

TUGAS AKHIR

**ANALISIS FONDASI SUMURAN
PADA JEMBATAN GANDU KAB, BOYOLALI**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Abid Ridlol Kholiqi

NIM : 30201900011

Dwi Muhammad Reza

NIM : 30201900073

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS FONDASI SUMURAN PADA JEMBATAN GANDU KAB, BOYOLALI



Abid Ridlol Kholiqi
NIM : 30201900011



Dwi Muhammad Reza
NIM : 30201900073

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 02 Agustus 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Abdul Rochim, ST., MT**
NIDN: 0608067601
2. **Selvia Agustina, ST., M.Eng**
NIDN: 0605016802
3. **Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D**
NIDN : 0627115501

A large, stylized handwritten signature in blue ink, positioned over the list of names and partially overlapping the university logo.

A smaller handwritten signature in blue ink, located to the right of the list of names.

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

A handwritten signature in blue ink, located below the text of the program coordinator.

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 27 / A.2 / SA – T / III / 2023

Pada hari ini tanggal 13 Maret 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT
Jabatan Akademik : Letkor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Selvia Agustina, ST.,M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Abid Ridlol Kholiqi
NIM : 30201900011

Dwi Muhammad Reza
NIM : 30201900073

Judul : ANALISIS FONDASI SUMURAN PADA JEMBATAN GANDU KAB, BOYOLALI

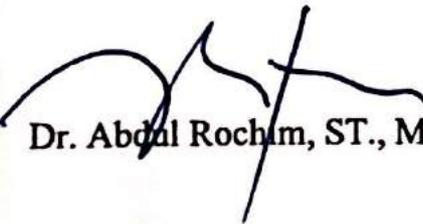
Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	13/03/2023	ACC
2	Seminar Proposal	06/06/2023	
3	Pengumpulan data	17/06/2023	
4	Analisis data	25/06/2023	ACC
5	Penyusunan laporan	03/07/2023	
6	Selesai laporan	02/08/2023	

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

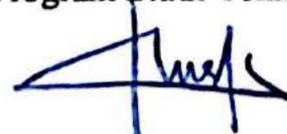
Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Dr. Abdul Rochim, ST., MT.


Selvia Agustina, ST., M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Abid Ridlol Kholiqi

NIM : 30201900011

NAMA : Dwi Muhammad Reza

NIM :30201900073

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“Analisis Fondasi Sumuran Pada Jembatan Gandu Kab, Boyolali ”

Benar bebas plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka sayabersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 02 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



Abid Ridlol Kholiqi



Dwi Muhammad Reza

PERNYATAAN KEASLIAN

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Abid Ridlol Kholiqi

NIM : 30201900011

NAMA : Dwi Muhammad Reza

NIM :30201900073

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 02 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



Abid Ridlol Kholiqi



Dwi Muhammad Reza

MOTTO

Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.

-surat ali-imran ayat 110-



PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Abdul Salim dan Ibu saya Siti Mukayanah atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT dan Ibu Selvia Agustina, ST.,M.Eng yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya kaka – kakak saya yang telah mensupport saya.
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Dwi Muhammad Reza, terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman – teman kontrakan BDX JAYA JAYA yang selalu ada disaat susah dan senang serta saling mesupport satu sama lain.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2019, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Abid Ridlol Kholiqi

NIM : 30201900011

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Suyanto dan Ibu saya Kholisah, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT dan Ibu Selvia Agustina, ST.,M.Eng yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya kakak Ika Hening Puspasari, dan kerabat saya yang telah mensupport saya.
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Abid Ridlol Kholiqi, terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman – teman kontrakan BDX JAYA JAYA yang selalu ada disaat susah dan senang serta saling mesupport satu sama lain.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2019, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Dwi Muhammad Reza

NIM : 30201900073

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Analisis Fondasi Sumuran Pada Jembatan Gandu Boyolali”, guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Ibu Selvia Agustina, ST.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembacanya.

Semarang,02 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
ABSTRAK.....	xxi
<i>ABSTRACT</i>	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum.....	5
2.2 Macam-macam Fondasi	6
2.2.1. Fondasi Dangkal	6
2.2.2. Fondasi Dalam	7
2.3. Daya Dukung Tanah	10
2.4. Fondasi Sumuran.....	11
2.5 Landasan Teori.....	13
2.5.1 Kapasitas Daya Dukung Fondasi Sumuran.....	13

2.5.2	Perhitungan Daya Dukung Lateral.....	17
2.6.	Penurunan Fondasi	21
2.7.	Waktu Penurunan Fondasi	23
2.7.	Cincin Sumuran.....	24
2.8.	Pemodelan Menggunakan <i>Software</i>	25
2.8.1	SAP 2000 V.14.....	25
2.8.2	PLAXIS V.8.6	25
2.8.3	ALLPILE.....	26
BAB III METODOLOGI.....		27
3.1.	Metode Pengumpulan Data.....	27
3.2.	Data Umum	29
3.3.	Data Teknis	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1.	Tinjauan Umum	31
4.2.	Design Struktur Atas dengan Software SAP 2000 v.14.....	31
4.3.	Pembebanan Struktur Jembatan	32
4.3.1.	Beban Mati	32
4.3.2.	Beban Lajur Lalu Lintas.....	34
4.3.3.	Pengaruh Gempa.....	36
4.4.	Data Perencanaan.....	38
4.5.	Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran Diameter 3m.....	38
4.5.1.	Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran Metode Aoki dan De Alencar (1975)	40
4.5.2.	Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran Metode Mayerhoff (1976).....	42
4.5.3.	Perhitungan Jarak Antar Fondasi Sumuran dan Jarak As ke Tepi	44
4.5.4.	Kebutuhan Jumlah Fondasi Sumuran.....	44
4.5.5.	Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Sumuran.....	44
4.5.6.	Penurunan Tiang Tunggal.....	47

4.5.7. Waktu Penurunan Tanah Fondasi Sumuran.....	49
4.6. Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran Diameter 2,5	50
4.6.1. Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran	
Metode Aoki dan De Alencar (1975)	51
4.6.2. Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran Mayerhoff (1976)	53
4.6.3. Perhitungan Jarak Antar Fondasi Sumuran dan Jarak As	
ke Tepi	56
4.6.4. Kebutuhan Jumlah Fondasi Sumuran.....	56
4.6.5. Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Sumuran.....	56
4.6.6. Penurunan Tiang Tunggal.....	59
4.6.7. Waktu Penurunan Tanah Fondasi Sumuran.....	60
4.7. Penurunan Fondasi Menggunakan <i>Software</i> PLAXIS 8.6.....	61
4.8. Penurunan Fondasi Menggunakan <i>Software</i> ALLPILE.....	69
4.9. Pembahasan.....	74
4.9.1. Perhitungan Daya Dukung Fondasi	74
4.9.2. Perhitungan Penurunan	74
 BAB V PENUTUP.....	 75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran.....	76
 DAFTAR PUSTAKA.....	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor Keamanan	14
Tabel 2.2. Faktor Empric Fb dan Fs.....	15
Tabel 2.3. Nilai Faktor Empric Tanah	15
Tabel 2.4. Nilai-nilai Nh untuk tanah granular ($c = 0$)	21
Tabel 2.5. Nilai-nilai nh untuk tanah kohesif.....	21
Tabel 2.6. Koefisien <i>Empric</i>	22
Tabel 2.7. Derajat Konsolidasi.....	27
Tabel 3.1. <i>Time Schedule</i> Penelitian	30
Tabel 4.1. Beban Mati Sendiri	33
Tabel 4.2. Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana	34
Tabel 4.3. Faktor Beban Untuk Beban Lajur	35
Tabel 4.4. Klasifikasi Jalan	36
Tabel 4.5. Faktor Akibat Gempa.....	37
Tabel 4.6. Hasil <i>Output Element Forces-Frames</i>	38
Tabel 4.7. Data Tanah	39
Tabel 4.8. Nilai qc Dasar Tiang	40
Tabel 4.9. Nilai qc Selimut Tiang	41
Tabel 4.10. Hasil Daya Dukung Fondasi Sumuran Metode Aoki De Alencar (1975).....	43
Tabel 4.11. Hasil Daya Dukung Fondasi Sumuran Metode Mayerhoff (1976).....	43
Tabel 4.12. Nilai qc Dasar Tiang	51
Tabel 4.13. Nilai qc Selimut Tiang	52
Tabel 4.14. Hasil Daya Dukung Fondasi Tiang Sumuran Metode Aoki De Alencar (1975).....	55

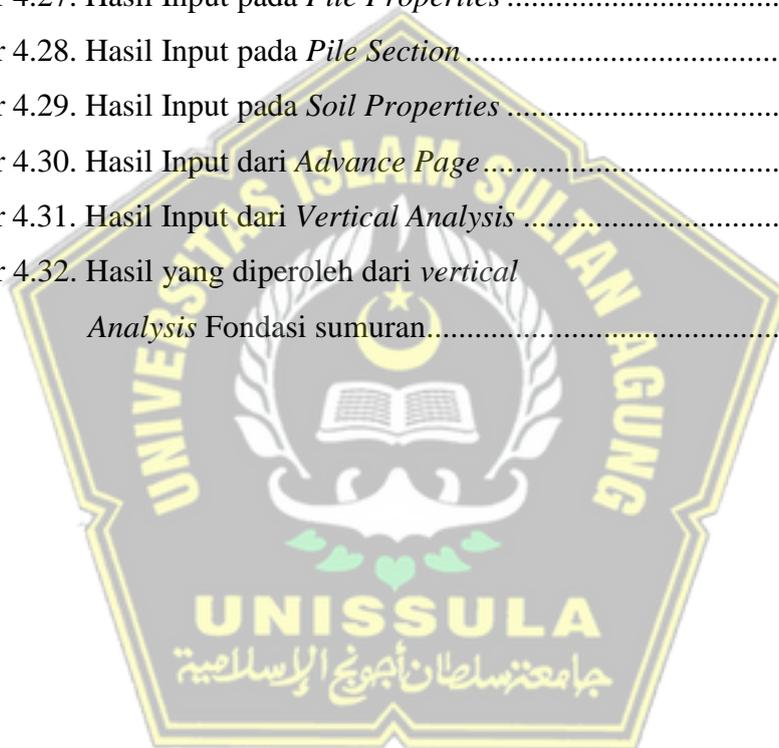
Tabel 4.15. Hasil Daya Dukung Fondasi Sumuran Metode Mayerhoff (1976).....	55
Tabel 4.16. Perbandingan Perhitungan Daya dukung Fondasi	74
Tabel 4.17. Perbandngan Perhitungan Penurunan Fondasi.....	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Fondasi Dangkal.....	7
Gambar 2.2. Fondasi Dalam.....	8
Gambar 2.3. Peralihan Gaya Pada Fondasi	9
Gambar 2.4. Daya Dukung Batas Dari Tanah Fondasi	10
Gambar 2.5. Fondasi Sumuran.....	11
Gambar 2.6. Grafik Daya Dukung Lateral Ultimit	19
Gambar 2.7. Grafik Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif (a) Tiang Pendek, (b) Tiang Panjang	20
Gambar 2.8. Pembebanan Pada Dinding Sumuran	24
Gambar 3.1. Skema Pelaksanaan	28
Gambar 3.2. Data Tanah	29
Gambar 3.3. Lay out Jembatan	30
Gambar 4.1. Desain Struktur Atas Jembatan Aplikasi SAP v.14	32
Gambar 4.2. Beban Hidup Lajur (SNI 1727 : 2020).....	35
Gambar 4.3. Beban Hidup Truk (SNI 1727 : 2020).....	36
Gambar 4.4. Lendutan Akibat Gempa (SNI 1727 : 2020).....	37
Gambar 4.5. Tahanan Ultimit Fondasi Sumuran	47
Gambar 4.6. Tahanan Ultimit Fondasi Sumuran	59
Gambar 4.7. Pengaturan <i>Global-Project</i>	61
Gambar 4.8. Pengaturan <i>Global-Project</i>	62
Gambar 4.9. Permodelan Kontur Tanah	62
Gambar 4.10. Data Umum	63
Gambar 4.11. <i>Mohr Coulomb</i>	63
Gambar 4.12. Dialog Muka Material Pasir	64
Gambar 4.14. Permodelan Fondasi Tunggal	64
Gambar 4.15. Permodelan Fondasi Tunggal dengan Mengaktifkan Tekanan Positif dan Negatif Disekeliling Fondasi	65
Gambar 4.16. Input Pembebanan	65
Gambar 4.17. Susunan Jaringan Elemen.....	66

Gambar 4.18. <i>Water Waight</i>	66
Gambar 4.19. Muka Air Tanah	67
Gambar 4.20. Tekanan Air Pori Aktif.....	67
Gambar 4.21. Prosedur K0.....	68
Gambar 4.22. Tegangan Efektif Tanah	68
Gambar 4.23. Deformasi Total yang Terjadi $21,32 \times 10^{-3}$	69
Gambar 4.24. Input pada Fondasi Sumuran.....	69
Gambar 4.25. Input Pada <i>Pile Profile</i>	70
Gambar 4.26. Hasil Input pada <i>Pile Section</i>	70
Gambar 4.27. Hasil Input pada <i>Pile Properties</i>	71
Gambar 4.28. Hasil Input pada <i>Pile Section</i>	71
Gambar 4.29. Hasil Input pada <i>Soil Properties</i>	72
Gambar 4.30. Hasil Input dari <i>Advance Page</i>	72
Gambar 4.31. Hasil Input dari <i>Vertical Analysis</i>	73
Gambar 4.32. Hasil yang diperoleh dari <i>vertical Analysis</i> Fondasi sumuran.....	73



ABSTRAK

Pembangunan Jembatan gandu salah satu jembatan antara ruas jalan dari Desa Karanggatak dengan Desa Klego Kecamatan Klego Kabupaten Boyolali. Dalam tugas tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui perhitungan beban struktur atas jembatan, daya dukung fondasi, dan penurunan tanah yang terjadi pada fondasi. Untuk menentukan fondasi yang paling aman. Tujuan dari penelitian tugas akhir ini untuk menentukan fondasi sumuran yang paling efisien.

Perencanaan awal untuk mengetahui beban struktur atas dengan menggunakan software SAP 2000. Sehingga memperoleh beban untuk digunakan menghitung daya dukung tanah aksial dan lateral menggunakan beberapa metode yaitu metode Aoki de Alencar, Mayerhoff, Converse-Labare, dan Brooms. Untuk perhitungan penurunan fondasi menggunakan metode manual Vesic, serta software Plaxis dan Allpile.

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung fondasi sumuran yang di hitung dengan 2 metode yaitu metode Aoki de Alencar dan metode perhitungan berikutnya diperoleh nilai daya dukung untuk metode Aoki de Alencar 45465,80 kN dan metode Mayerhoff 56034,20 kN. Hasil perhitungan daya dukung aksial dan lateral secara manual untuk fondasi sumuran berdiameter 3 m dengan metode Converse-Labare dihasilkan daya dukung aksial sebesar 141886,97 kN dan hasil daya dukung lateral 137083,69 kN. Hasil perhitungan daya dukung aksial dan lateral secara manual untuk fondasi sumuran berdiameter 3 m dengan metode Converse-Labare dihasilkan daya dukung aksial sebesar 131083,69 kN dan hasil daya dukung lateral 129698,69 kN. Perhitungan penurunan manual yang terjadi pada fondasi sumuran diameter 3 m didapatkan penurunan sebesar 2,67 cm sedangkan untuk fondasi sumuran berdiameter 2,5 di dapatkan penurunan sebesar 2,24, untuk hasil penurunan menggunakan pemrograman dengan Software di dapatkan penurunan untuk Software PLAXIS sebesar 2,13 cm dan untuk software ALLpile 2,55 cm. 137083,69

Kata Kunci: *Fondasi; Sumuran ; Daya Dukung fondasi; dan Penurunan Fondasi.*

ABSTRACT

The construction of the gandu bridge is one of the bridges between the roads from Karanggatak Village and Klego Village, Klego District, Boyolali Regency. In this final assignment, the aim is to determine the calculation of the structural load on the bridge, the foundation bearing capacity, and the soil settlement that occurs on the foundation. safest. The purpose of this final project research is to determine the most efficient well foundation

. Initial planning to determine the superstructure load using SAP 2000 software. So as to obtain the load to be used to calculate the axial and lateral soil bearing capacity using several methods, namely the Aoki de Alencar, Mayerhoff, Converse-Labare, and Brooms methods. For foundation settlement calculations using the manual method Vesic, as well as Plaxis and Allpile software.

Based on the results of the calculation of the bearing capacity of the well foundation, which was calculated using 2 methods, namely the Aoki de Alencar method and the next calculation method, the bearing capacity values were obtained for the Aoki de Alencar method 45465.80 kN and the Mayerhoff method 56034.20 kN. The results of calculating the axial and lateral bearing capacity manually for a well foundation with a diameter of 3 m using the Converse-Labare method yield an axial bearing capacity of 141886.97 kN and a lateral bearing capacity of 137083.69kN. The results of manually calculating the axial and lateral bearing capacity for a 3 m diameter well foundation using the Converse-Labare method yield an axial bearing capacity of 131083.69 kN and a lateral bearing capacity of 129698.69 kN Manual settlement calculation that occurs on a 3 m diameter well foundation is obtained a decrease of 2.67 cm while for the foundation of the well with a diameter of 2.5, a decrease of 2.24 was obtained, for the results of settlement using programming with software, a decrease was obtained for the PLAXIS Software by 2.13 cm and for the ALLpile software by 2.55 cm.

Keywords: *Foundation; wells ; Carrying capacity; and Lowering of Foundations.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan Gandu adalah salah satu struktur yang berfungsi sebagai penghubung antara ruas jalan di Desa Karanggatak dan Desa Klego, Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali. Ruas jalan Karanggatak-Klego memiliki peran penting dalam mengembangkan ekonomi dan sosial di kedua desa tersebut. Namun, jembatan yang ada saat ini mengalami masalah karena usianya yang sudah tua dan kurangnya infrastruktur yang memadai. Oleh karena itu, rencananya adalah melakukan rehabilitasi jembatan untuk memperbaiki kondisi jembatan tersebut.[1]

Rencananya, Direktorat Jenderal Bina Marga bekerja sama dengan Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah untuk melakukan pembangunan ulang Jembatan Gandu di Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah.. Pekerjaan ini akan dilakukan oleh Penyedia Jasa Konstruksi bernama CV. Putra Manunggal. Dalam rangka memastikan bahwa pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan rencana mutu, biaya, volume, dan waktu yang telah ditetapkan dalam kontrak jasa konstruksi, sebuah Tim Pengawas telah dibentuk. Tim ini bertanggung jawab untuk membantu Pejabat Pembuat Komitmen 2.4 Provinsi Jawa Tengah di Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah II Provinsi Jawa Tengah dalam melakukan pengawasan teknis di lokasi kegiatan yang sedang berlangsung. Tim Pengawas ini terdiri dari dua penyedia jasa konsultasi yang akan melaksanakan tugas pengawasan dengan cermat dan teliti., yaitu CV. Putra Manunggal dan CV. Amphida Yodha Engineering. Peran mereka sesuai dengan Kontrak No. KU. 01/AYE-UM/IX/2022 tanggal 22 April 2022.

Pondasi sumuran biasanya digunakan untuk tanah keras dengan kedalaman antara 2 hingga 6 meter. Konstruksi pondasi sumuran melibatkan penanaman blok-blok silinder ke dalam tanah dengan cara menggali tanah membentuk sumuran atau lingkaran berdiameter lebih dari 0,80 meter untuk mencapai lapisan tanah keras tersebut.

Pondasi sumuran berfungsi sebagai elemen struktural yang berhubungan langsung dengan tanah untuk menyediakan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur di atasnya. Untuk memastikan keakuratan daya dukung tersebut, diperlukan penyelidikan tanah yang akurat. Dalam menentukan kapasitas daya dukung pondasi sumuran, dua metode umum digunakan, yaitu metode statis dan metode dinamis. Perencanaan pondasi sumuran melibatkan serangkaian kegiatan dengan tahapan berbeda, termasuk studi kelayakan dan perencanaan teknis. Semua langkah ini dilakukan untuk memastikan bahwa konstruksi akhir akan menjadi kuat, aman, dan efisien secara ekonomis. Meskipun pondasi sumuran memiliki kelebihan, seperti pengerjaannya yang mudah tanpa memerlukan alat berat dan aspek ramah lingkungan, namun juga memiliki kekurangan. Pondasi jenis ini jarang digunakan karena memerlukan adukan beton yang besar, dan juga kesulitan dalam mengontrol proses cor beton di lokasi yang dalam. Selain itu, bagian dalam dari pondasi sumuran sulit dikontrol, dan ketika digunakan pada tanah berlumpur, proses penggalian menjadi sulit.[2]

Dengan demikian, pondasi sumuran memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri yang harus dipertimbangkan dengan baik dalam proses perencanaan konstruksi untuk memastikan keberhasilan dan kesesuaian dengan kondisi tanah dan lingkungan setempat. Oleh karena itu dari uraian diatas, akan melakukan penyelidikan tanah yang bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat pondasi sumuran yang dipakai yang awalnya menggunakan pondasi sumuran berdiameter 3m akan di hitung juga pondasi sumuran berdiameter 2,5m yang aslinya menggunakan SNI-1726-2019 disini akan menggunakan SNI-1727-2020 , serta membandingkan hasil perhitungan daya dukung dan penurunan untuk menemukan pondasi yang paling aman

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar beban struktur atas jembatan?
2. Berapa daya dukung fondasi sumuran yang dapat dihasilkan dari analisis pembebanan,sondir,dan borelog?
3. Bagaimana hasil komparasi penurunan pondasi secara manual maupun *software* ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui beban kontruksi atas suatu proyek Jembatan.
2. Mengetahui nilai daya dukung tanah Lateral dan aksial dari hasil Sondir dan borelog.
3. Membandingkan penurunan pondasi secara manual maupun *Software*.

1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah yang akan diteliti dalam tugas akhir ini :

1. Lokasi penelitian berada di Desa Gandu, Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah.
2. Pada proyek ini, digunakan struktur bawah berupa pondasi Sumuran sebagai fondasi.
3. Analisis kekuatan daya dukung dilakukan terhadap fondasi Sumuran.
4. Program yang akan digunakan untuk menganalisis pembebanan struktur atas Jembatan di Gandu, Boyolali adalah SAP 2000.
5. Tidak akan dilakukan perhitungan untuk rencana anggaran biaya pada jembatan tersebut.
6. Program yang akan digunakan untuk menganalisis penurunan tanah adalah Plaxis dan Allpile.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk memperluas pengetahuan tentang daya dukung tanah dan ilmu pengetahuan secara keseluruhan, serta sebagai referensi yang dapat digunakan sebagai pembanding dalam pekerjaan serupa di masa depan.
2. Penulisan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan pembaca mengenai kapasitas daya dukung fondasi Sumuran dan penurunan fondasi.
3. Tulisan ini dapat menjadi contoh referensi bagi mahasiswa untuk melakukan analisis ulang atau memilih topik bahasan yang serupa dalam penyusunan tugas akhir mereka..



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pondasi merupakan struktur bagian bawah bangunan yang secara langsung berhubungan dengan tanah dan berfungsi untuk menahan gaya beban dari bagian atasnya. Pondasi dirancang sebagai dasar yang kuat bagi seluruh konstruksi bangunan. Secara keseluruhan, pondasi dapat dianggap sebagai bagian terbawah yang kokoh dan stabil dari suatu konstruksi.

Dalam perencanaan struktur pondasi, terdapat beberapa pilihan tipe pondasi yang dapat digunakan. Keputusan dalam memilih tipe pondasi ini ditentukan oleh fungsi dari bangunan di atasnya yang akan ditopang oleh pondasi tersebut, serta beban dan berat yang akan diberikan pada bangunan tersebut., kondisi tanah di lokasi pembangunan, serta pertimbangan aspek ekonomi.

Pada setiap perencanaan konstruksi, peran pondasi sangatlah krusial. Pondasi merupakan elemen terbawah dari bangunan yang bertugas sebagai penyangga bagi semua beban yang dikenakan pada struktur tersebut, termasuk beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Selain itu, fungsi pondasi juga adalah untuk mentransmisikan beban-beban tersebut ke dalam tanah atau batuan di bawahnya. Bentuk pondasi ini akan disesuaikan dengan jenis bangunan yang akan dibangun dan kondisi tanah di lokasi pondasi akan diletakkan. Umumnya, pondasi diletakkan pada tanah yang keras. Pemilihan jenis struktur bawah, yaitu pondasi, merupakan keputusan yang penting dalam perencanaan konstruksi., menurut (Suyono,1984.) [3] harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- Keadaan tanah pondasi

Pemilihan tipe pondasi yang tepat sangat terkait dengan kondisi tanah di lokasi pondasi. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah yang keras, dan faktor-faktor lain yang relevan yang berhubungan dengan karakteristik tanah di area tersebut..

- Batasan-batasan akibat struktur di atasnya

Pemilihan tipe pondasi sangat dipengaruhi oleh keadaan struktur atas. Aspek ini mencakup kondisi beban yang diberikan pada pondasi serta sifat dinamis dari bangunan yang berada di atasnya.

- Kondisi lingkungan sekitar yang membatasi.

Batasan dalam penelitian ini mencakup kondisi lokasi proyek, dan perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi harus dilakukan tanpa mengganggu atau membahayakan bangunan dan lingkungan sekitarnya yang sudah ada..

- Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan

Dalam proyek pembangunan, fokus utama adalah pada pengelolaan waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini berhubungan erat dengan upaya mencapai kondisi yang ekonomis dalam pembangunan.

2.2 Macam-macam Pondasi

Pondasi bangunan umumnya dibagi menjadi dua bagian, yaitu pondasi dangkal (shallow foundation) dan pondasi dalam (deep foundation), tergantung pada kedalaman dan perbandingan antara kedalaman dan lebar pondasi serta letak tanah kerasnya. Pondasi dangkal memiliki kedalaman yang kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan cocok digunakan ketika lapisan tanah keras terletak dekat dengan permukaan tanah. Sementara itu, pondasi dalam digunakan ketika lapisan tanah keras berada jauh di bawah permukaan tanah. Pondasi dalam dapat diklasifikasikan berdasarkan kemungkinan besar beban yang akan ditopang oleh pondasi tersebut.[4]

2.2.1 Pondasi dangkal

Pondasi dangkal, juga dikenal sebagai pondasi langsung, digunakan ketika lapisan tanah di bawah dasar pondasi mampu mendukung beban yang diterimanya dan terletak pada kedalaman yang relatif dekat dari permukaan tanah. Pondasi dangkal berfungsi mendukung beban secara langsung, tanpa perlu meredistribusi beban secara dalam ke dalam tanah:

a. Pondasi telapak

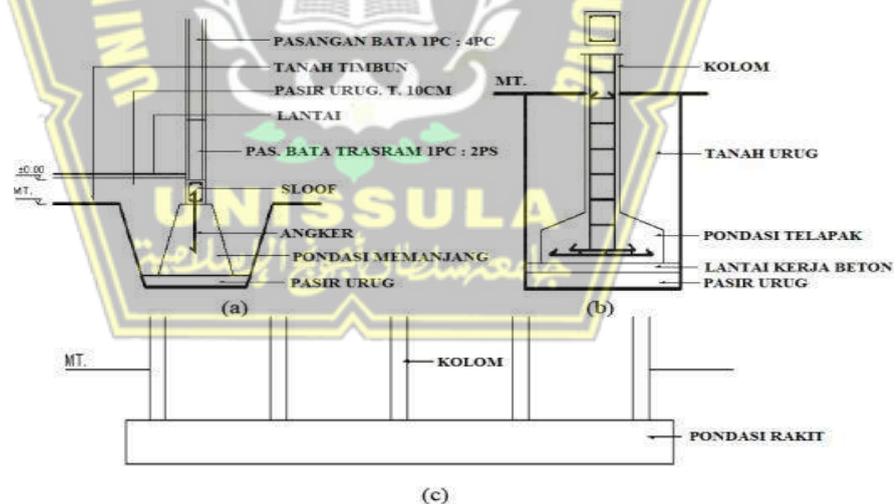
Pondasi yang berdiri sendiri, atau disebut juga pondasi sendiri (independent foundation), digunakan untuk menopang kolom atau bangunan secara langsung pada tanah. Pondasi ini didirikan ketika terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas yang baik, mampu mendukung beban bangunan pada permukaan tanah atau sedikit di bawah permukaan tanah.

b. Pondasi memanjang

Pondasi yang digunakan untuk menopang sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga menyebabkan pondasi telapak sisinya saling berhimpit disebut sebagai "pondasi strip" atau "pondasi gabungan."

c. Pondasi rakit (raft foundation)

Pondasi yang digunakan untuk menopang bangunan yang berada di atas tanah lunak atau ketika susunan kolom-kolom sangat dekat di semua arah sehingga jika menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya akan berhimpit satu sama lain disebut sebagai "pondasi kombinasi" atau "pondasi strip."



Gambar 2.1. Pondasi Dangkal

2.2.2 Fondasi Dalam

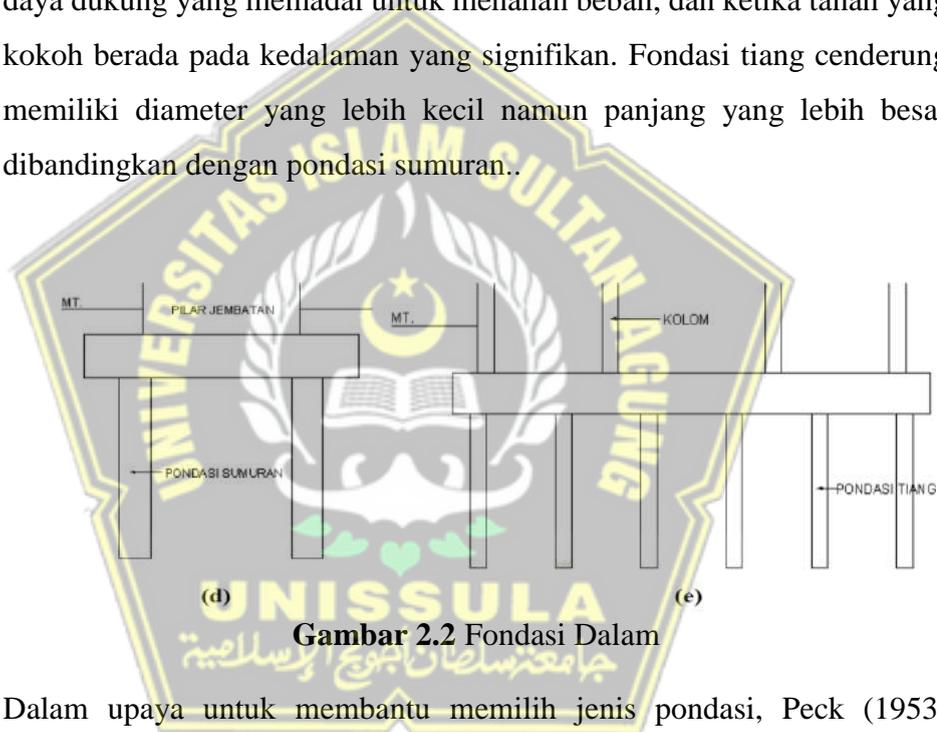
Fondasi dalam yaitu fondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jaraknya jauh dari permukaan, seperti :

a. Fondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran berfungsi sebagai penghubung antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi ini umumnya dipilih apabila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang signifikan.. Untuk menentukan apakah fondasi sumuran sesuai, diperlukan perbandingan antara kedalamannya (Df) dengan lebar pondasi (B), yang harus memenuhi syarat $Df/B \leq 4$. Di sisi lain, pondasi dangkal harus memenuhi persyaratan $Df/B \leq 1$.

b. Fondasi tiang (*pile foundation*)

Fondasi tiang digunakan ketika tanah di kedalaman normal tidak memiliki daya dukung yang memadai untuk menahan beban, dan ketika tanah yang kokoh berada pada kedalaman yang signifikan. Fondasi tiang cenderung memiliki diameter yang lebih kecil namun panjang yang lebih besar dibandingkan dengan pondasi sumuran..



Gambar 2.2 Fondasi Dalam

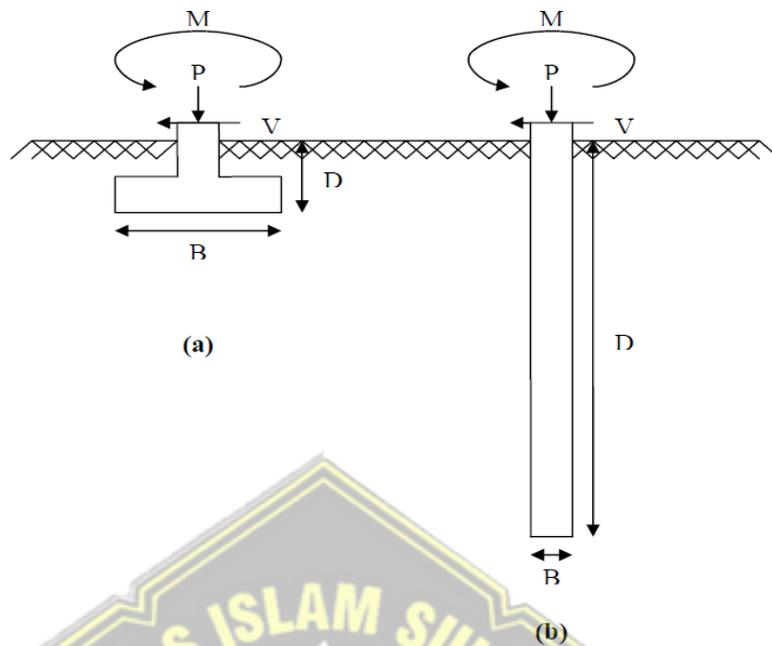
Dalam upaya untuk membantu memilih jenis pondasi, Peck (1953) menggunakan rumus yang tercantum pada Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2.:

1. Untuk pondasi dangkal

$$\frac{D}{B} < 1 \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Untuk pondasi dalam

$$\frac{D}{B} < 4 \dots\dots\dots(2.2)$$



Gambar 2.3. Peralihan gaya pada pondasi

a. Pondasi dangkal

b. Pondasi dalam

Menentukan jenis pondasi yang tepat memerlukan penegasan apakah pondasi tersebut cocok dengan berbagai jenis kondisi tanah.:

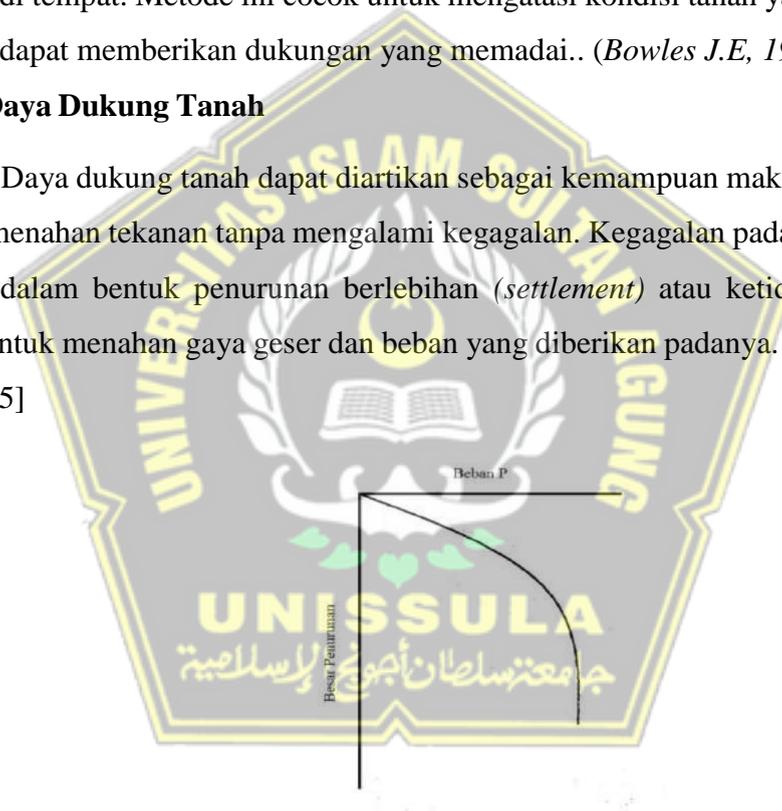
1. Apabila tanah di bawah pondasi berada pada permukaan atau berjarak sekitar 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka metode pondasi yang tepat adalah menggunakan pondasi telapak.
2. Jika tanah di bawah pondasi berada pada kedalaman sekitar 10 meter di bawah permukaan tanah, maka dalam situasi ini disarankan untuk menggunakan pondasi tiang apung.
3. Jika tanah di bawah pondasi berada pada kedalaman sekitar 20 meter di bawah permukaan tanah, terdapat dua opsi tergantung pada izin penurunan tanah jika penurunan tanah diizinkan, disarankan untuk menggunakan pondasi tiang geser. Jika tidak boleh terjadi penurunan tanah, biasanya lebih baik menggunakan .
4. pondasi tiang pancang. Namun, jika di lapisan antara ada batu besar, maka

lebih menguntungkan untuk menggunakan pondasi kaisan. Jika tanah yang mendukung pondasi berada sekitar 30 meter di bawah permukaan tanah, ada beberapa pilihan untuk metode pondasi, yaitu kaisan terbuka, tiang baja, atau tiang yang dicor di tempat. Namun, jika tekanan atmosfer yang bekerja kurang dari 3 kg/cm^2 , maka lebih disarankan menggunakan kaisan tekanan sebagai solusi pondasi yang lebih tepat..

5. Jika tanah pendukung pondasi berada pada kedalaman sekitar 40 meter di bawah permukaan tanah, direkomendasikan untuk mempertimbangkan penggunaan metode pondasi dengan tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat. Metode ini cocok untuk mengatasi kondisi tanah yang dalam dan dapat memberikan dukungan yang memadai.. (Bowles J.E, 1993).

2.3 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dapat diartikan sebagai kemampuan maksimum tanah untuk menahan tekanan tanpa mengalami kegagalan. Kegagalan pada tanah dapat terjadi dalam bentuk penurunan berlebihan (*settlement*) atau ketidakmampuan tanah untuk menahan gaya geser dan beban yang diberikan padanya. (Bowles J.E, 1992).[5]

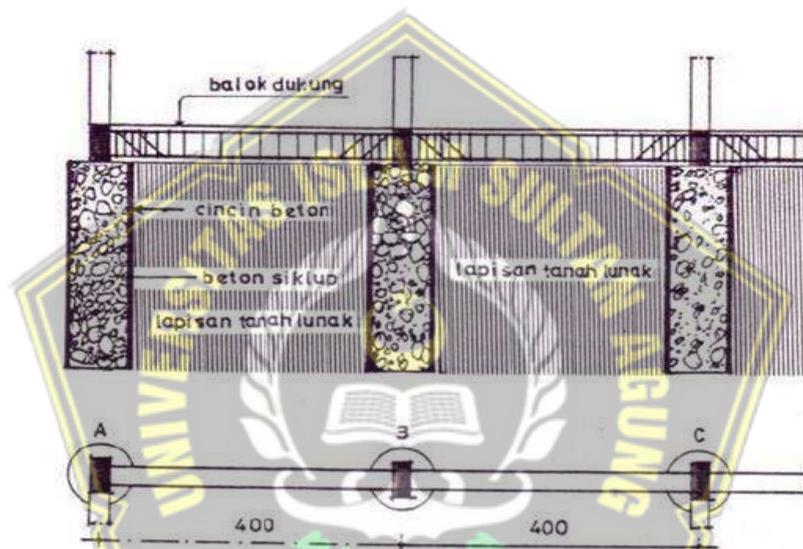


Gambar 2.4. Daya Dukung Batas Dari Tanah Pondasi

Gambar 2.4 Apabila beban yang bekerja pada tanah pondasi dinaikkan, maka penurunan tanah akan meningkat dengan cepat setelah gaya mencapai tingkat tertentu. Setelah mencapai titik tersebut, penurunan akan terus berlanjut bahkan jika beban tidak ditambah lagi.

2.4 Pondasi Sumuran

Fondasi sumuran adalah sejenis bangunan yang dikerjakan dengan menggali lubang bundar di tanah dan kemudian mengisinya dengan beton atau kombinasi batu dan mortar. Karena menggunakan tanah dasar pada kedalaman yang relatif lebih dalam dan memerlukan rasio kedalaman terhadap diameter lubang kurang dari atau sama dengan 4, maka fondasi sumuran termasuk dalam kategori peralihan antara fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi harus dibangun sebagai fondasi tiang pancang jika nilai rasio ini lebih besar dari 4.. Tampak melintang pondasi sumuran dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Fondasi Sumuran

Beberapa alasan mengapa pondasi sumuran sering digunakan dalam konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Kedalaman tiang dapat disesuaikan atau diubah kembali...
2. Pada proses pengerjaan pondasi sumuran, tidak ada suara yang dihasilkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pengerjaan pondasi tiang pancang.
3. Pada saat pemancangan, getaran tanah memiliki potensi menyebabkan kerusakan pada bangunan yang berdekatan..Namun, penggunaan pondasi sumuran dapat mencegah hal tersebut terjadi.

4. Ketika dasar pondasi sumuran diperluas atau diperbesar, ini menghasilkan ketahanan yang lebih besar terhadap gaya yang bekerja dari atas struktur..
5. Dalam pondasi tiang pancang, pemancangan pada tanah lempung dapat menyebabkan tanah menjadi bergelombang dan mengakibatkan pergerakan tiang pancang sebelumnya ke samping. Namun, fenomena ini tidak terjadi dalam konstruksi pondasi sumuran. Pondasi sumuran memiliki kekuatan yang tinggi terhadap beban lateral..
6. Permukaan di atas tempat dimana dasar pondasi sumuran akan ditempatkan diperiksa secara langsung sebelum proses pembangunan pondasi dimulai.

Berikut adalah beberapa kelemahan fondasi sumuran :

1. Proses pengeboran dapat mengakibatkan gangguan pada kepadatan tanah, terutama jika tanah tersebut berupa pasir atau kerikil. Untuk mencegah potensi longsor, digunakan bentonite sebagai bahan penahan agar tanah tetap stabil selama proses pengeboran berlangsung..
2. Proses aliran air ke dalam lubang bor dapat menyebabkan gangguan pada struktur tanah, sehingga dapat mengurangi kapasitas daya dukung tanah untuk tiang. Oleh karena itu, air yang mengalir langsung dihisap dan kemudian dibuang kembali ke dalam kolam air. Dengan cara ini, gangguan pada tanah dapat diminimalkan sehingga daya dukung tanah terhadap tiang tetap optimal. Pengelolaan aliran air ini bertujuan untuk menjaga efektivitas dan kestabilan pembangunan pondasi.
3. Kondisi cuaca yang tidak menentu dan buruk dapat menyulitkan proses pengeboran dan pengecoran. Solusinya adalah dengan menunda pengeboran dan pengecoran hingga kondisi cuaca membaik atau dengan memasang tenda sebagai penutup untuk melindungi area kerja dari cuaca yang tidak menguntungkan. Dengan melakukan salah satu dari dua cara tersebut, proses konstruksi dapat diatasi dengan lebih baik dan dilakukan saat kondisi cuaca lebih mendukung.
4. Jika tindakan pencegahan tidak dilakukan dengan baik, kemungkinan terjadinya tanah runtuh atau ground loss akan meningkat. Oleh karena

itu, langkah pencegahan yang akan diambil adalah memasang casing untuk mencegah terjadinya kelongsoran tanah.

5. Dikarenakan diameter tiang pondasi sumuran yang cukup besar dan membutuhkan banyak beton dan material, untuk pekerjaan kecil akan menyebabkan peningkatan biaya konstruksi. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal ini, ukuran tiang pondasi sumuran disesuaikan dengan beban yang dibutuhkan agar biaya dapat ditekan seefisien mungkin.
6. Dalam beberapa kasus, meskipun tiang penopang telah mencapai tanah penopang pondasi dan dianggap memenuhi syarat, ada kemungkinan bahwa tiang tersebut menjadi kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun di dasar lubang pengeboran. Untuk mengatasi masalah ini, langkah yang diambil adalah memasang pipa paralon pada tulangan pondasi sebagai bagian dari pekerjaan base grouting. Tindakan ini bertujuan untuk memastikan bahwa material grouting dapat mencapai dan mengisi seluruh ruang di sekitar tulangan dan dasar tiang untuk meningkatkan kekuatan dan kesempurnaan pondasi..

2.5 Landasan Teori

2.5.1 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Sumuran

Pondasi berperan dalam mengalirkan beban-beban yang terpusat dari bagian bawah bangunan ke dalam tanah penopang. Melalui proses ini, tegangan dan gerakan tanah dapat langsung mempengaruhi struktur secara keseluruhan. Pondasi harus memiliki daya dukung yang lebih besar daripada beban yang ditopang olehnya, dan penurunannya harus tetap sesuai dengan batas toleransi yang diizinkan, yaitu sekitar 1 inci (2,54 cm). Untuk pondasi sumuran, daya dukungnya dapat ditentukan berdasarkan data hasil penyelidikan tanah di laboratorium dan data dari pelaksanaan sondir. Dengan menggunakan informasi tersebut, dapat dipastikan bahwa pondasi sumuran mampu menopang beban dengan tepat dan memastikan penurunan sesuai batas yang diizinkan.

Untuk pondasi yang berbentuk sumuran, Terzaghi mengusulkan persamaan daya dukung untuk pondasi sumuran dengan mempertimbangkan nilai faktor-faktor daya dukung yang sama, namun hanya faktor gesekan antara dinding pondasi yang diperhitungkan. (Hardiyatmo, 1996) dapat dinyatakan pada

Persamaan 2.3.[6]

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Q_{all} = Q_u / SF \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

- Q_u = Daya Dukung Ultimit (kN)
- Q_p = Daya Dukung Ujung Tiang (kN)
- Q_s = Daya Dukung tahanan kulit (kN)
- Q_{all} = Daya dukung tanah yang diizinkan
- SF = Angka keamanan 3 dan 5 (Wesley untuk indonesia)

Tabel 2.1 Faktor Keamanan

Klasifikasi Struktur	Faktor Keamanan (SF)			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol sangat jelek
Monumental	2.3	3	3.75	4
Permanen	2	2.5	2.8	3.4
Sementara	1.4	2	2.3	2.8

(Sumber : Hardiyanto,1996)

Penting untuk dicatat bahwa uji coba lapangan seperti Sondir atau Cone Penetration Testing (CPT) memainkan peran krusial dalam rekayasa geoteknik. Uji CPT atau Sondir adalah metode pengujian lapangan yang sangat cepat, sederhana, biaya efektif, dan dapat diandalkan, dengan kemampuan mengukur secara kontinu di bawah permukaan tanah. Metode CPT atau Sondir juga mampu mengidentifikasi lapisan-lapisan tanah dan memberikan perkiraan tentang kekuatan dan karakteristik tanah. Data yang diperoleh dari uji CPT atau Sondir sangat penting dalam perancangan tiang fondasi. Data tanah ini diperlukan sebelum memulai konstruksi untuk menentukan kapasitas daya dukung akhir dari tiang fondasi yang akan dibangun. Dengan informasi ini, perencanaan tiang fondasi dapat dilakukan dengan lebih tepat dan akurat, sehingga memastikan keselamatan dan kestabilan dari struktur yang akan didukung oleh pondasi. (Pagehgi, 2015).[7]

Kapasitas daya dukung ultimit fondasi sumuran dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s] \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas Daya Dukung Aksial Tiang fondasi (kN).

Q_b = Kapasitas Tahanan di Ujung Tiang fondasi (kN).

Q_s = Kapasitas Tahanan Kulit (kN).

q_b = Kapasitas daya dukung di Ujung Tiang Persatuan (kg/cm^2).

A_b = Luas di ujung tiang fondasi (cm^2).

f = Satuan tahanan kuliti persatuan luas (kg/cm^2).

A_s = Luas kulit tiang fondasi (cm^2).

Untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi berdasarkan data hasil pengujian sondir, dapat digunakan metode tertentu yang telah tersedia berikut:

a. Metode Aoki dan De Alencar

Aoki dan Alencar merekomendasikan penggunaan data Sondir untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimate. Kapasitas dukung ujung per satuan luas (q_b) dapat dihitung sebagai berikut:

$$q_b = \frac{q_{ca} (base)}{F_b} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$q_{ca} (base)$ = Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_p) pada tanah kohesif dengan perlawanan konus rata-rata pada kedalaman 1,5 kali diameter (D) di atas dan di bawah ujung tiang (kg/cm^2)

F_b = Faktor empiris tahanan ujung tiang yang berhubungan dengan tipe tiang..

Tahanan kulir persatuan luas (F) diperediksi sebagai berikut :

$$F = Q (side) \frac{a_s}{f_s} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$q_c (side)$ = Perlawanan konus rata-rata pada setiap lapisan sepanjang tiang dapat berbeda-beda. (kg/cm)

F_s = Faktor empiris tahanan kulit berhubungan dengan tipe atau jenis

As = Nilai factor empiric

Tiang Pancang	Fb	Fs
Tiang Bor	3,5	7
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Tabel 2.2 Faktori Empiric Fb dani Fs

(sumber : Titi Dan Farsakh ,1999)

Tabel 2.3 Nilai Faktor Empiric Tanah

Tipe Tanah	α_s	Tipe Tanah	α_s	Tipe Tanah	α_s
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

(sumber : Titi Dan Farsakh ,1999)

Pada umumnya, nilai faktor empiris (as) untuk tipe pasir adalah sekitar 1,4%, sementara untuk lanau sekitar 3,0%. Nilai as untuk jenis tanah lainnya dapat bervariasi tergantung pada karakteristiknya. (Titi & Farsakh, 1999).[8], [9]

b. Metode Langsung

Metode langsung ini dinyatakan oleh beberapa ahli diantaranya : Mayerhoff, Tomlinson, Begemann. Daya dukung fondasi menurut Mayerhoff(1976) dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Qa = \left(qc \times \frac{Ap}{3} \right) + (JPH \times \frac{Kt}{5}) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

Qa = Daya dukung ujung tiang (kg/tiang)

qc = Tahanan ujung sondir (kg/cm²).

Ap = Luas penampang Tiang (cm²).

JHP = Tahanan friksi dari selimut tiang rata-rata (kg/cm²).

Kt = Keliling tiang (cm)

Daya dukung ijin fondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut::

$$Q_{uljin} = \frac{qc \times Ap}{3} + \frac{JHL \times Kt}{5} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Q_{uljin} = Kapasitas daya dukung ijin tiang (ton/cm²).

qc = Tahanan ujung sondir (kg/cm²).

Ap = Luas penampang tiang (cm²).

JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm²).

Kt = Keliling tiang (cm)

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang

5 = Faktor keamanan untuk daya gesekan pada selimut tiang

2.5.2 Perhitungan Daya Dukung Lateral

Saat memulai perhitungan kapasitas daya dukung lateral tiang tunggal, hal utama yang harus diketahui adalah tentang sifat tiang itu sendiri. Apakah berupa tiang pendek (*rigid pile*) ataupun tiang panjang (*elastic pile*).

$$E = 4700 \times \sqrt{fc} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$I = \frac{1}{6} \times \pi \times D^4 \dots\dots\dots(2.11)$$

Cara menentukan R dan I, sebagai berikut :

- a. Pada tanah lempung yang kaku dan mengalami konsolidasi terlebih dahulu, maka modulus tanah dianggap permanen di seluruh kedalaman

$$R = \frac{\sqrt{Ei}}{Kh \times d} \dots\dots\dots(2.12)$$

- b. Untuk tanah lempung dan granular yang mengalami konsolidasi normal, maka modulus tanah menjadi tak permanen atau meningkat dengan linier di kedalaman tertentu

$$T = \frac{\sqrt{Epx Ip}}{nh} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$4T = 4 \times T \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

E_p = Modulus Elestisitas Tiang (kN/m^2)

I = Momen Inersia (m^4)

N_h = Koefisiwn Modulus Variasi (kN/m^3)

K_h = Modulus Reaksi Subgrade (kN/m^3)

D = Diameter (m)

Agar mengetahui tanah akan runtuh sebab beban lateral, maka momen max harus dihitung terlebih dahulu. Jika $M_{max} > M_y$, maka tanah tidak runtuh dan H_u diperoleh dari kekuatan bahan tiang dalam menahan beban momen.

- a. Perhitungan daya dukung lateral fondasi metode Broms (1964) Digunakan untuk menghitung maksimal tanah disebabkan oleh gaya lateral (*rigid pile*) atau (*elastic pile*). Berikut merupakan rumus untuk elastic pile pada kondisi lapisan tanah yang sama dan tanah kohesif :

$$H_u = \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$f = 0,82 \frac{\sqrt{H_u}}{d \cdot k_p \cdot x} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$H_{ijin} = \frac{H_u}{sf} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

H_u = Daya Dukung Lateral Tiang (kN)

M_y = Momen Max Yang Dapat Ditahan Tiang (kN.m)

γ = Berat Volume Tanah (kN/m^3)

d = Diameter (m)

e = Jarak Titik Beban Horizontal ke Permukaan Tanah (m)

K_p = Koefisien Tekanan Tanah Pasif

f = Jarak Kedalaman Titik Dimana Gaya Geser = 0 (m)

b. Defleksi Tiang

$$a = \left(\frac{nh}{EPxIP} \right)^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

Ep = Modulus Elastitas Tiang (kN/m²)

Ip = Momen Inersia (m⁴)

Nh = Koefisien Modulus Variasi (kN/m³)

- Tiangi pendek jika $aL < 2$, $y_0 = \frac{2H}{l^4} xnh \dots\dots\dots(2.19)$

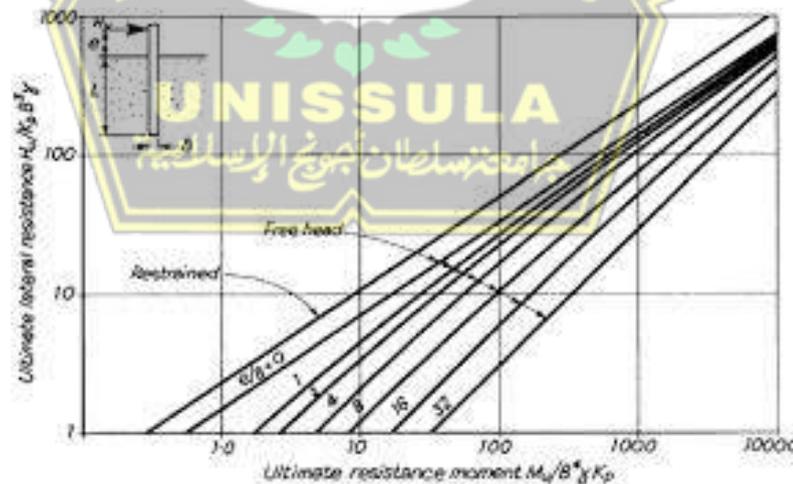
- Tiang Pendek jika $aL < 4$, $y_0 = x = \frac{0,93H}{(nh)Ubx (Ep Ip)} \dots\dots\dots(2.20)$

Dimana :

H = Beban Lateral (kN)

L = Panjang Tiang (m)

- Nilai Hu didapat Berdasarkan grafik



Gambar 2.6 Grafik Daya Dukung Lateral Ultimit (Broms,1964)

- Untuk tiang pendek, kita dapat menghitung tahanan ultimate tiang terhadap beban lateral menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_{maks} = H_u (0,5L + 0,75 D) \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

H_u = Beban Lateral (kN)

D = Diameter Tiang (m)

C_u = Kohesi Tanah (kN/m²)

L = Panjang Tiang (m)

G = Jarak momen maksimum dasar tiang (m)

Grafik menunjukkan hubungan antara nilai-nilai H_u dengan perbandingan L/D dan $H_u/(c_u \cdot D^2)$. pada Gambar 2.7a.

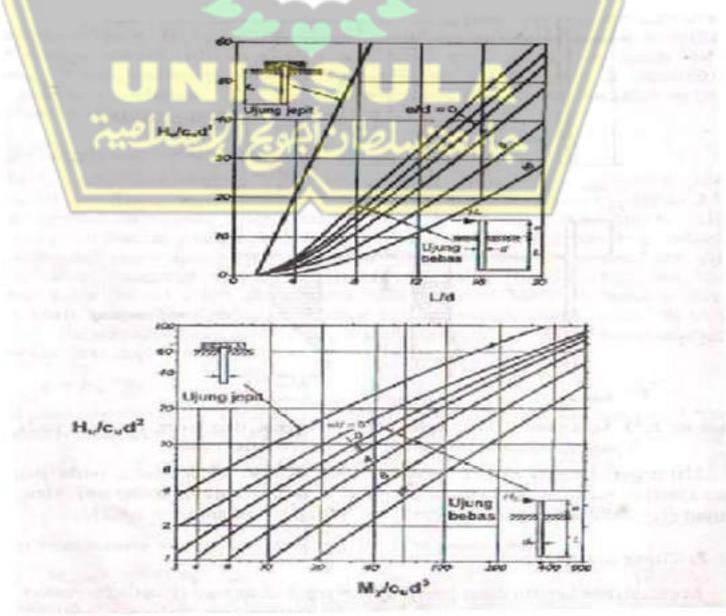
- Sedangkan untuk tiang panjang H_u dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$H_u = \frac{2my}{1,5d + 0,5f} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

my = Momen lelehi (kN-m)

f = Jarak momen maksimum jar permukaan tanah (m)



Gambar 2.7 Grafik Tahanan lateral ultimit Tiang pada tanah kohesif (a) Tiang pendek ,(b) Tiang panjang ,(Broms,1964)

- Perhitungan lateral ijin ,sebagai berikut

Tahanan momen ultimit (grafik) :

$$\frac{Hu}{D^4 \times y \times lp} \dots\dots\dots(2.23)$$

Tabel 2.4 nilai- nilai n_h untuk tanah granular ($c=0$)

Kerapatan relatif (D_r)	Tidak padat	Sedang	Padat
Interval nilai A	100 – 300	300 – 1000	1000 – 2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
n_h ,pasir kering atau lembab (Terzaghi) (kN/m^3)	2425	7275	19400
n_h ,pasir terendam air (kN/m^3)			
Terzaghi	1386	4850	11779
Reese dkk	5300	16300	34000

Tabel 2.5 nilai-nilai n_h unyul tanah kohesif (hardiyatmo,2011)

Tanah	n_h (kN/m^3)	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166-3518	Reese dan Matlock (1956)
	277-554	Davisson – Prakash
Lempung terkonsolidasi normal organik	111-277	Peck dan Davidson
	111-831	Davidson (1970)
Gambut	55	Davidson (1970)
	27,7-111	Wilson dan Hilts (1967)
Loss	8033-11080	Bowles (1968)

2.6 Penurunan Pondasi

Penurunan terhadap fondasi tiang pancang dan *bored pile* biasanya hanya terjadi sedikit penurunan saja, karena dalam perencanaan fondasi diantara kedua fondasi tersebut sangat mempertimbangkan daya dukung ujung tiangnya serta friksinya. Berikut adalah Persamaan penurunan fondasi menurut Vesic (1977).

$$St = S1 + S2 + S3 \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

S_t = Total Penurunan (mm)

S_1 = Akibat batang (mm)

S2 = Akibat beban ujung (mm)

S3 = Akibat beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)

Persamaan semi empiris untuk menentukan S1,S2 dan S3 adalah sebagai berikut :

$$S1 = \frac{(Q_{wp} + s \times Q_{ws}) \times L}{E_b \times E_p} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$S2 = \frac{Q_{wp} \times l_p}{D \times q_p} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$S3 = \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - u_{s2}) \times l_{ws} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$l_{ws} = 2 + 0,35 \frac{L}{D} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

Qwp = Beban yang diterima ujung tiang (KN)

Qws = Beban yang diterima ujung tiang (KN)

L = Panjang tiang (m)

Ab = Luas penampang tiang (m²)

Ep = Modulus elastisitas tiang (Mpa)

ε = 0,5 (distribusi tahanan sepanjang tiang)

Qp = Tahanan ujung batas tiang (kN)

Cp = Koefisien empiris, dapat dilihat pada tabel

Tabel 2.6 koefisien emperis

Jenis Tanah	Tiang pancang	Tiang Bor
Sand (padat – lepas)	0.02 – 0.04	0.09 – 0.18
Clay (kaku - lunak)	0.02 – 0.03	0.03 – 0.06
Silty (padat – lepas)	0.03 – 0.05	0.09 – 0.12

(sumber : Vesic,1977)

Berikut Persamaan penurunan tiang kelompok :

$$S_g = S_t \frac{\sqrt{b}}{B} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

Sg = Penurunan Kelompok tiang (mm)

St = Total Penurunan (mm)

b = Lebar kelompok tiang (mm)

B = Diameter Fondasi 9(mm)

Dari hasil Persamaan diatas akan didapatkan nilai penurunannya, namun untuk lebih amanya harus diperhitungnya juga batasan izin untuk penurunan fondasi Sumuran berikut adalah Persamaannya :

$$Sijin = 10\% \times D \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana D adalah diameter fondasi ,dan hasil penurunan tidak boleh melebihi dari Sijin tersebut

2.7 Waktu Penurunan

Waktu penurunan pada tanah harus diketahui untuk mengetahui solusi apa yang cocok untuk mempercepat penurunan tersebut, agar dalam pembangunan lebih aman dan tidak terjadi penurunan lagi. Salah satu cara untuk mempercepat penurunan adalah dengan menggunakan *vertical drain*. Berikut adalah rumus menghitung penurunan / *settlement* :

$$T = \frac{T_v \times H^2}{C_v} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

- T = Waktu Penurunan
- T_v = Faktor waktu (derajat konsolidasi rata – rata)
- H² = Seluruh panjang lintasan fondasi (m)
- C_v = Derajat konsolidasi (0.0045m² / dtk)

Tabel 2.7 Derajat Konsolidasi

U _{av} (%)	T _v
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,403
70	0,197
80	0,567
90	0,0848
100	∞

(Sumber : Adi Mardani ,2014)

2.8 Cincin Sumuran

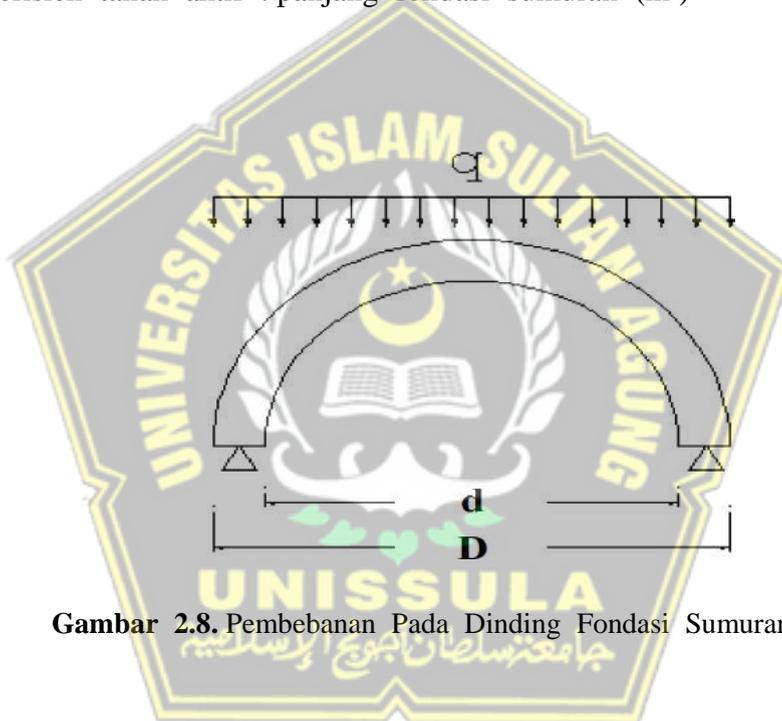
Perhitungan cincin sumuran termasuk memutuskan kecemasan yang muncul di welling ring karena beban dan menit yang terkonsentrasi. Cincin sumuran dianggap sebagai pengembangan kurva dengan sambungan di titik-titik tertentu, di mana beban merata (q) diberlakukan, dan momen maksimum terjadi di tengah bentang cincin sumuran.. Yang dapat dilihat pada Persamaan 2.32.

$$q = \gamma H K_a \dots\dots\dots(2.32)$$

q : beban merata yang terjadi (t/m^2)

γ : berarti volumei tanahi (t/m^3)

k_a : koefisien tanah aktif : panjang fondasi sumuran (m)



Gambar 2.8. Pembebanan Pada Dinding Fondasi Sumuran

2.9 Pemodelan Menggunakan Software

Pada penyelesaian tugas akhir ini penulis akan menggunakan *software* SAP2000V.14 dan *software* PLAXIS V 8.6. Berikut adalah penjelasannya:

2.9.1 SAP2000 V.14

Analisa pembebanan pada Proyek Jembatan Pelangi diperhitungkan dengan menggunakan aplikasi SAP2000 V.14. *Software* SAP2000 V.14 merupakan program aplikasi yang akan digunakan untuk menghitung pembebanan pada struktur atas bangunan dalam perencanaan fondasi yang akan direncanakan.

Software ini dapat digunakan untuk merencanakan gedung, jembatan, tower,dll. Dalam merencanakannya dapat menggunakan material baja dan beton sesuai dengan kebutuhan. Program ini sudah lengkap dan mudah digunakan karena fitur-fitur di dalamnya sudah sesuai dengan apa yang ingin kita rencanakan. *Output* dari program ini berupa momen, gaya geser, serta gaya normal, maka dari *output* tersebut akan mendapatkan beban terbesar dari perencanaan jembatan yang akan digunakan dalam perencanaan fondasi.

2.9.2 PLAXIS V.8.6

Plaxis merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis kestabilan tanah dengan mengaplikasikan elemen sehingga kita dapat memperkirakan kejadian yang nyata. Dimana pada program ini menyediakan berbagai analisa yang dapatdigunakan. Namun sayangnya program ini jarang dikenal oleh anak teknik sipilkarena program ini digunakan untuk masalah geoteknik saja, tetapi dalampekerjaan sipil juga tidak dapat terlepas pada masalah geoteknik, bisa berupa tanah ataupun batuan.

Perhitungan penurunan yang terjadi pada perencanaan fondasi akan dihitung secara manual dan dihitung menggunakan *software* PLAXIS V 8.6. Dimana *software* ini merupakan program aplikasi analisa geoteknik yang dapat menganalis kestabilan tanah. Program ini dapat menganalisa penurunan tanah, galian, tanggul, dan timbunan tanah. Pada perencanaan kali ini plaxis v 8.6 digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada perencanaan fondasi,

2.9.3 ALLPILE

ALLPILE adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk perancangan berbagai jenis pondasi, termasuk pondasi pancang, serta dapat digunakan juga untuk pondasi dangkal (*shallow footing*).

Dalam perangkat lunak ALLPILE, tersedia berbagai macam tipe pondasi atau jenis pile type. Keberagaman ini sangat menguntungkan karena mempermudah pengguna dalam melakukan perhitungan untuk berbagai jenis pondasi yang berbeda.

. ALLPILE menawarkan berbagai tipe pondasi untuk memenuhi kebutuhan perancangan yang beragam. Tipe-tipe pondasi yang disediakan antara lain:

2.6.1.1 *Drilled Pile (dia \leq 24 in or 61 cm):*

Jenis pondasi bor untuk diameter lebih kecil dari 61 cm.

2.6.1.2 *Drilled Pile (dia \geq 24 in or 61 cm):*

Jenis pondasi bor untuk diameter lebih besar dari 61 cm.

2.6.1.3 *Driving Steel Pile (open-ended):*

Jenis pondasi tiang pancang baja dengan ujung terbuka.

2.6.1.4 *Driving Steel Pile (close-ended):*

Jenis pondasi tiang pancang baja dengan ujung tertutup.

2.6.1.5 *Driving Concrete Pile:*

Jenis pondasi tiang beton yang dicor di tempat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan maksud dan tujuan untuk study analisis ini maka di perlukan tahapan- tahapan yang dibutuhkan sebagai berikut :

Tahap pertama adalah melakukan studi literatur dengan mengacu pada buku-buku teks dan jurnal-jurnal terkait yang membahas mengenai pondasi Sumuran.

Tahap kedua adalah melakukan peninjauan lokasi untuk mengumpulkan data dari proyek terkait .

Tahap ketiga adalah mengumpulkan data-data dari pihak kontraktor yaitu CV.Putra Manunggal.

Tahap keempat adalah melakukan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan berdasarkan data yang sudah ada.

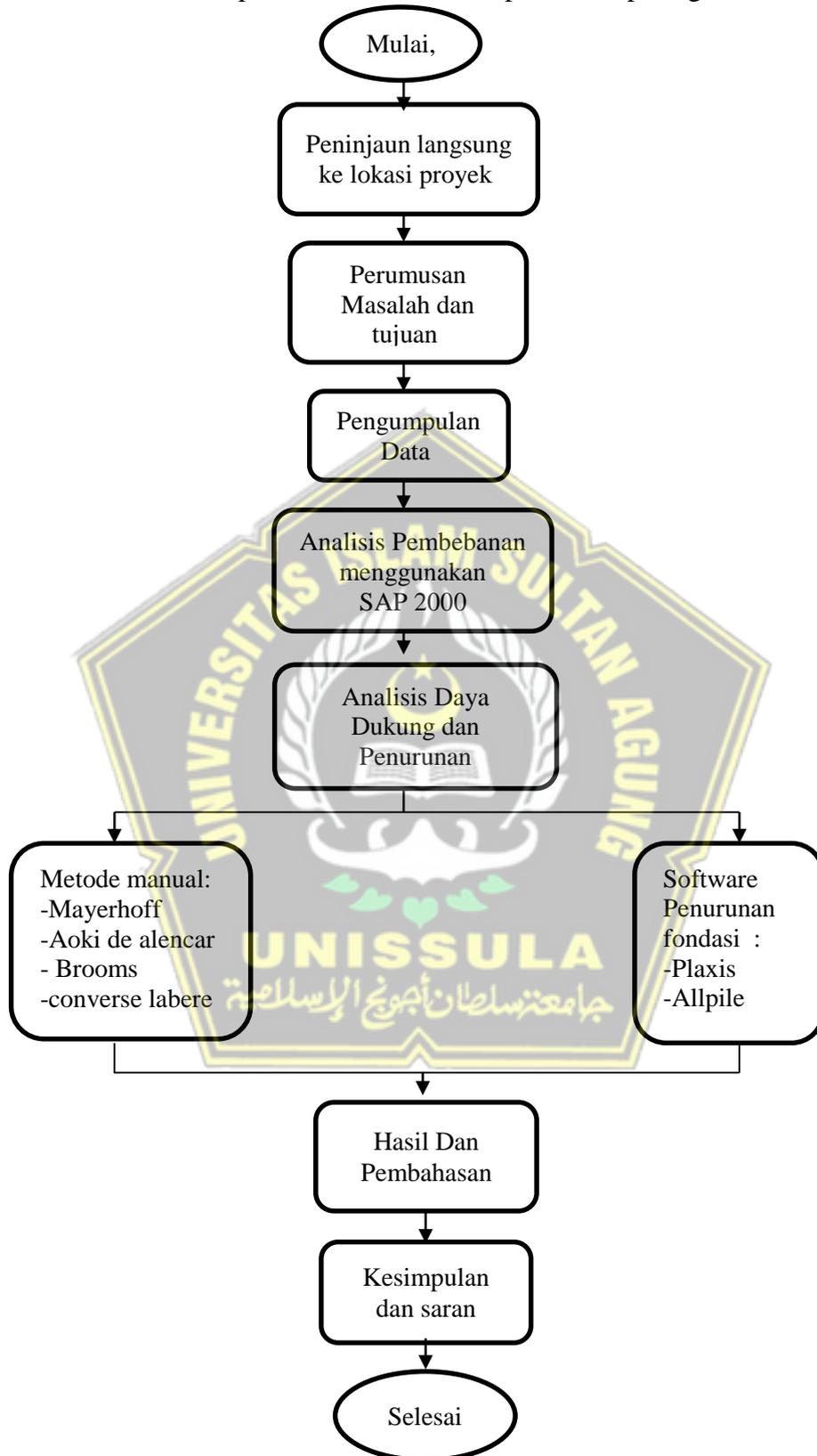
Tahap kelima adalah diskusi serta membahas tentang data data yang telah didapatkan bersama dosen pembimbing berdasarkan teori-teori terkait dalam pembahasan ini

Tahap Keenam adalah menghitung struktur atas jembatan menggunakan SAP 2000

Tahap Ketujuh adalah menghitung kapasitas daya dukung dan perhitungan penurunannya dengan metode manual maupun metode *software* PLAXIS V8.6 dan Allpile V6.5E

Tahap kedelapan adalah melakukan perhitungan dan membuat kesimpulan. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Berikut skema pelaksanaan analisis dapat dilihat pada gambar 3.1:



Gambar 3.1 Skema Pelaksanaan

3.1 Data Umum

Data umum dari proyek Pergantian Jembatan Gandu adalah sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Pergantian Jembatan Gandu Boyolali
2. Lokasi Proyek : Desa Gandu , Kec Klego Kab Boyolali
3. Pemilik Proyek : Kementerian Pekerjaan Umum
Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Binamarga
4. Konsultan Perencana : CV.Putra Manunggal
5. Kontraktor : CV. Amphida Yodha Enggenring
6. Nilai Kontrak : Rp. 3.047.283.00,-

3.2 Data Teknis

Data ini diperoleh dari lapangan menurut perhitungan dari pihak konsultan sebagai berikut :

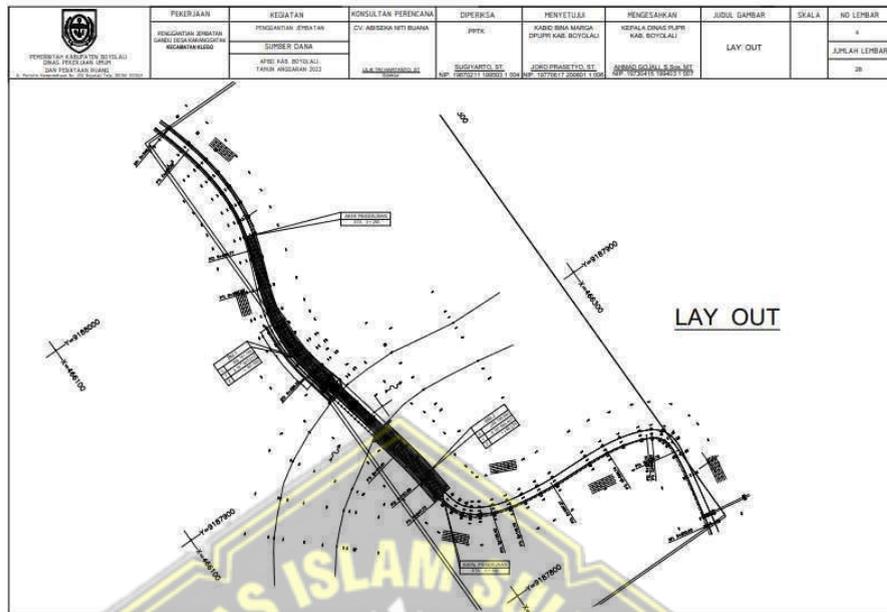
1. Panjang Fondasi Sumuran : 4 m
2. Dimensi Fondasi Sumuran : 3 m
3. Mutu Beton Fondasi Sumuran : Fc' 20 MPa atau K-225

Berikut data tanah yang di pakai pada untuk bahan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1

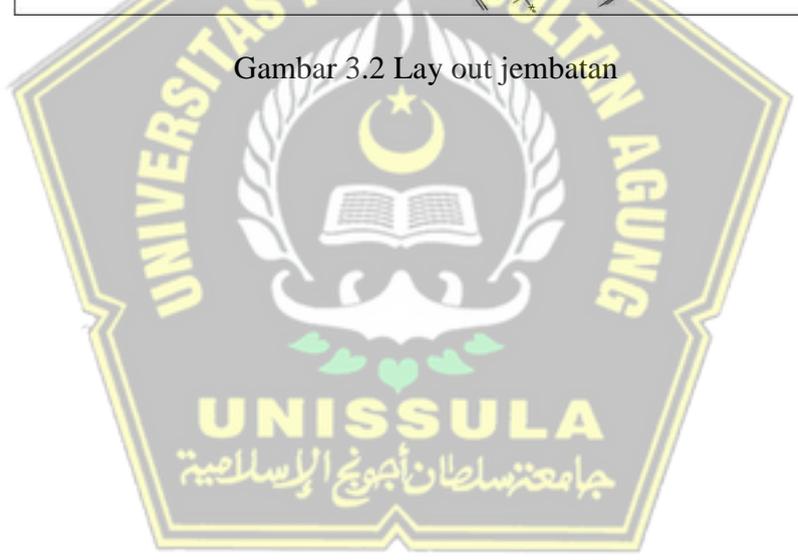
UNISQUA HAND AUGER BORE				
Project Site No Location		Penyelidikan Geoteknik : BT-1 Jembatan Gandu Kec. Klego Boyolali		Date Operator Discribed By Ground Water Level
				: 3/4/2022 : Achmad Muallimin : Agus Susanto, ST : - meter
Depth (m)	Thickness (m)	Sample Symbol	Layer Type	Rock/Soil Description
1			LEMPUNG kepasiran	coklat, teguh
2			LEMPUNG kepasiran	coklat, kaku
3	3.00 3.30		LEMPUNG kepasiran	coklat, sangat kaku
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Note :  : Sample

Gambar 3.2 Data tanah
Berikut layout jembatan gandu dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Lay out jembatan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

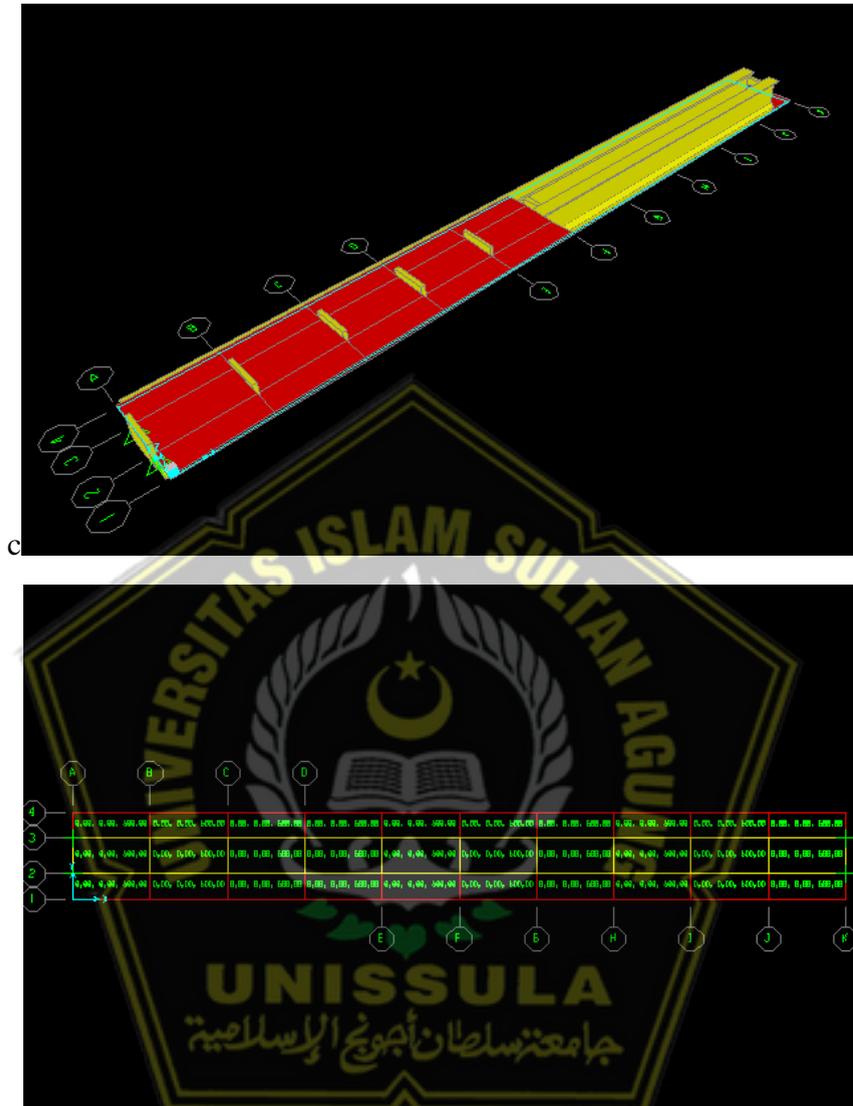
4.1 Tinjauan Umum

Bab ini berisi tentang analisis data yang di peroleh sebagai hasil pengilangan data real estat untuk pekerjaan kontruksi jembatan gandu boyolali , sebelumnya fondasi pada perencanaan menggunakan fondasi sumuran menggunakan menggunakan SNI-1726-2019 pondasi tersebut menggunakan diameter 3m , sedangkan pada tugas ahir ini akan menggunakan SNI-1727-2020 dan menghitung kembali dengan pondasi berukuran berdiameter 2,5m. Data tersebut digunakan untuk melakukan analisis daya dukung dan penurunan pondasi dengan menggunakan data survey tanah berupa hasil sondir. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, metode yang digunakan antara lain adalah metode Aoki dan De Alencar, serta metode Meyehoff. Sementara itu, untuk perhitungan penurunan pondasi, dilakukan secara manual dengan menggunakan metode Vesic. Selain itu, dalam analisis juga digunakan perangkat lunak PLAXIS V.8.6 dan software ALLPILE untuk mendukung perhitungan dan simulasi lebih lanjut terkait pondasi proyek Pergantian Jembatan Gandu.

Untuk mengetahui beban maksimum yang di topang oleh fondasi yang direncanakan , kami akan menggunakan perhitungan beban struktur atas dengan *software* SAP 2000. Yang mengacu pada SNI-1727-2020 sebagai pedoman perencanaan pembebanan untuk jembatan

4.2 Design Struktur Atas dengan Software SAP 2000 v.14

Besar gaya pada struktur atas yang ada pada jembatan akan di design menggunakan *software* SAP 2000 v.14. Gaya yang di dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya pada perencanaan fondasi sumuran



Gambar 4.1 Desain Struktur atas aplikasi SAP v.14

4.3 Pembebanan Struktur jembatan

Berikut adalah pembebanan yang digunakan untuk pembebanan jembatan yang mengacu pada SNI 1727-2020

4.3.1 Beban Mati

Berikut adalah beban mati yang digunakan untuk pembebanan jembatan ganduk :

2.6.1.6 Data plat lantai :

- Mutu beton = K-300 = 30 MPa
- Tebal plat lantai kendaraan (h) = 0,2 m
- Tebal Aspal (ta) = 5 cm
- Diameter tulangan rencana pokok (Dpokok) = 25 mm
- Diamter tulangan bagi rencana (Dbagi) = 16 mm
- Tebal beton selimut (p) = 5 cm
- Berat jenis bertulang (yc) = 25 kN/m³
- Berat jenis aspal (ya) = 22 kN/m³
- Panjang bentang (Ln) = 40
- Lebar jembatan (Bt) = 4 m
- Lebar jalur kendaraan (B2) = 3,5 m

Berikut adalah beban mati sendiri yang digunakan mengacu pada SNI 1727 : 2020, terlihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Beban Mati

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1.	Lapisan Permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2.	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3.	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4.	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam of ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5.	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245

(sumber : SNI 1727 : 2020)

2.6.1.7 Perhitungan pembebanan plat lantai jembatan

- Beban mati sendiri (MS)

Berat plat lantai kendaraan

$$\begin{aligned}Q_{ms} &= \gamma_c \times h \times Bt \\ &= 25 \times 0,2 \times 4 \\ &= 20 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

- Beban Mati tambahan (MA)

Lapisan Aspal

$$\begin{aligned}Q_{ma} &= \gamma_a \times t_a \times B2 \\ &= 22 \times 0,05 \times 3,5 \\ &= 3,85 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

4.3.2 Beban Lajur Lalu Lintas

Berikut adalah beban lajur lalu lintas yang digunakan untuk pembebanan jembatan gandu :

Tabel 4.2 Jumlah lajur lalu lintas rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
Dua Arah, tanpa Median	$5250 \leq w < 7500$	2
	$7500 \leq w < 10.000$	3
	$10.000 \leq w < 12.500$	4
	$12.500 \leq w < 15.250$	5
	$w \geq 15.250$	6
Dua Arah, dengan Median	$5500 \leq w \leq 8000$	2
	$8250 \leq w \leq 10.750$	3
	$11.000 \leq w \leq 13.500$	4
	$13.750 \leq w \leq 16.250$	5
	$w \geq 16.500$	6

(Sumber : SNI 1727 : 2020)

Berdasarkan tabel jumlah lajur lalu lintas rencana diatas jembatan gandu termasuk jenis 1 jalur , karena lebar jembatan 4000 mm atau meter dan menggunakan 1 jalur lalu lintas rencana.

Tabel 4.3 Faktor Beban Untuk Beban Lajur

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1727 : 2020)

Berdasarkan tabel faktor beban di atas Jembatan Gandu termasuk jembatan Boks Girder , maka faktor beban keadaan batas layan 1,0 dan faktor beban keadaan batas ultimit 1,80.

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani seperti berikut :

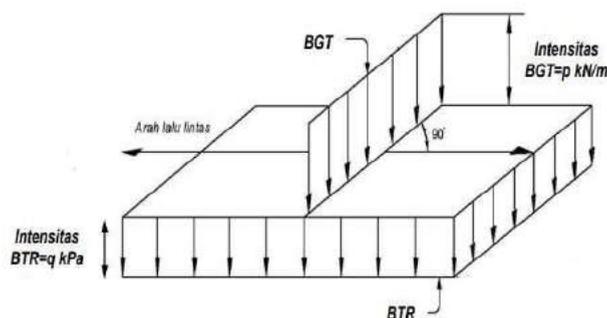
$$\text{Jika } L \leq 45 \text{ m : } q = 10,0 \text{ kPa}$$

$$\text{Jika } L > 45 \text{ m : } q = 10,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

Keterangan :

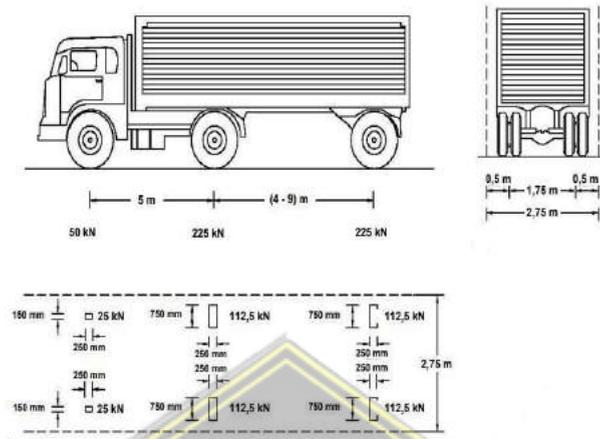
q : adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L : adalah Panjang total jembatan yang di bebani (meter)



Gambar 4.2 Beban Hidup Truk (SNI 1727 : 2020)

Berdasarkan penjelasan dan gambar diatas jembatan pelangi mempunyai intensitas beban merata sebesar 10,0 kPa, karena mempunyai panjang jembatan 40 m atau ≤ 45 m.



Gambar 4.3 Beban Hidup Truk (SNI 1727 : 2020)

Tabel 4.4 Klasifikasi Jalan

Kelas fungsional		Kelas rencana		
		Tipe I : kelas	Tipe II	kelas
Primer	Arteri	I	Semua lalu lintas	I
	Kolektor	II	≥ 10.000	II
Sekunder	Arteri	II	≥ 20.000	I
	Kolektor	NA	< 20.000	II
			≥ 6.000	II
	Lokal	NA	< 6.000	III
≥ 500			III	
			< 500	IV

(sumber : Sumber SNI 1727 : 2020)

Berdasarkan tabel klasifikasi jalan diatas jembatan gandu termasuk dalam jenis kelas fungsional sekunder lokal.

4.3.3 Pengaruh Gempa

Perencanaan jembatan bertujuan untuk mengurangi risiko keruntuhan dan mempertimbangkan kemungkinan kerusakan yang signifikan serta gangguan pelayanan yang mungkin terjadi akibat gempa. Dalam beberapa situasi, penggantian sebagian atau seluruh struktur jembatan mungkin diperlukan untuk mencapai tingkat kinerja yang lebih tinggi, termasuk kinerja operasional.

Tabel 4.5 Faktor Akibat Gempa

Jangka waktu	Faktor beban		
	γ_{BF}^S	γ_{BF}^U	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1,0	1,3	0,8

CATATAN (1) Gaya akibat gesekan pada perletakan terjadi selama adanya pergerakan pada bangunan atas, tetapi gaya sisa mungkin terjadi setelah pergerakan berhenti. Dalam hal ini gesekan pada perletakan harus memperhitungkan adanya pengaruh tetap yang cukup besar.

(sumber : Sumber SNI 1727 : 2020)

a. Dalam perencanaan jembatan, perlu diselidiki getaran yang terjadi pada keadaan batas daya layan terhadap getaran. Sebuah lajur lalu lintas rencana dengan pembebanan "beban lajur D" dan faktor beban 1,0 harus ditempatkan sepanjang bentang untuk memperoleh lendutan statis maksimum pada jembatan. Namun, lendutan ini tidak boleh melebihi batas yang ditentukan dalam Gambar 30 agar tingkat kegunaan bagi pejalan kaki tetap terpenuhi. Perencanaan ini penting untuk memastikan jembatan memiliki kinerja yang aman dan nyaman bagi semua penggunanya.



Gambar 4.4 Gambar Lendutan Akibat Gempa

Tabel 4.6 Hasil *Output Element Forces-Frames*

TABLE: Element Joint Forces - Frames										
Frame	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3	FrameElem
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text
1	17	1,1D+1,2L	Combination	0	0	-32811157	50699,7644	11440000000	0	1-6
1	19	1,1D+1,2L	Combination	0	0	195278317,5	-50699,7644	-10990000000	0	1-6
1	19	1,4D	Combination	0	0	-332069105	113250,4814	13980000000	0	1-7
1	21	1,4D	Combination	0	0	538848545	-113250,481	-12240000000	0	1-7
1	19	1,8L	Combination	0	0	16887,164	-8,312	-600026,77	0	1-7
1	21	1,8L	Combination	0	0	-20487,164	8,312	525278,113	0	1-7
1	19	1,1D+1,2L	Combination	0	0	-260900182	111834,1227	10980000000	0	1-7
1	21	1,1D+1,2L	Combination	0	0	423367342	-111834,123	-9615073488	0	1-7
1	21	1,4D	Combination	0	0	-622379843	32104,0735	12230000000	0	1-8
1	23	1,4D	Combination	0	0	829159283	-32104,07	-9326947336	0	1-8
1	21	1,8L	Combination	0	0	29345,6	-14,1765	-524944,07	0	1-8
1	23	1,8L	Combination	0	0	-32945,6	14,1765	400361,6717	0	1-8
1	21	1,1D+1,2L	Combination	0	0	-488993170	25700,8924	9608955855	0	1-8
1	23	1,1D+1,2L	Combination	0	0	651460330	-25700,892	-7328048856	0	1-8
1	23	1,4D	Combination	0	0	-912668493	46551,9921	9315239563	0	1-9
1	25	1,4D	Combination	0	0	1119447933	-46551,99	-5251006712	0	1-9
1	23	1,8L	Combination	0	0	41801,655	-22,2482	-399858,25	0	1-9
1	25	1,8L	Combination	0	0	-45401,655	22,2482	225451,6307	0	1-9
1	23	1,1D+1,2L	Combination	0	0	-717068805	36863,1616	7318850227	0	1-9
1	25	1,1D+1,2L	Combination	0	0	879535965	-36043,16	-4125640687	0	1-9
1	25	1,4D	Combination	0	0	-1203037376	124684,249	5235500791	0	1-10

Dari hasil *output element forces-frame software Sap2000 V.14* Tabel 4.6 dihasilkan beban maksimum sebesar 124684,249 kN

4.4 Data Perencanaan

Spesifikasi umum pada data perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Panjang jembatan : 40
2. Lebar jembatan : 4 m
3. Fungsi bangunan : Jembatan Lokal
4. Jenis Kontruksi : Balok Girder
5. Jenis fondasi : Fondasi Dangkal
6. Diameter fondasi : 300 cm
7. Mutu beton : K- 300

4.5 Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran Diameter 3 m

Untuk menganalisis daya dukung fondasi Sumuran didapat data fondasi sebagai berikut :

1. Diameter (D) = 300 cm

2. Kedalaman (L) = 350 cm = 3,5 m
3. Keliling (O) = $\pi \times d$
= 3,14 x 300
= 942 cm = 9,42 m
4. Luas selimut tiang (As) = $\pi \times d \times L$
= 3,14 x 300 x 350
= 329700 cm² = 327,280 m²
5. Luas Penampang Tiang (Ap) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 300^2$
= 70650 cm² = 7,0650 m²

Tabel 4.7 Data Tanah

DUTCH CONE PENETRATION TEST											
Project : Penyelidikan Tanah Berupa Sondir Untuk Pembangunan Jembatan Gandu						Point No. : SD 1					
Location : Desa Gandu Kec. Klego Kab. Boyolali						Date : 3 April 2022					
Koordinat : X : -7.346918						Tested by : Achmad Muallimin					
: Y : -110.693712											
Depth	qc	qc + F	LF	FR	TF	Depth	qc	qc + F	LF	FR	TF
m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	kg/cm	m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	kg/cm
0,00					20,0	8,00					
0,20	23,0	31,0	0,8	3,5	36,0	8,20					
0,40	25,0	35,0	1,0	4,0	56,0	8,40					
0,60	25,0	34,0	0,9	3,6	74,0	8,60					
0,80	30,0	40,0	1,0	3,3	94,0	8,80					
1,00	35,0	43,0	0,8	2,3	110,0	9,00					
1,20	40,0	48,0	0,8	2,0	126,0	9,20					
1,40	50,0	60,0	1,0	2,0	146,0	9,40					
1,60	75,0	83,0	0,8	1,1	162,0	9,60					
1,80	90,0	100,0	1,0	1,1	182,0	9,80					
2,00	115,0	124,0	0,9	0,8	200,0	10,00					
2,20	135,0	145,0	1,0	0,7	220,0	10,20					
2,40	150,0	160,0	1,0	0,7	240,0	10,40					
2,60	175,0	184,0	0,9	0,5	258,0	10,60					
2,80	190,0	198,0	0,8	0,4	274,0	10,80					
3,00	200,0	210,0	1,0	0,5	294,0	11,00					
3,20	220,0	228,0	0,8	0,4	310,0	11,20					
3,40	230,0	245,0	1,5	0,7	340,0	11,40					
3,60	235,0	250,0	1,5	0,6	370,0	11,60					
3,80						11,80					
4,00						12,00					

4.5.1 Perhitungam Daya dukung Fondasi Sumuran Metode Aoki de Alencar (1975)

Untuk Perhitungan kapasitas daya dukung fondasi sumuran berdasarkan data sondir / *Cone Penetration Test* (CPT) dengan Metode Aoki de Alencar (1975) sebagai berikut :

- a. Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_p) pada tanah kohesif dengan perlawanan konus rata-rata pada kedalaman 1,5 kali diameter (D) di atas dan di bawah ujung tiang..

Tabel 4.8 Nilai q_c Dasar Tiang

Kedalaman	q_c (kg/cm ²)
2,8	190
3,0	200
3,2	220
3,4	230
3,5	235
Jumlah	1075

Maka nilai q_c rata –rata adalah :

$$Q_{ca}(\text{base}) = \frac{\sum q_c}{n} = \frac{1075}{5} = 215.0 \text{ Kg/cm}^2$$

Dari persamaan (2.6), kita dapat menghitung kapasitas daya dukung ujung per satuan luas. (q_p)

$$q_p = \frac{q_{ca}(\text{base})}{F_b} \text{ (nilai } f_b \text{ dari tabel 2.2 , Tiang bor = 3,5)}$$

$$q_p = \frac{215,0}{3,5} = 61,429 \text{ kg /cm}^2$$

Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p) :

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$= 61,429 \times 70650$$

$$= 4339928,571 \text{ kg}$$

$$= 43399,29 \text{ kN}$$

- b. Perhitungan kapasitas dukung kulit (Q_s) pada tanah kohesif

Dari persamaan (2.7), kita dapat menghitung kapasitas dukung kulit (Q_s) per satuan luas (f) pada kedalaman fondasi.

Tabel 4.9 Nilai qc pada Selimut Tiang

Kedalaman	(qc kg/cm ²)
1	35
2	115
3	200
3,6	235
Rata-Rata	585

qc (side) = Perlawanan konus rata-rata untuk masing-masing lapisan sepanjang tiang

$$qc \text{ (side)} = \frac{585}{4} = 146,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = qc \text{ (side)} \frac{a_s}{F_s} \text{ (nilai } F_s \text{ dari tabel 2.2)}$$

$$f = 146,3 \times \frac{0,03}{7} = 0,627 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung kulit (Qs)

$$Q_s = f \times A_s$$

$$= 0,627 \times 329700$$

$$= 206651,250 \text{ kg}$$

$$= 2066,51 \text{ kN}$$

c. Perhitungan daya dukung ultimat fondasi berdasarkan persamaan (2.3)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 43399,29 + 2066,51$$

$$= 45465,80 \text{ kN}$$

d. Perhitungan daya dukung ijin fondasi berdasarkan persamaan (2.4)

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$= \frac{45465,80}{3}$$

$$= 15155,27 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan metode Aoki de Alencar, diperoleh kapasitas daya dukung ultimat sebesar 45465,80 kN dan kapasitas daya dukung ijin sebesar 15155,27 kN. Selanjutnya, hasil perhitungan kapasitas daya dukung berdasarkan

data sondir/CPT dengan metode Aoki de Alencar dilihat pada Tabel 4.10.

4.5.2 Perhitungan Daya dukung fondasi sumuran Metode Mayerhoff

Untuk menghitung daya dukung pondasi sumuran metode Mayerhoff (1976) dengan kedalaman tanah 3,5 m , berdasarkan Persamaan (2,8) adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan daya dukung ujung tiang berdasarkan Persamaan (2.8)

$$\begin{aligned} Q_p &= q_c \times A_p / 3 \\ &= 235 \times 70650 / 3 \\ &= 5534250,000 \text{ kg} \\ &= 55342,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan daya dukung selimut fondasi sumuran berdasarkan persamaan (2.8)

$$\begin{aligned} Q_s &= JHP \times Kt / 5 \\ &= 370 \times 946 / 5 \\ &= 69708,000 \text{ kg} \\ &= 697,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

- c. Perhitungan daya dukung ultimate fondasi berdasarkan persamaan (2.3)

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 55342,50 + 697,08 \\ &= 56039,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan daya dukung ijin fondasi berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{56039,58}{3} \\ &= 18678,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan metode Mayerhoff, diperoleh kapasitas daya dukung ultimit sebesar 56034,20 kN dan kapasitas daya dukung izin sebesar 18678,76 kN. Selanjutnya, untuk hasil perhitungan kapasitas daya dukung berdasarkan data sondir/CPT dengan metode Mayerhoff dilihat pada Tabel 4.11



Tabel 4.10 Hasil Daya dukung pondasi sumuran metode Aoki dealencar

Dept (m)	qca (base) (kg)	qc (side) (kg)	qp (kg)	f (kg)	As (cm ²)	Ap (cm ²)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qu (kN)	Qall (kN)
1	27,6	35,000	7,886	0,150	329700	70650	5571,26	494,55	6065,81	2021,94
2	74	75,000	21,143	0,321	329700	70650	14937,43	1059,75	15997,18	5332,39
3	170,0	116,667	48,571	0,500	329700	70650	34315,71	1648,50	35964,21	11988,07
3,6	215,0	146,250	61,429	0,627	329700	70650	43399,29	2066,51	45465,80	15155,27

Tabel 4.11 Hasil Daya dukung pondasi sumuran metode Mayerhoff

Dept (m)	qc (kg/)	JHP (kg)	K (cm ²)	Ap (cm ²)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qall (kN)
1	35	110	942	70650	8242,50	207,24	8449,74
2	115	200	942	70650	27082,50	376,80	27459,30
3	200	294	942	70650	47100,00	553,90	47653,90
3,6	235	370	942	70650	55342,50	697,08	56039,58

4.5.3 Perhitungan jarak antar fondasi Sumuran dan jarak As Ke tepi

Perhitungan jarak antar fondasi sumuran berdasarkan persamaan adalah sebagai berikut :

$$S \leq D = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh hasil jarak antar pondasi sumuruan sebesar 1,5 m.

4.5.4. Kebutuhan jumlah fondasi sumuran

Untuk menentukan banyaknya fondasi yang dibutuhkan dalam kelompok tiang bedasarkan persamaan adalah sebagai berikut :

$$\text{Beban (p)} = 124684,24 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{q_{ijin}} \\ &= \frac{12468,4}{5603,598} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh jumlah fondasi sumuran sebanyak 2 buah.

4.5.5 Efisiensi Daya dukung Tiang

Perhitungan efisiensi daya dukung tiang dengan menggunakan metode Converse-Labarre berdasarkan Persamaan (2.14) adalah sebagai berikut :

Perhitungan efisiensi tiang dengan jumlah 2 buah

$$\theta = \text{Arg. tg.} \frac{D}{S} = \text{Arc.} \frac{0,5}{1,5} = 18,86$$

$$n = 1 ; m = 3$$

$$\Pi = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right) \cdot \theta$$

$$= 1 - \left(\frac{(1-1)3 + (3-1)1}{90.1.3} \right) \cdot \theta$$

$$= 0,86$$

$$Q_g = n \times q_{ijin} \times \Pi$$

$$= 141886,7 \text{ kN}$$

Didapatkan $P (124684,24 \text{ kN}) \leq Q_g (141886,7 \text{ kN})$ maka **AMAN**

4.5.6. Perhitungan Daya Dukung lateral fondasi sumuran

Perhitungan daya dukung lateral fondasi Sumuran berdasarkan persamaan 2.10

adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$\gamma = 1,6 \text{ t} = 16 \text{ kN}$$

$$\theta = 28,32^\circ$$

$$KP = \frac{1}{ka} = \frac{1}{\tan(45 - \frac{\theta}{2})} = 1 \frac{1}{\tan(\frac{45}{28,32})} = \frac{1}{0,4125} = 2,42$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$D = 3 \text{ m}$$

$$\eta h = 150 \text{ kN/m}^3$$

$$L = 3,5 \text{ m}$$

❖ Untuk mengecek kekakuan tiang pondasi sumuran, berdasarkan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut :

$$E = 4700 \times \sqrt{30} \\ = 25742,96 \text{ kN/m}^3$$

❖ Berikut adalah perhitungan kekakuan tiang fondasi, berdasarkan persamaan (2.12)

$$I = \frac{1}{6} \times \pi \times d^4 \\ = \frac{1}{6} \times 3,14 \times 3^4 \\ = 42,39 \text{ m}^4$$

❖ Faktor kekakuan R dan T

Berikut adalah perhitungan faktor kekakuan pada tanah ganular, berdasarkan persamaan (2.13) dan (2.25)

$$T = \sqrt[5]{\frac{E \times I \times 42,39}{150}} \\ = 2,245$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 2,245$$

$$= 8,8 \text{ m}$$

Dari hasil yang di dapatkan, $L(3,5\text{m}) < 4T(8,8)$, Sehingga tiang fondasi merupakan tiang fondasi tidak elastis

❖ Cek keruntuhan tanah

Untuk mengecek Perhitungan keruntuhan tanah berdasarkan persamaan (2.15) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= D \times Y \times L^3 \times K_p \\
 &= 3 \times 16 \times 3,5^2 \times 2,42 \\
 &= 1422,96 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

❖ Karena pada tiang pondasi sumuran dan ujung jepit, $M_{max} > M_y$, dan asumsi $M_y = 1500 \text{ kN/m}$. Sedangkan untuk perhitungannya sesuai dengan persamaan (2.16) adalah sebagai berikut :

• Berikut adalah perhitungan jarak kedalaman titik dimana gaya geser = 0(m), berdasarkan Persamaan (2.16)

$$\begin{aligned}
 &= 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{dxkpxY}} \\
 f &= 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{3 \times 2,42 \times 16}} \\
 &= 1,579 \sqrt{Hu}
 \end{aligned}$$

• Berikut adalah perhitungan daya dukung lateral tiang ,berdasarkan Persamaan (2.15)

$$\begin{aligned}
 Hu &= \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \\
 &= \frac{2 \times 1500}{0 + 2(1,579 \sqrt{hu}) \frac{1}{3}} \\
 &= 2857,14 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

• Berikut adalah perhitungan daya dukung lateral izin tiang , berdasarkan persamaan (2.17)

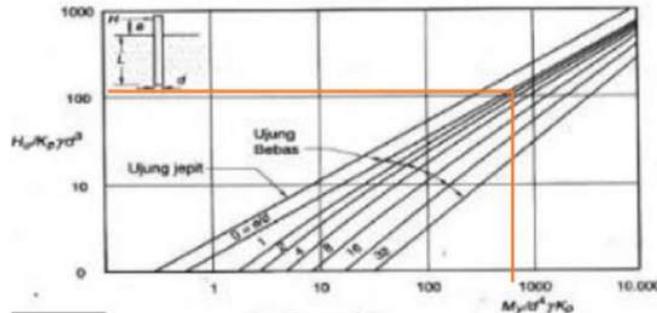
$$\begin{aligned}
 H_{izin} &= \frac{Hu}{St} \\
 &= \frac{2857,14}{3} \\
 &= 952,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

❖ Daya dukung ultimit fondasi sumuran terhadap gaya lateral berdasarkan grafik. Dibawah ini adalah perhitungan daya dukung ultimit fondasi sumuran :

$$\begin{aligned}
 \text{Tahanan momen ultimit} &= \frac{My}{D^4 \times Y \times k_p} \\
 &= \frac{1500}{3^4 \times 16 \times 2,42}
 \end{aligned}$$

$$= 7124,37 \text{ Kn}$$

Nilai tahanan ultimit didapatkan 712,437 Kn, lalu di input ke dalam grafik, dilihat pada gambar 4.3 didapat sebesar 215.



Gambar 4.5 Tahanan Ultimit Fondasi Sumuran

$$2157 = \frac{Hu}{K_p x y x d^4}$$

$$\begin{aligned} Hu &= 2157 \times 2,42 \times 16 \times 3^4 \\ &= 137083,69 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh tahanan ultimit fondasi sumuran sebesar 137083,69 kN.

4.5.6 Penurunan Tiang tunggal

Perhitungan penurunan tiang tunggal menurut vesic, berdasarkan persamaan adalah sebagai berikut :

Fc'	= 30 Mpa
Beban yang diterima ujung tiang (Qwp)	= 2534,00 kN
Beban yang diterima selimut tiang (Qws)	= 697,08 kN
Modulus elastisitas tiang (Ep)	= 23452952,9 Mpa
Distribusi tahanan sepanjang tiang (qp)	= 35,867 kN
Koefisien empiris (Cp)	= 0,06
Diameter tiang (D)	= 3 m
Panjang tiang (L)	= 3,5
Ap	= 7,065 m ²
Es	= 50000
lws	= 2,378 m
Jumlah sambungan pada tiang	= 1

- Berikut adalah perhitungan Penurunan pondasi akibat batang (S1), berdasarkan persamaan (2.25)

$$\begin{aligned}
 S1 &= \frac{(Q_{wp} + s \times Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \\
 &= \frac{(2534,00 + 0,6 \times 697,08) \times 3,5}{7,065 \times 23452952,9} \\
 &= 0,0001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berikut adalah perhitungan penurunan fondasi akibat beban ujung (S_2), berdasarkan persamaan (2.26)

$$\begin{aligned}
 S2 &= \frac{Q_{wp} \times l_p}{D \times q_p} \\
 &= \frac{(253,400 \times 0,06)}{3 \times 35,867} \\
 &= 0,1003 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 lws &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \\
 &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{3,5}{3}} \\
 &= 2,378 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berikut adalah perhitungan penurunan fondasi akibat beban yang disalurkan sepanjang selimut (S_3), berdasarkan persamaan (2.27)

$$\begin{aligned}
 S3 &= \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - u_2) \times lws \\
 &= \frac{253,400}{1 \times 3,5} \times \frac{3}{50000} \times (1 - 0,06) \times 2,378 \\
 &= 0,1261 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Untuk perhitungan total penurunan (S_t), Berdasarkan Persamaan (2.28) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_t &= S1 + S2 + S3 \\
 &= 0,0001 + 0,1003 + 0,1261 \\
 &= 0,2265 \text{ m} \\
 &= 2,265 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Penurunan yang diizinkan adalah $S_{izin} = 10 \% \times 30 = 3 \text{ cm}$

Maka penurunan total tiang total tunggal **AMAN**, karena $2,265 \text{ cm} < 3 \text{ cm}$

4.5.7 Waktu Penurunan Tanah Fondasi Sumuran

Perhitungan penurunan tanah pada fondasi tiang sumuran, berdasarkan persamaan

(2.31) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Faktor waktu (Tv)} &= 0,403 \\ \text{Derajat konsolidasi (Cv)} &= 0,0045 \text{ m}^2/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= \frac{Tv \times H^2}{Cv} \\ &= \frac{0,403 \times 3,5^2}{0,0045} \\ &= 1097,056 \text{ jam} = 0,125 \text{ tahun}\end{aligned}$$

Jadi waktu penurunan fondasi sumuran adalah selama 0,125 per tahun.

4.6 Analisa Daya Dukung Fondasi Sumuran Diameter 2,5 m

Untuk menganalisis daya dukung fondasi Sumuran didapat data fondasi sebagai berikut :

1. Diameter (D) = 250 cm
2. Kedalaman (L) = 350 cm = 3,5 m
3. Keliling (O) = $\pi \times d$
= 3,14 x 250
= 785 cm = 7,85 m
4. Luas selimut tiang (As) = $\pi \times d \times L$
= 3,14 x 250 x 350
= 274750 cm² = 274,750 m²
5. Luas Penampang Tiang (Ap) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 250^2$
= 49062 cm² = 4,9062 m²

4.6.1 Perhitungam Daya dukung Fondasi Sumuran Metode Aoki dan Delancer (1975)

Untuk Perhitungan kapasitas daya dukung fondasi sumuran berdasarkan data sondir / *Cone Penetration Test* (CPT) dengan Metode Aoki de Alencar (1975) sebagai berikut :

- a. Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_p) pada tanah kohesif dengan perlawanan konus rata-rata pada kedalaman 1,5 kali diameter (D) di atas dan di bawah ujung tiang.

Tabel 4.12 Nilai q_c Dasar Tiang

Kedalaman	q_c kg/cm ²)
2,8	190
3,0	200
3,2	220
3,4	230
3,5	235
rata rata	1075

Maka nilai q_c rata –rata adalah :

$$Q_{ca}(\text{base}) = \frac{\sum q_c}{n} = \frac{1075}{5} = 215.0 \text{ Kg/cm}^2$$

Dari persamaan (2.6), kita dapat menghitung kapasitas daya dukung ujung per satuan luas. (q_p)

$$q_p = \frac{q_{ca}(\text{base})}{F_b} \text{ (nilai } f_b \text{ dari tabel 2.2 , Tiang bor = 3,5)}$$

$$q_p = \frac{215,0}{3,5} = 61,429 \text{ kg /cm}^2$$

Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p) :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 61,429 \times 49062,5 \\ &= 3013860,31 \text{ kg} \\ &= 30138,860 \text{ kN} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan kapasitas dukung kulit (Q_s) pada tanah kohesif

Dari persamaan (2.7) , kapasitas dukung kulit persamaan luas (f) pada kedalaman fondasi

$$L= 3,5.$$

Tabel 4.13 Nilai qc pada Selimut Tiang

Kedalaman	qc kg/cm ²)
1	35
2	115
3	200
3,5	235
Rata-Rata	585

qc (side) = Perlawanan konus rata-rata untuk masing-masing lapisan sepanjang tiang

$$qc \text{ (side)} = \frac{585}{4} = 146,3 \text{ kg /cm}^2$$

$$f = qc \text{ (side)} \frac{as}{Fs} \text{ (nilai } Fs \text{ dari tabel 2.2)}$$

$$f = 146,3 \times \frac{0,03}{7} = 0,627 \text{ kg /cm}^2$$

Kapasitas dukung kulit (Qs)

$$\begin{aligned} Qs &= f \times As \\ &= 0,627 \times 274750 \\ &= 172209,375 \text{ kg} \\ &= 1722,09 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Perhitungan daya dukung ultimat fondasi berdasarkan persamaan (2.3)

$$\begin{aligned} Qu &= Qp + Qs \\ &= 30138,860 + 1722,09 \\ &= 31860,49 \text{ kN} \end{aligned}$$

d. Perhitungan daya dukung ijin fondasi berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} Qall &= \frac{Qu}{SF} \\ &= \frac{31860,49}{3} \\ &= 10620,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan metode Aoki de Alencar, diperoleh kapasitas daya dukung ultimit sebesar 31860,49 kN dan kapasitas daya dukung izin sebesar 10620,16 kN. Selanjutnya, untuk hasil perhitungan kapasitas daya dukung berdasarkan data sondir/CPT dengan metode Aoki de Alencar dapat

dilihat pada tabel 4.14.

4.6.2 Perhitungan Daya dukung fondasi sumuran Metode Mayerhoff

Untuk menghitung daya dukung pondasi sumuran metode Mayerhoff (1976) dengan kedalaman tanah 3,5 m , berdasarkan Persamaan (2,8) adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan daya dukung ujung tiang berdasarkan Persamaan (2.8)

$$\begin{aligned} Q_p &= q_c \times A_p / 3 \\ &= 235 \times 49062,5 / 3 \\ &= 3843229,167 \text{ kg} \\ &= 38433,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan daya dukung selimut fondasi sumuran berdasarkan persamaan (2.8)

$$\begin{aligned} Q_s &= JHP \times Kt / 5 \\ &= 370 \times 785 / 5 \\ &= 58090,000 \text{ kg} \\ &= 580,90 \text{ kN} \end{aligned}$$

- c. Perhitungan daya dukung ultimate fondasi berdasarkan persamaan (2.3)

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 38433,29 + 580,90 \\ &= 39014,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan daya dukung ijin fondasi berdasar persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{39014,19}{3} \\ &= 13004,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan metode Mayerhoff, diperoleh kapasitas daya dukung ultimit sebesar 39014,19 kN dan kapasitas daya dukung izin sebesar 13004,73 kN. Selanjutnya, untuk hasil perhitungan kapasitas daya dukung berdasarkan data sondir/CPT dengan metode Mayerhoff dapat dilihat pada Tabel 4.15



Tabel 4.14 Hasil Daya dukung pondasi sumuran metode Aoki dealencar

Dept (m)	qca (base) (kg)	qc (side) (kg)	qp (kg)	f (kg)	As (cm ²)	Ap (cm ²)	Qp (kN)	Qs (kN/ m ²)	Qu (kN)	Qall (kN)
1	27,6	35,000	7,886	0,150	274750	49062,5	3868,93	412,13	4281,05	1427,02
2	74	75,000	21,143	0,321	274750	49062,5	10373,21	883,13	11256,34	3752,11
3	170,0	116,667	48,571	0,500	274750	49062,5	23830,36	1373,75	25204,11	8401,37
3,5	215,0	146,250	61,429	0,627	274750	49062,5	30138,39	1722,09	31860,49	10620,16

Tabel 4.15 Hasil Daya dukung pondasi sumuran metode Mayerhoff

Dept (m)	qc (kg)	JHP (kg/)	K (cm ²)	Ap (cm ²)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qall (kN/)
1	35	110	785	49062,5	5723,96	172,70	5896,66
2	115	200	785	49062,5	18807,29	314,00	19121,29
3	200	294	785	49062,5	32708,33	461,58	33169,91
3,5	235	370	785	49062,5	38432,29	580,90	39013,19

4.6.3 Perhitungan jarak antar fondasi Sumuran dan jarak As Ke tepi

Perhitungan jarak antar fondasi sumuran berdasarkan persamaan adalah sebagai berikut :

$$S \leq D = 2,5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh hasil jarak antar pondasi sumuruan sebesar 1,25 m.

4.6.4. Kebutuhan jumlah fondasi sumuran

Untuk menentukan banyaknya fondasi yang dibutuhkan dalam kelompok tiang bedasarkan persamaan adalah sebagai berikut :

$$\text{Beban (p)} = 124684,24 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{Q_{ijin}} \\ &= \frac{124684,24}{53901,309} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh jumlah fondasi sumuran sebanyak 2 buah.

4.6.5 Efisiensi Daya dukung Tiang

Perhitungan efisiensi daya dukung tiang dengan menggunakan metode Converse-Labarre berdasarkan Persamaan (2.14) adalah sebagai berikut :

Perhitungan efisiensi tiang dengan jumlah 2 buah

$$\theta = \text{Arg. tg.} \frac{D}{S} = \text{Arc.} \frac{0,5}{1,5} = 17,86$$

$$n = 1 ; m = 3$$

$$\Pi = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \cdot \theta$$

$$= 1 - \left(\frac{(1-1)3 + (3-1)1}{90 \cdot 1 \cdot 3} \right) \cdot \theta$$

$$= 0,79$$

$$Q_g = n \times q_{ijin} \times \Pi$$

$$= 131083,69 \text{ kN}$$

Didapatkan $P (124684,24 \text{ kN}) \leq Q_g (129698,69 \text{ kN})$ maka **AMAN**

4.5.5. Perhitungan Daya Dukung lateral fondasi sumuran

Perhitungan daya dukung lateral fondasi Sumuran berdasarkan persamaan 2.10

adalah sebagai berikut :

$$\gamma = 1,6 \text{ t} = 16 \text{ kN}$$

$$\theta = 28,32^\circ$$

$$KP = \frac{1}{ka} = \frac{1}{\tan\left(45 - \frac{\theta}{2}\right)} = 1 \frac{1}{\tan\left(\frac{45}{2} - 14,16\right)} = \frac{1}{0,4125} = 2,42$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$D = 2,5 \text{ m}$$

$$q_h = 150 \text{ kN}$$

$$L = 3,5 \text{ m}$$

❖ Untuk mengecek kekakuan tiang pondasi sumuran, berdasarkan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut :

$$E = 4700 \sqrt{30} \\ = 25742,96 \text{ kN}$$

❖ Berikut adalah perhitungan kekakuan tiang fondasi, berdasarkan persamaan (2.12)

$$I = \frac{1}{6} \pi d^4 \\ = \frac{1}{6} \pi (2,5)^4 \\ = 20,44 \text{ m}^4$$

❖ Faktor kekakuan R dan T

Berikut adalah perhitungan faktor kekakuan pada tanah ganular, berdasarkan persamaan (2.13) dan (2.25)

$$T = \sqrt{\frac{E_p \times 42,39}{150}} \\ = 2,245$$

$$4T = 4 \times T \\ = 4 \times 2,245 \\ = 8,8 \text{ m}$$

Dari hasil yang di dapatkan, $L(3,5\text{m}) < 4T (8,8)$, Sehingga tiang fondasi merupakan tiang fondasi tidak elastis

❖ Cek keruntuhan tanah

Untuk mengecek Perhitungan keruntuhan tanah berdasarkan persamaan (2.15) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= D \times Y \times L^3 \times Kp \\
 &= 2,5 \times 16 \times 3,5^2 \times 2,42 \\
 &= 1185,8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

❖ Karena pada tiang pondasi sumuran dan ujung jepit, $M_{max} > M_y$, dan asumsi $M_y = 1500 \text{ kN/m}$. Sedangkan untuk perhitungannya sesuai dengan persamaan (2.16) adalah sebagai berikut :

- Berikut adalah perhitungan jarak kedalaman titik dimana gaya geser = 0(m), berdasarkan Persamaan (2.16)

$$\begin{aligned}
 f &= 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{\alpha x k p x Y}} \\
 &= 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{2,5 \times 2,42 \times 16}} \\
 &= 0,981 \sqrt{Hu}
 \end{aligned}$$

- Berikut adalah perhitungan daya dukung lateral tiang ,berdasarkan Persamaan (2.15)

$$\begin{aligned}
 Hu &= \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \\
 &= \frac{2 \times 1500}{0 + 2(0,981 \sqrt{Hu}) \frac{2}{3}} \\
 &= 1986,71 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

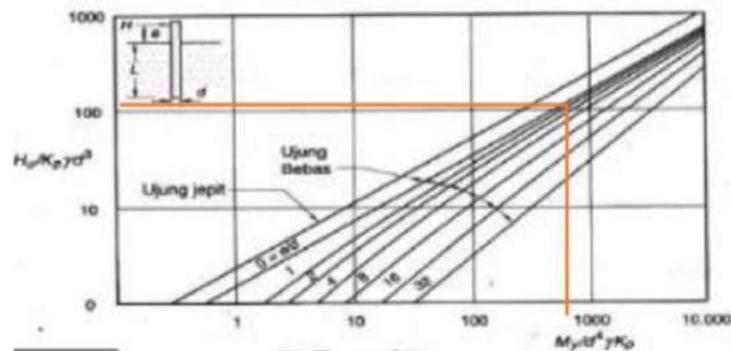
- Berikut adalah perhitungan daya dukung lateral izin tiang , berdasarkan persamaan (2.17)

$$\begin{aligned}
 H_{izin} &= \frac{Hu}{St} \\
 &= \frac{1986,71}{2,5} \\
 &= 794,684 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

❖ Daya dukung ultimit fondasi sumuran terhadap gaya lateral berdasarkan grafik. Dibawah ini adalah perhitungan daya dukung ultimit fondasi sumuran :

$$\begin{aligned}
 \text{Tahanan momen ultimit} &= \frac{My}{D^4 \times Y \times k p} \\
 &= \frac{1500}{2,5^4 \times 16 \times 2,42} \\
 &= 587,498 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai tahanan ultimit didapatkan 5874,98 kN, lalu di input ke dalam grafik, dilihat pada gambar 4.3 didapat sebesar 195



Gambar 4.6 Tahanan Ultimit Fondasi Sumuran

$$1956 = \frac{Hu}{Kp \cdot y \cdot xd^4}$$

$$\begin{aligned} Hu &= 1956 \times 2,42 \times 16 \times 2,5^4 \\ &= 129698,69 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh tahanan ultimit fondasi sumuran sebesar 129698,69 kN

4.6.6 Penurunan Tiang tunggal

Perhitungan penurunan tiang tunggal menurut vesic, berdasarkan persamaan adalah sebagai berikut :

Fc'	= 30 Mpa
Beban yang diterima ujung tiang (Qwp)	= 2534,00 kN
Beban yang diterima selimut tiang (Qws)	= 580,90 kN
Modulus elastisitas tiang (Ep)	= 23452952,9 Mpa
Distribusi tahanan sepanjang tiang (qp)	= 516,48 kN
Koefisien empiris (Cp)	= 0,06
Diameter tiang (D)	= 2,5 m
Panjang tiang (L)	= 3,5
Ap	= 7,065 m ²
Es	= 50000
lws	= 2,414 m
Jumlah sambungan pada tiang	= 1

- Berikut adalah perhitungan Penurunan pondasi akibat batang (S1), berdasarkan persamaan (2.25)

$$\begin{aligned}
 S1 &= \frac{(Q_{wp} + s \times Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \\
 &= \frac{(2534,00 + 0,6 \times 580,90) \times 3,5}{7,065 \times 23452952,9} \\
 &= 0,0001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berikut adalah perhitungan penurunan fondasi akibat beban ujung (S2), berdasarkan persamaan (2.26)

$$\begin{aligned}
 S2 &= \frac{Q_{wp} \times l_p}{D \times q_p} \\
 &= \frac{(2534,00 \times 0,06)}{2,5 \times 516,48} \\
 &= 0,1178
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{ws} &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \\
 &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{3,5}{2,5}} \\
 &= 2,414 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berikut adalah perhitungan penurunan fondasi akibat beban yang disalurkan sepanjang selimut (S3), berdasarkan persamaan (2.27)

$$\begin{aligned}
 S3 &= \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - u_2) \times l_{ws} \\
 &= \frac{2534,00}{1 \times 3,5} \times \frac{2,5}{50000} \times (1 - 0,06) \times 2,414 \\
 &= 0,1198 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Untuk perhitungan total penurunan (St), Berdasarkan Persamaan (2.28) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 St &= S1 + S2 + S3 \\
 &= 0,0001 + 0,1178 + 0,1198 \\
 &= 0,2377 \text{ m} \\
 &= 2,377 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Penurunan yang diizinkan adalah $S_{izin} = 10 \% \times 25 = 2,5 \text{ cm}$
Maka penurunan total tiang total tunggal AMAN, karena $2,377 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm}$

4.5.7 Waktu Penurunan Tanah Fondasi Sumuran

Perhitungan penurunan tanah pada fondasi tiang sumuran, berdasarkan persamaan (2.31) adalah sebagai berikut :

$$\text{Faktor waktu (Tv)} = 0,403$$

Derajat konsolidasi (C_v) = $0,0045 \text{ m}^2/\text{detik}$

$$T = \frac{T_v \times H^2}{C_v}$$
$$= \frac{0,403 \times 3,5^2}{0,0045}$$
$$= 1097,056 \text{ jam} = 0,125 \text{ tahun}$$

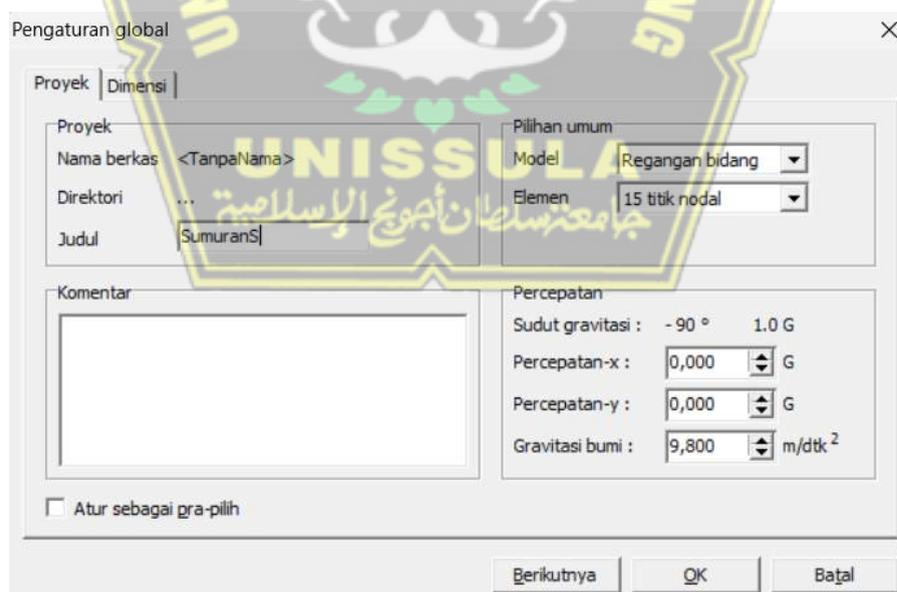
Jadi waktu penurunan fondasi sumuran adalah selama 0,125 per tahun.

4.7 Penurunan Fondasi Menggunakan Software PLAXIS 8.6

Software PLAXIS ini digunakan untuk mendapatkan pemodelan sumuruan untuk mengetahui besarnya penurunan fondasi sumuran akibat beban aksial yang diterima. Berikut adalah data yang digunakan untuk pemodelan pada program plaxxis untuk merencanakan fondasi

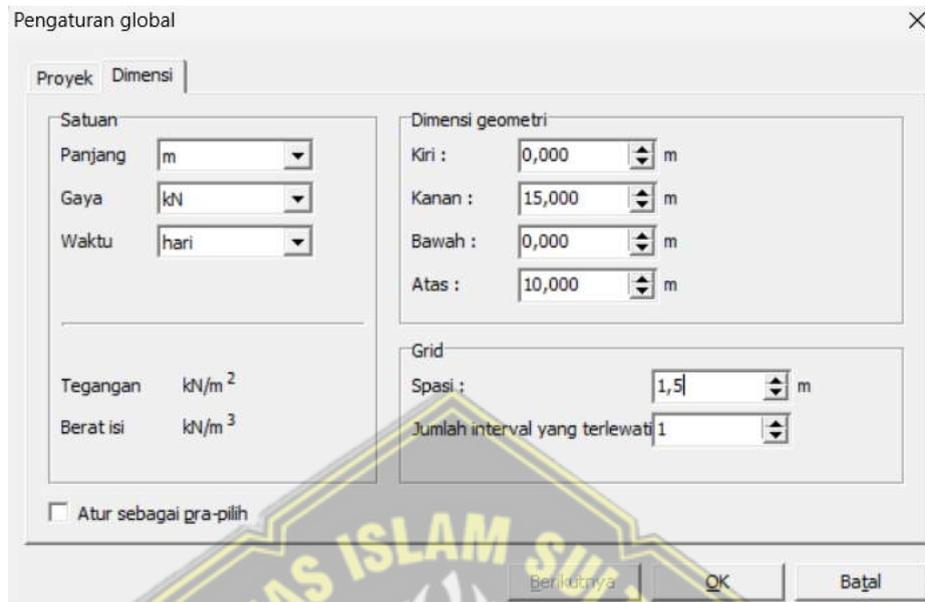
❖ Berikut langkah-langkah untuk perhitungan fondasi tiang tunggal menggunakan *software* PLAXIS V 8.6 :

1. Untuk tahap pertama input data menggunakan software PLAXIS V 8.6 dengan menentukan judul,dapat dilihat pada gambar 4.7



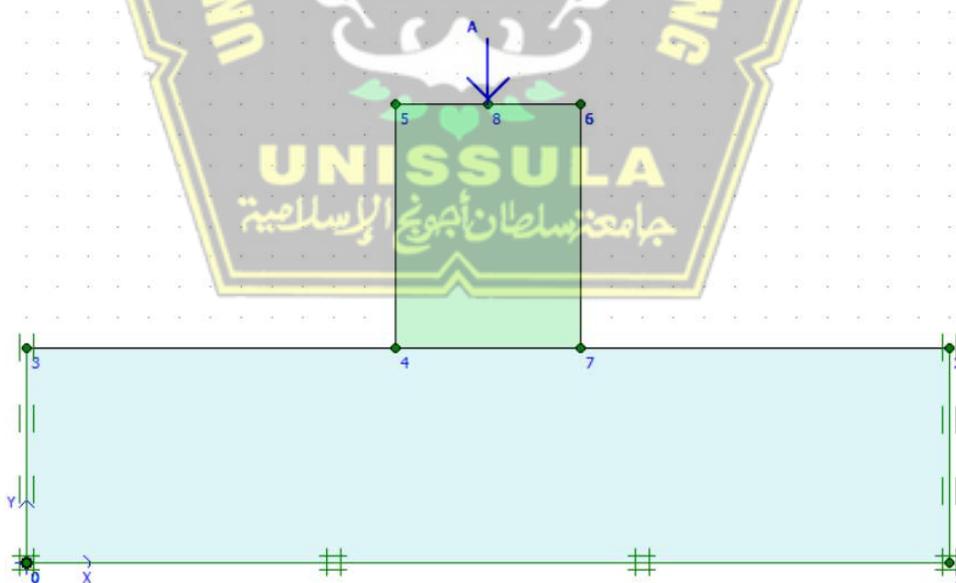
Gambar 4.7 Pengaturan *Global-Project*

2. Kemudian input satuan dan data dimensi sesuai dengan fondasi yang direncanakan, dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Pengaturan *Global-Project*

3. Selanjutnya, klik  untuk mengatur pemodelan kontur, dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pemodelan Kontur Tanah

4. Lalu klik  untuk menentukan material tanah sesuai data yang digunakan, dilihat pada gambar 4.10 hingga gambar 4.12

Mohr-Coulomb - Clay

Umum | Parameter | Antarmuka

Kumpulan material

Identifikasi: Clay

Model material: Mohr-Coulomb

Jenis material: Terdrainase

Sifat umum

γ_{unsat} : 12,500 kN/m³

γ_{sat} : 16,800 kN/m³

Komentar

Permeabilitas

k_x : 1,000E-06 m/hari

k_y : 1,000E-06 m/hari

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.10 Data Umum

Mohr-Coulomb - Clay

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekakuan

E_{ref} : 5000,000 kN/m²

ν (nu): 0,350

Kekuatan

C_{ref} : 3,500 kN/m²

ϕ (phi): 23,910 °

ψ (psi): 0,000 °

Alternatif

G_{ref} : 1851,852 kN/m²

E_{oed} : 8025,000 kN/m²

Kecepatan

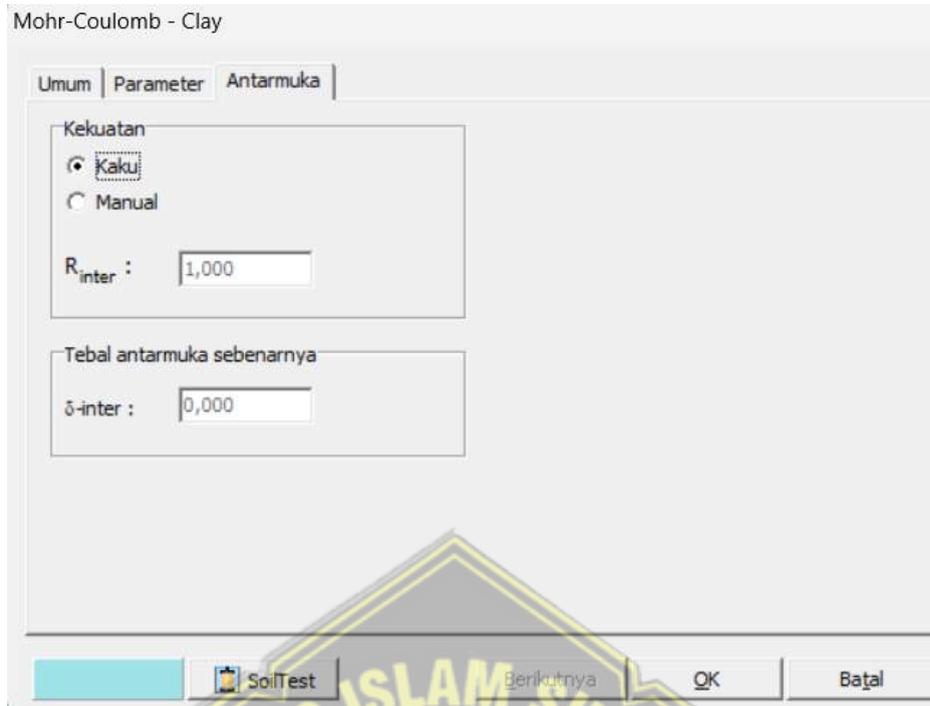
V_s : 38,100 m/dtk

V_p : 79,320 m/dtk

Tingkat lanjut...

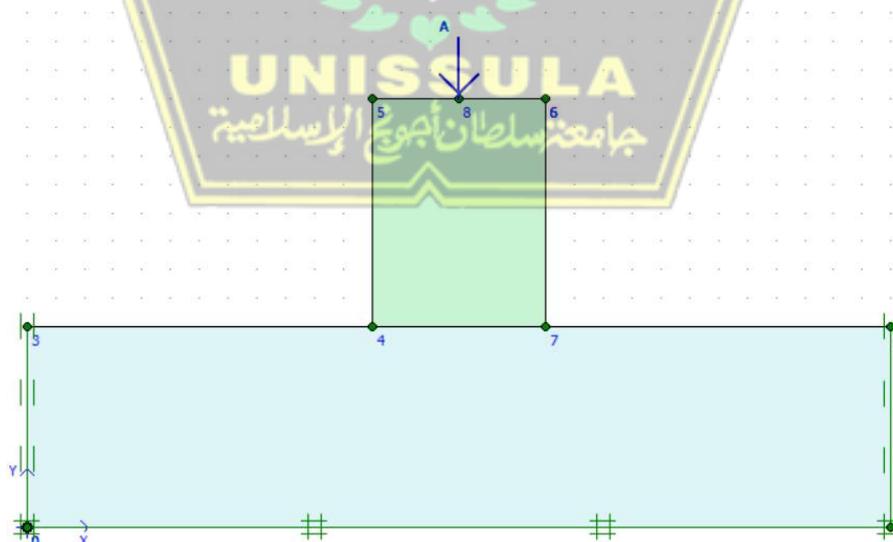
SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.11 Mohr Coulomb

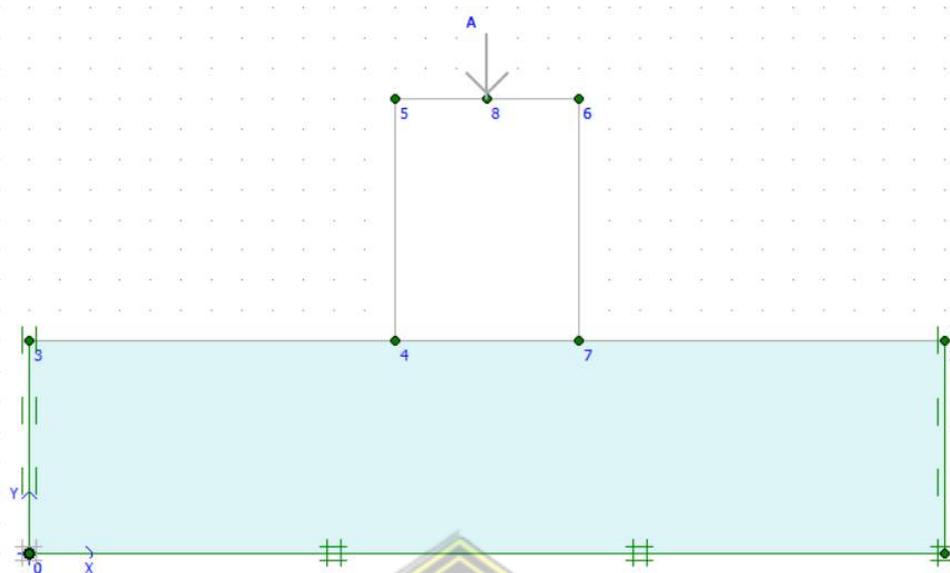


Gambar 4.12 Dialog Muka Material Pasir

5. Kemudian klik  untuk menentukan fondasi yang telah ditentukan, seperti gambar 4.14. Setelah itu klik  untuk mengaktifkan tekanan positif dan negative didaerah sekeliling fondasi sesuai gambar 4.15



Gambar 4.14 Pemodelan Fondasi Tunggal



Gambar 4.15 Pemodelan Fondasi Tunggal dengan mengaktifkan

6. Selanjutnya klik  untuk memberi beban yang akan digunakan, beban yang digunakan sebesar $124684,249 \text{ kN/m}^2$, sesuai gambar 4.16.

Beban terpusat - sistem beban A statis

Titik geometri 8

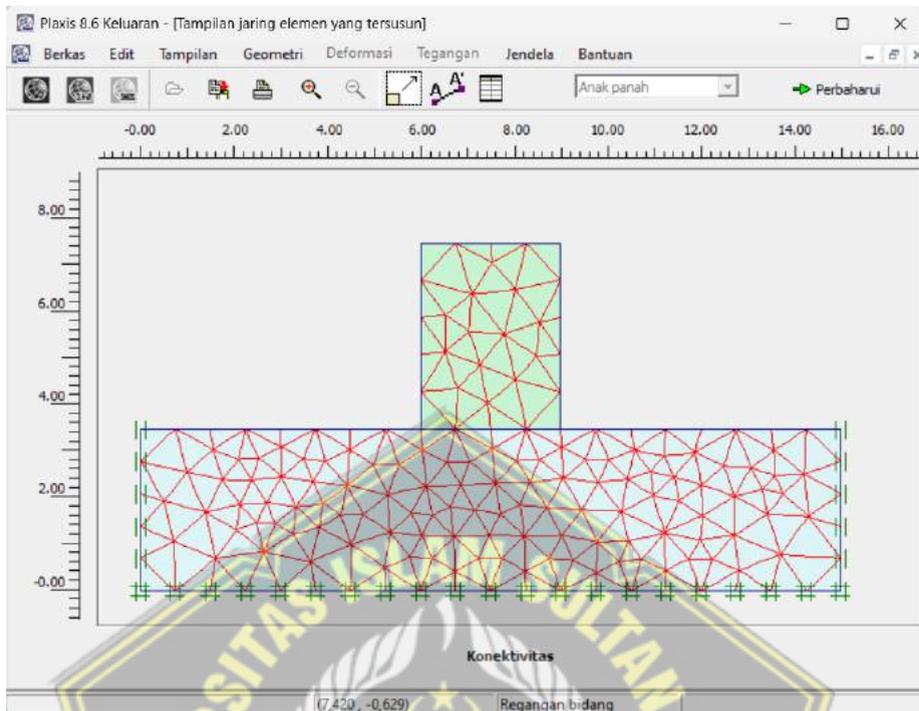
Nilai-X : kN/m

Nilai-Y : kN/m

OK Batal

Gambar 4.16 Input Pembebanan

7. Lalu klik  untuk mengetahui susunan jaringan antara elemen, sesuai gambar 4.17

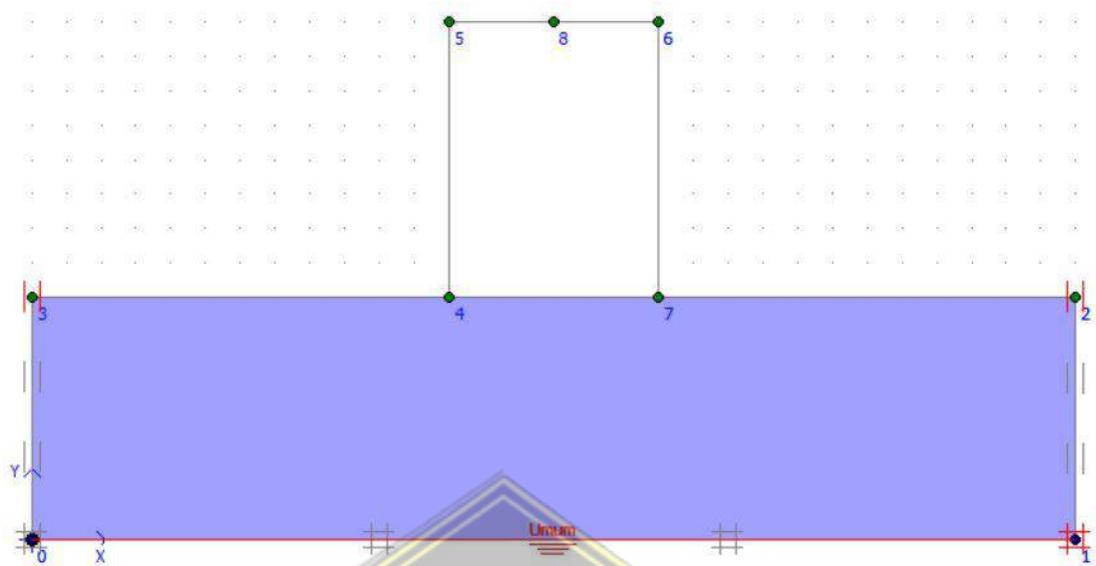


Gambar 4.17 Susunan Jaringan Elemen

8. Kemudian klik  **Kondisi awal** yang ada pada *toolbar*, selanjutnya klik  untuk mengetahui berat isi air dan muka air tanah 2 m dibawah permukaant tanah, dapat dilihat pada gambar 4.18 dan gambar 4.19.

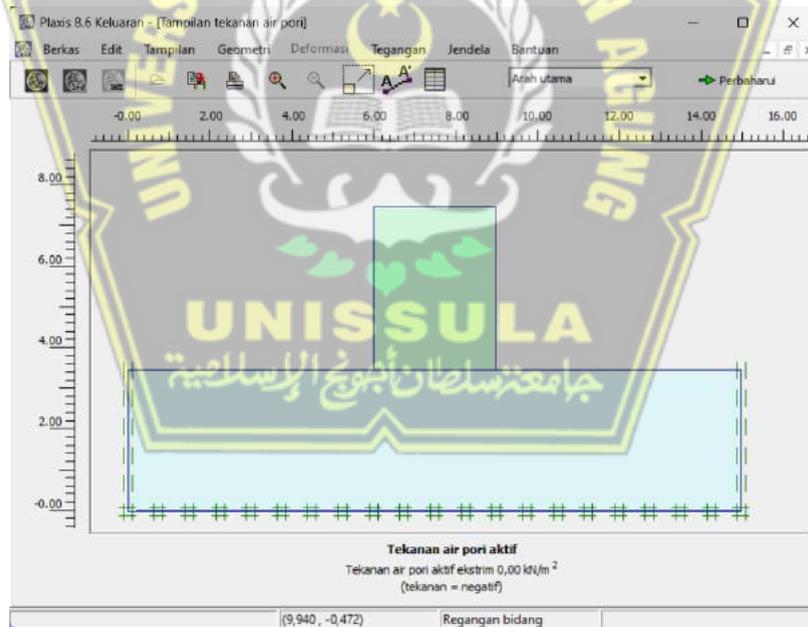


Gambar 4.18 Water Waight



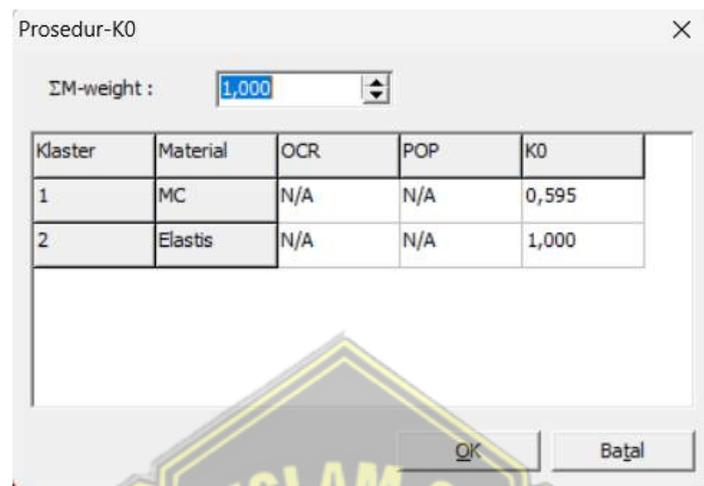
Gambar 4.19 Muka Air Tanah

9. Kemudian klik  seperti gambar 4.20.

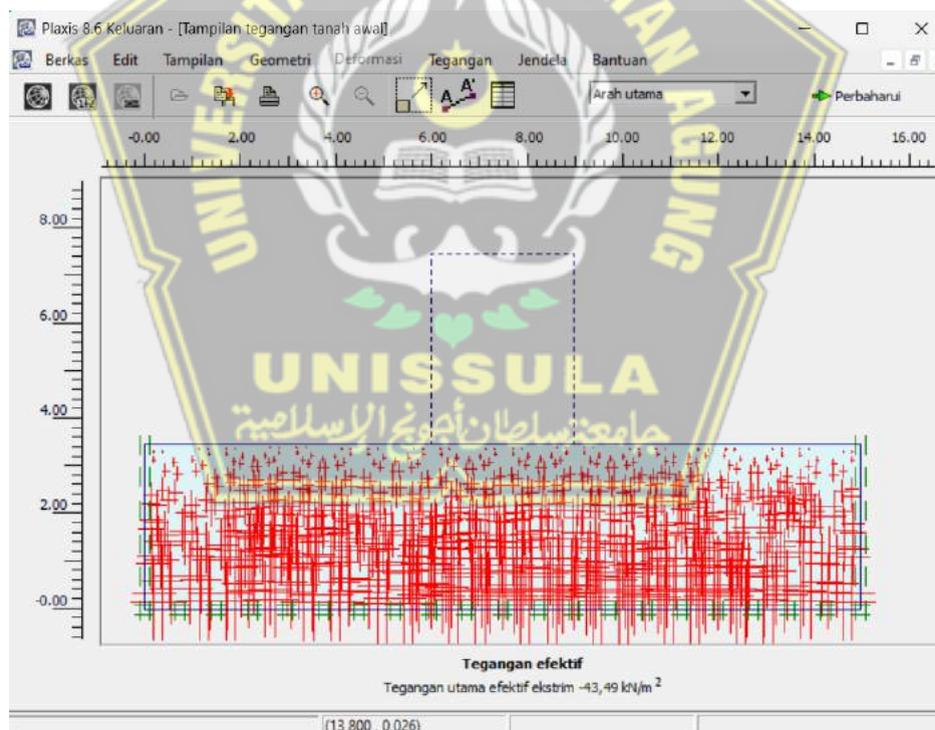


Gambar 4.20 Tekanan Air Pori Aktif

10. Kemudian klik  lalu muncul prosedur K0 sesuai gambar 4.21. lalu klik perbarui untuk mengetahui hasil dari perhitungan pemodelan menggunakan software PLAXIS V 8.6 dapat dilihat pada gambar 4.22.

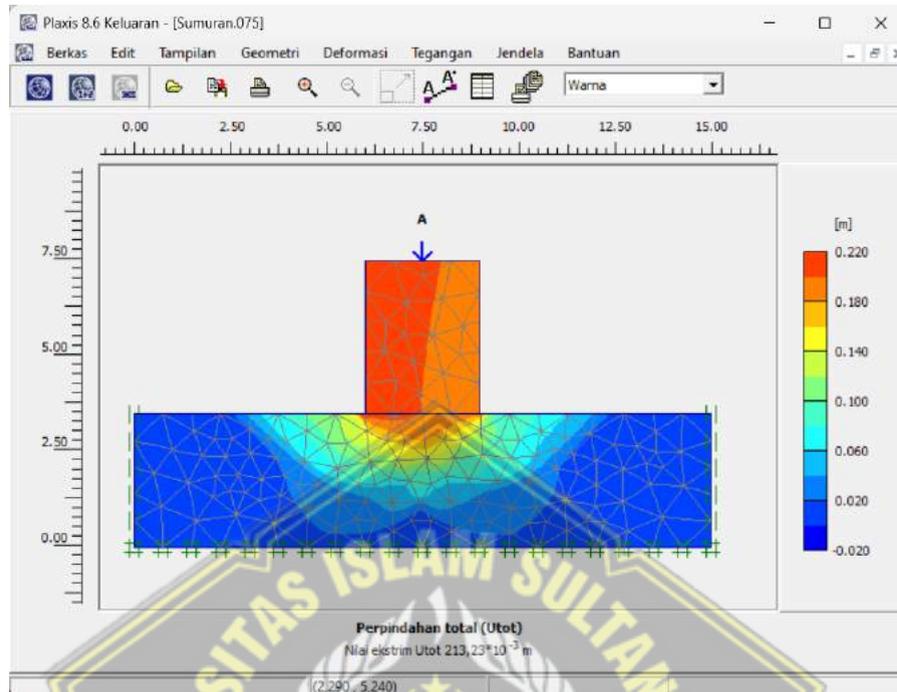


Gambar 4.21 Prosedur K0



Gambar 4.22 Tegangan Efektif Tanah

11. Hasil dari pemodelan *software* PLAXIS V 8.6 menghasilkan penurunan sebesar $21,32 \times 10^{-3}$ m atau 2,13 cm sesuai gambar 4.22

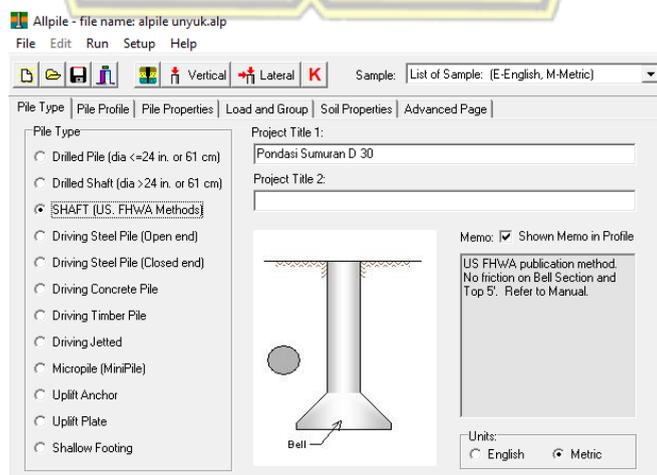


Gambar 4.23 Deformasi Total yang Terjadi $21,32 \times 10^{-3}$

4.8 Penurunan Pondasi Menggunakan Program ALLPILE 6.5

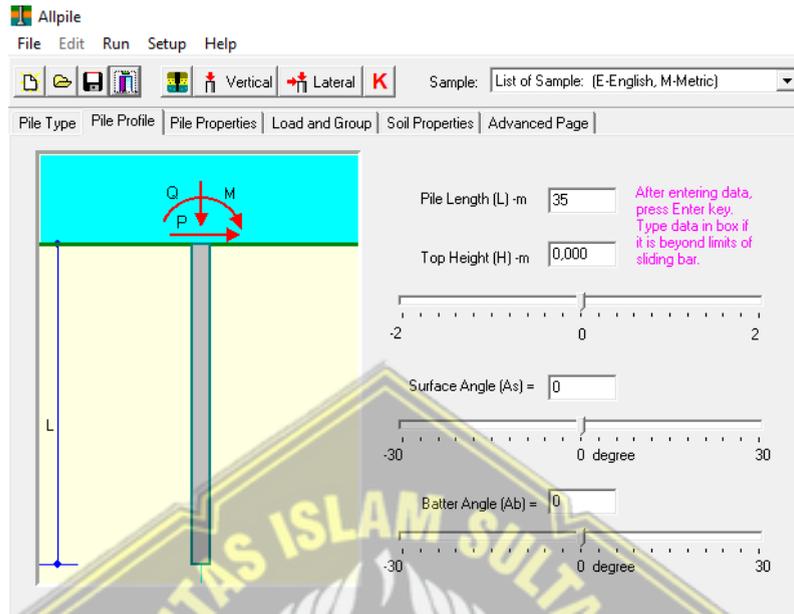
Langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan ALLPile adalah :

1. Memilih tipe fondasi yang akan digunakan, lalu memberi judul pada *project title*.



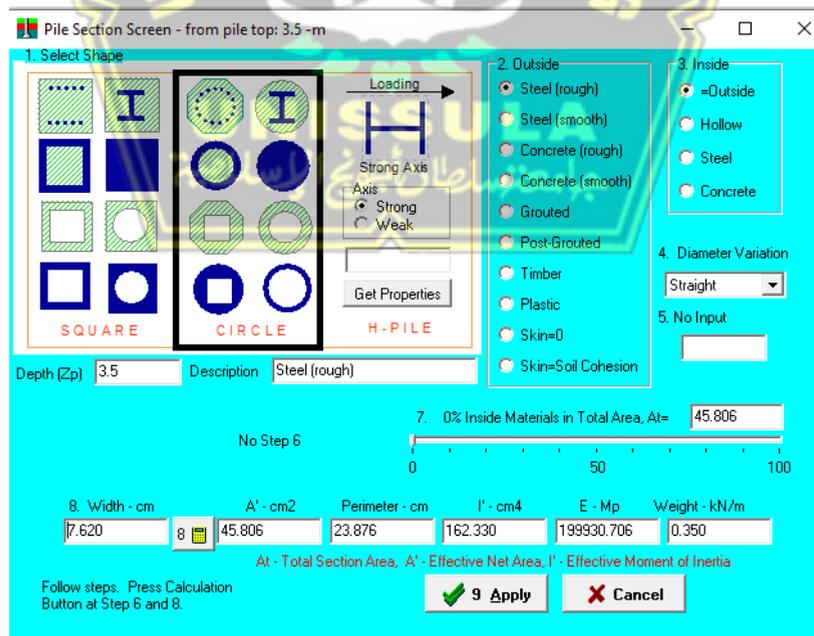
Gambar 4. 24 Gambar Input pada Pile Type

- Memasukkan data yang di rencanakan meliputi fondasi yang keseluruhan, panjang fondasi yang akan dimunculkan do permukaan, kemiringan tanah, kemiringan fondasi.



Gambar 4. 25 Gambar Input pada Pile Profile

- Memasukan dan memilih data-data fondasi yang akan direncanakan berdasarkan material,tulangan,ukuran fondasi.

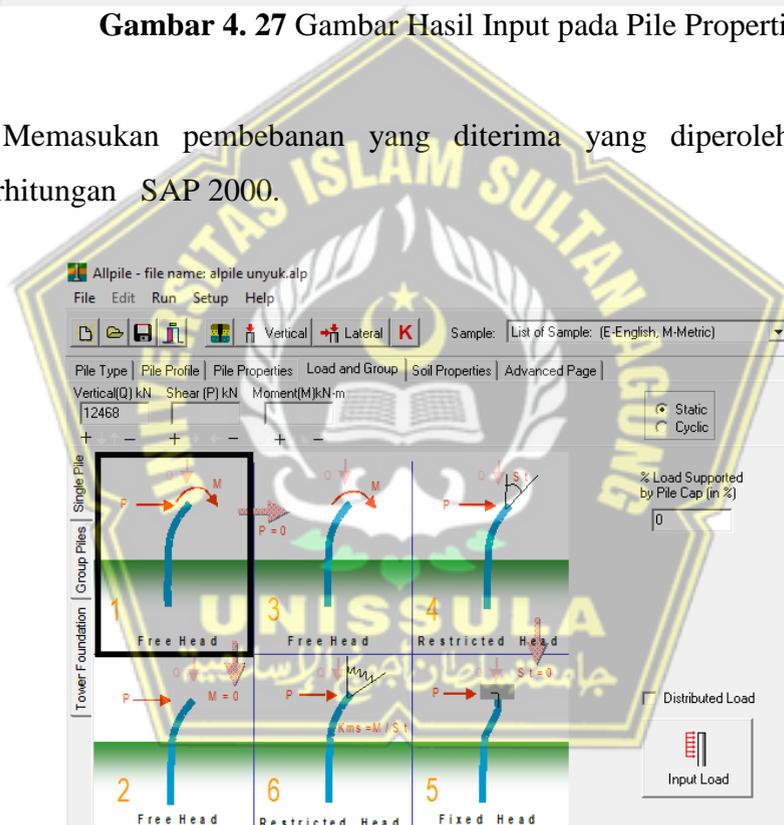


Gambar 4. 26 Gambar Hasil Input pada Pile Section

Zp-m	File Data Input	Width-cm	A'-cm2	Per.-cm	I'-cm4	E-MP	W-kN/m	At-cm2
0.000	● Steel (rough)	7.620	45.806	23.876	162.330	199930.706	0.350	45.806
3.5	● Steel (rough)	7.620	45.806	23.876	162.330	199930.706	0.350	45.806
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

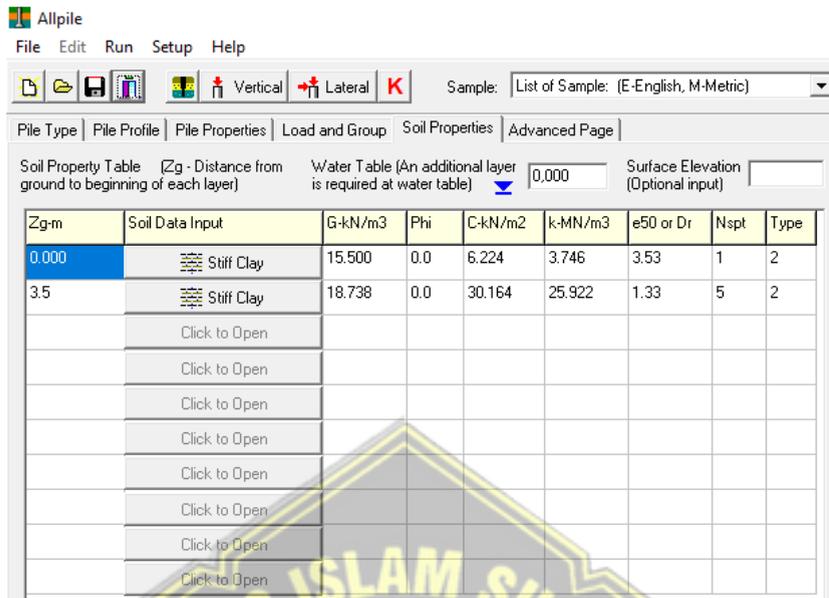
Gambar 4. 27 Gambar Hasil Input pada Pile Properties

4. Memasukan pembebanan yang diterima yang diperoleh dari hasil perhitungan SAP 2000.



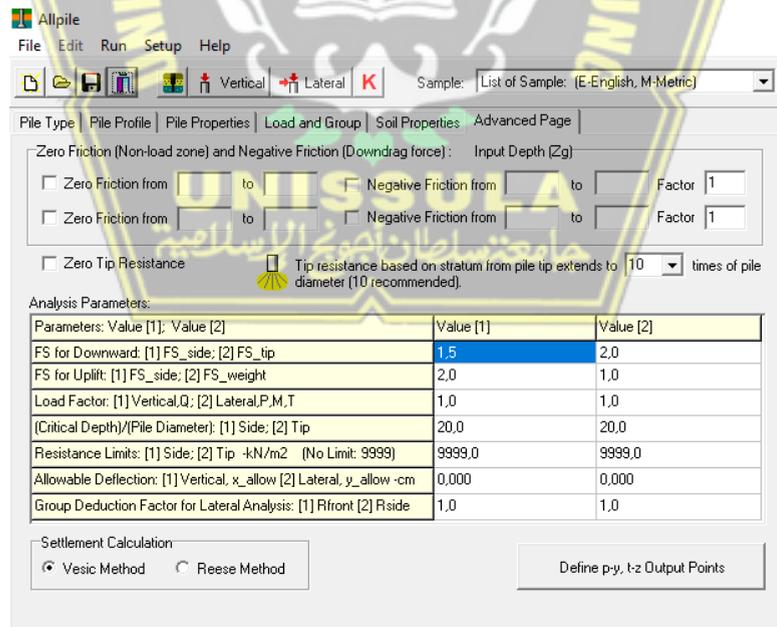
Gambar 4. 28 Gambar Hasil Input pada Load and Group

5. Memasukan data data tanah yang diperoleh dari Borelog,serta kedalaman tanah beserta parameter-parameter yang akan direncanakan.



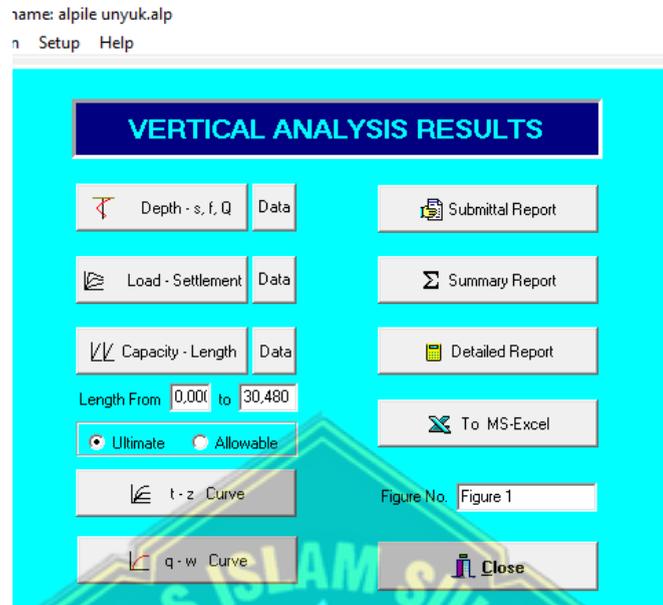
Gambar 4. 29 Gambar Hasil Input dari Soil Properties

6. Memasukan angka keamanan/safety factor (SF)



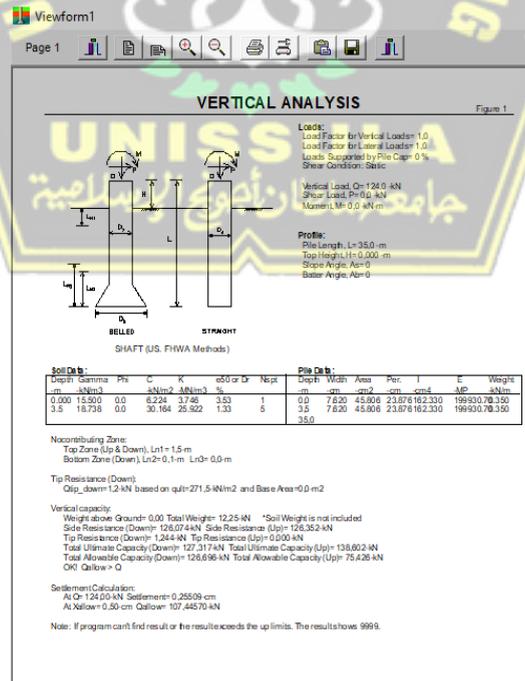
Gambar 4. 30 Gambar Hasil Input dari Advance Page

7. Pada tahap terakhir yaitu memilih toolbar yang bertuliskan vertical dan programkan segera memproses serta mendapatkan



Gambar 4.31 Gambar Hasil dari Vertical Analysis

8. Hasil dari perhitungan Penurunan Fondasi dengan menggunakan ALLpile memperoleh hasil dengan penurunan fondasi sebesar 2,55 cm .



Gambar 4.32 Gambar Hasil yang diperoleh dari vertical Analysis fondasi sumuran

4.9 Pembahasan

4.9.1 Perhitungan Daya Dukung Fondasi

- Hasil dari perhitungan daya dukung fondasi yang dihitung menggunakan metode Aoki de Alencar dan metode mayerhoff dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Fondasi

No	Fondasi	Mayerhoff	Aoki de Alencar
1.	Fondasi Sumuran Diameter 3m	56034,20 kN	45465,80 Kn
2.	Fondasi Sumuran Diameter 2,5 m	39014,19 kN	31860,49 Kn

- Hasil dari perhitungan daya dukung fondasi aksial dan lateral yang dihitung menggunakan metode converse-labarre dan broms dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Fondasi

	Fondasi	Aksial	Lateral
1.	Fondasi Sumuran Diameter 3m	141886,97kN	137083,69 kN
2.	Fondasi Sumuran Diameter 2,5 m	131083,69 kN	129698,69kN

Dari Tabel 4.16 Dan Tabel 4.17 diperoleh daya dukung fondasi sumuran diameter 2,5 lebih kecil dari fondasi sumuran diameter karena nilai faktor empiric fondasi sumuran diameter 3m lebih besar daripada fondasi sumuran diameter 2,5m

4.9.2 Perhitungan Penurunan

Berikut adalah Perbandingan perhitungan penurunan fondasi Sumuran dengan perhitungan manual dan program menggunakan aplikasi PLAXIS dan ALLpile dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4.17 Perbandingan Perhitungan Penurunan

No	Fondasi	Manual	Plaxis	Allpile
1.	Fondasi Sumuran Diameter 3m	2,265 cm	2,13 cm	2,55 cm
2.	Fondasi Sumuran Diameter 2,5 m	2,337 cm	2,13 cm	2,55 cm

Dari tabel 4.17 penurunan fondasi sumuran 3 lebih kecil dari fondasi sumuran diameter 2,5m dikarenakan daya dukung pondasi fondasi sumuran 3 lebih besar daripada fondasi sumuran 2,5m.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis proyek pembangunan Jembatan Gandu dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan pembebanan jembatan menggunakan *software* SAP2000 V.14, didapatkan hasil beban maksimal yang terjadi sebesar 12468,249 kN.
2. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung fondasi sumuran yang di hitung dengan 2 metode yaitu metode Aoki de Alencar dan metode Mayerhoff karena memiliki nilai terkecil agar aman untuk dijadikan perhitungan berikutnya diperoleh nilai daya dukung untuk metode Aoki de Alencar 45465,80 kN dan metode Mayerhoff 56034,20kN. Hasil perhitungan daya dukung aksial dan lateral secara manual untuk fondasi sumuran berdiamter 3 m dengan metode Converse-Labare dihasilkan daya dukung aksial sebesar 141886,97kN dan hasil daya dukung lateral 137083,69 kN. Hasil perhitungan daya dukung aksial dan lateral secara manual untuk fondasi sumuran berdiamter 3 m dengan metode Converse-Labare dihasilkan daya dukung aksial sebesar 131083,69 kN dan hasil daya dukung lateral 129698,69 kN.
3. Hasil perhitungan penurunan manual yang terjadi pada fondasi sumuran diameter 3 m didapatkan penurunan sebesar 2,265 cm sedangkan untuk fondasi sumuran berdiamter 2,5 di dapatkan penurunan sebesar 2,337 cm ,untuk hasil penurunan menggunakan pemrograman dengan Software di dapatkan penurunan untuk Software PLAXIS sebesar 2,13 cm dan untuk software ALLpile 2,55 cm . Berdasarkan hasil perhitungan nilai penurunan fondasi dengan manual dan aplikasi dipilih nilai yang terkecil yaitu fondasi Sumuran Sumuran diameter 3m ,sehingga besarnya angka penurunan tersebut dapat disimpulkan aman

5.2 Saran

Dari Penyusunan tugas akhir yang dilakukan ,berikut saran yang harus dilakukan kedepannya :

1. Konfigurasi fondasi terhadap daya dukung bisa bervariasi lagi dengan menggunakan pondasi jenis lainya untuk membandingkan .
2. Pada perencanaan pondasi diperlukan Untuk mencapai hasil yang lebih baik dalam perencanaan pondasi, diperlukan pengalaman dan keahlian di bidang tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah, M.B., Azizi, A. and Al Fathoni, M.A.S. (2020) 'ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI SUMURAN MENGGUNAKAN METODE AOKI DAN DE ALENCAR (STUDI KASUS : PONDASI SUMURAN PROYEK JEMBATAN KALI KERUH PLOMPONG, SIRAMPOG, BREBES)', *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1). Available at: <https://doi.org/10.30595/civeng.v1i1.9290>.
- Daya Dukung Pondasi Sumuran Menggunakan Metode Aoki Dan Alencar, A. DE *et al.* (2020) 'AN ANALYSIS ON CAISSON FOUNDATION CARRYING CAPACITY THROUGH AOKI AND DE ALENCAR METHODS (A CASE STUDY: KALI KERUH PLOMPONG BRIDGE PROJECT, SIRAMPOG, BREBES)', 1(1), pp.39–48. Available at: <http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng>.
- Fabian, G.R., Manoppo, J. and Mandagi, A.T. (2019) 'ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI JEMBATAN GORR I', *Jurnal Sipil Statik*, 7(4), pp. 397–408.
- Fahriani, F. and Apriyanti, Y. (no date) *ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH DAN PENURUNAN PONDASI PADA DAERAH PESISIR PANTAI UTARA KABUPATEN BANGKA*, *Jurnal*.
- Gulamanzaki, I. *et al.* (no date) *NILAI KAPASITAS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI DANGKAL PADA DAERAH X, PULAU SERAM, MALUKU*.
- Juniza, M. *et al.* (2022) *ANALISIS DAYA DUKUNG IZIN PONDASI SUMURAN PADA JEMBATAN SUNGAI PANGI KABUPATEN MERANGIN*, *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*.
- Martini (2018) *ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH PONDASI DANGKAL DENGAN BEBERAPA METODE*.
- Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan, D. (2020) *PELAKSANAAN PONDASI SUMURAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH JURUSAN FARMASI POLITEKNIK KESEHATAN MANADO*.
- Studi, P., Sipil, T. and Yuda Trinanda, A. (2021) *Jurnal RIVET (Riset dan Inovasi Teknologi) TINJAUAN DAYA DUKUNG PONDASI SUMURAN PADA GEDUNG-X DI KOTA BUKITTINGGI*, *Universitas Dharma Andalas*.

Teguh, R., Novita, D. and Multi Data Palembang, U. (2019) *Penerapan Aplikasi Plaxis Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.*

