Web Dengan Framework Laravel 8*. Pascal Books, 2022.
- [9] M. Kalalo, J. H. Ticoh, and A. T. Mandagi, "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara)," *J. Sipil Statik*, vol. 5, no. 5, 2017.
- [10] M. Febe and I. H. Sasongko, "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Bronjong Pada Jalan Tol Ulujami–Pondok Ranji Ramp Bintaro Viaduct," *Constr. Mater. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 91–100, 2019.
- [11] B. M. N. Haqqi and V. Vivianti, "Pengembangan Sistem Informasi Penjualan dan Stok Barang Toko Penjualan Plafon Berbasis Web," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 116–127, 2022.
- [12] R. Sanjaya and R. N. Handayani, "Pengembangan Sistem Informasi Penjaminan Mutu (Simantu) Lldikti Wilayah IV," *Naratif J. Nas. Riset, Apl. dan Tek. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 48–53, 2021.
- [13] O. F. Nur and A. Hakam, "Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis Dengan Simulasi Numerik," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 41–54, 2010.
- [14] A. E. Liani, I. M. Patuti, and R. Bahsuan, "Tinjauan Kestabilan Perkuatan Lereng

- Menggunakan Dinding Kantilever dan Dinding Gravitasi,” *Compos. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–32, 2021.
- [15] S. Alzahri, B. B. Adhitya, Y. Sutejo, and R. K. Rustam, “Kajian Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dan Dinding Penahan Tanah Kantilever di Ruas Jalan Padang-Lb. Selasih Sumatera Barat,” *Cantilever J. Penelit. dan Kaji. Bid. Tek. Sipil*, vol. 9, no. 1, pp. 15–24, 2020.
- [16] D. Lisman, G. Yanti, and S. W. Megasari, “Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah pada Area Parkir Pascasarjana Universitas Lancang Kuning Pekanbaru,” *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 67–74, 2020.
- [17] U. Sasmita, “Perhitungan Dinding Penahan Tanah Pada Ruas Jalan Desa Bunga Jadi Kecamatan Muara Kaman Kabupaten Kutai Kartanegara Dengan Metode Coulomb,” *Kurva Mhs.*, vol. 1, no. 2, pp. 751–766, 2013.
- [18] E. Mina, W. Fathonah, and F. D. Candra Sari, “Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah untuk Perkuatan Tebing Badan Jalan Suradita-Kranggan,” *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 12–21, 2019.
- [19] T. W. Kuningsih, A. P. Putri, and X. Meiprastyo, “Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dengan Metode Numerik,” *J. Kaji. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 10–21, 2018.
- [20] T. P. Wibowo and T. E. Wulandari, “Analisis Stabilitas Struktur Retaining Wall Basement Terhadap Tekanan Tanah Dengan Aplikasi Plaxis 8.6.,” *J. Ilm. Tek. Sipil dan Arsit.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–22, 2023.
- [21] R. Yuliet, A. Hakam, I. Firtsilova, and F. Anafwil, “Pembuatan Program Aplikasi Konstruksi Dinding Penahan Tanah Untuk Kondisi Gempa Dengan Visual Basic 6.0,” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 75–84, 2012.
- [22] H. M. Gaspar, “JavaScript applied to maritime design and engineering,” in *Proceedings of the 16th Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries*, 2017, pp. 253–269.