

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN STRUKTUR PONDASI
EKSISTING SERTA PENANGANANNYA
PADA KONSTRUKSI TOWER**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh:

**MUSA SP SIANTURI
188110113**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/7/23

Access From (repository.uma.ac.id)10/7/23

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saying bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Musa SP Sianturi

Npm : 188110113

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Bebas Royalty Non-Eksklusif (*non – exclusive royalty – free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul Analisis Penyebab Kerusakan Struktur Pondasi Eksisting Serta Penanganannya pada Konstruksi Tower. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas Royalty Non-Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir/Skripsi/Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan 29 Desember 2022
Yang Membuat Pernyataan



Musa SP Sianturi
188110113

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya yang telah memberikan kebijaksanaan, kesempatan, kesehatan serta pengetahuan kepada penulis, sehingga penulis mampu mengerjakan laporan penelitian Skripsi ini sedemikian rupa.

Pembahasan yang dibuat oleh penulis dalam Skripsi ini adalah **“Analisa Penyebab Kerusakan Strukur Pondasi Eksisting Serta Penanganannya pada Konstruksi Tower”** disusun sebagai syarat akademis yang harus dipenuhi mahasiswa ataupun mahasiswi untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Proses Penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari beberapa kendala yang terjadi, namun berdasarkan bimbingan dan bantuan dari setiap pihak yang terlibat, Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Berdasarkan hal tersebut, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang memberikan doa dan dukungan yang tulus
2. Bapak Prof. Dr. Dandan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area
3. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area

4. Bapak Hermansyah, ST. MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing II Penulis yang telah sabar dalam memberi masukan kepada penulis
5. Bapak Ir. H Irwan, MT, selaku Dosen Pembimbing I penulis yang telah sabar dalam membimbing dan memberi masukan kepada penulis
6. Ibu Ir Nurmaidah, MT selaku Dosen Penasehat Akademik Penulis saat proses menyelesaikan Skripsi ini
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
8. Seluruh pihak yang terlibat dalam mendukung dan membantu penulis dari sisi apapun sehingga Skripsi ini dapat selesai dengan baik

Demikian laporan Skripsi ini, semoga laporan ini bermanfaat terhadap penulis dan pihak yang membaca Skripsi ini, khususnya dalam dunia Pendidikan terutama bidang Teknik Sipil.

ABSTRAK

Keandalan suatu bangunan tower transmisi sangat dipengaruhi oleh tingkat mutu struktur yang digunakan pada struktur bangunan tower transmisi, salah satunya dari sisi pondasi dan lingkungan tempat konstruksi tower tersebut berdiri. Penurunan terhadap aspek mutu struktur pondasi dan aspek mutu tanah di lingkungan tempat struktur tower transmisi tersebut berada sangat memerlukan perbaikan mutu sesuai dengan kondisi penurunan mutu yang terjadi. Bentuk penurunan mutu pada T23 SUTT *line* New Pacitan – Ponorogo mengalami keropos yang terjadi pada pedestal pondasi dengan lingkungan berair. Kondisi lingkungan yang rentan akan longsor disekitar tempat struktur tower transmisi tersebut berdiri merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan pada struktur tower transmisi seperti kondisi pada T09 SUTT *line* Lamongan - Paciran. Dinding Penahan tanah adalah salah satu solusi yang dilaksanakan dalam mencegah terjadinya kerusakan kegagalan struktur transmisi tower transmisi pada T09. Kerusakan struktur pedestal pondasi tower transmisi pada tower T.23 menciptakan penanganan dengan melaksanakan grouting pondasi dengan mekanisme diagonal untuk mencegah kegagalan beban pada satu sisi tower sehingga tidak berakibat roboh pada tower transmisi tersebut. T.09 memiliki kondisi level kritis yang berbeda dengan T.23. Kondisi T.09 berada pada lingkungan lahan yang berpotensi longsor sehingga menciptakan penanganan dengan membuat Dinding Penahan Tanah. Setelah dilakukan penanganan pada T.23 diperoleh perubahan dan peningkatan mutu yaitu 438,30 kg/cm² (leg A), 436,20 kg/cm² (leg B), 376,70 kg/cm² (leg C) dan 372,20 kg/cm² (leg D) yang semuanya diatas mutu approval *design* yaitu 225 kg/cm². Berbeda dengan T09 Lamongan – Paciran, berdasarkan kondisi eksisting maka dilaksanakan perbaikan dengan membuat cover dinding penahan tanah untuk melindungi keempat chimney tower untuk tidak digenangi oleh air, dengan hasil analisis dinding penahan tanah aman terhadap guling dan geser.

Kata kunci: Konstruksi tower, pedestal pondasi, dinding penahan tanah

ABSTRACT

The reliability of a tower transmission's building is greatly influenced by the level of quality of the structure used in the structure of the tower, which is in terms of the foundation and the environment where the construction of tower stands. The decline in the quality aspects of the foundation structure and the quality aspects of the soil in the environment where the transmission's tower structure is located really requires quality improvement in accordance with the conditions of quality decline that occur. The form of quality loss on the T23 SUTT line New Pacitan – Ponorogo experienced porousness that occurred on the foundation pedestal with a watery environment. Environmental conditions that are prone to avalanches around the place where the transmission tower structure stands are one of the factors causing damage to the transmission tower structure such as the conditions on the T09 SUTT line Lamongan - Paciran. The ground retaining wall is one of the solutions implemented in preventing damage to the transmission tower transmission structure failure on T09. Damage to the pedestal structure of the transmission tower foundation on tower T.23 creates handling by carrying out foundation grouting with a diagonal mechanism to prevent load failure on one side of the tower so that it does not result in collapse on the transmission tower. T.09 has a different critical level condition than T.23. The condition of T.09 is in a land environment that has the potential for landslides, creating a handling by creating a Soil Retaining Wall. After handling the T.23, changes and quality improvements were obtained, namely 438.30 kg / cm² (leg A), 436.20 kg / cm² (leg B), 376.70 kg / cm² (leg C) and 372.20 kg / cm² (leg D) which were all above the quality of approval design, namely 225 kg / cm². Unlike T09 Lamongan – Paciran, based on existing conditions, improvements were carried out by making soil retaining wall covers to protect the four Pedestal towers from being inundated by water, with the results of the analysis of the soil retaining wall safe against rolling and sliding.

Keywords: Tower construction, pedestal foundation, retaining wall

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Struktur Pondasi Konstruksi Tower.....	7
2.2.1 Struktur.....	7
2.2.2 Pondasi.....	9
2.2.3 Konstruksi Tower.....	10

2.3 Mutu Pondasi Konstruksi Tower.....	12
2.3.1 Kuat Tekan Beton.....	13
2.3.2 Daya Dukung Tanah Pondasi.....	17
2.3.3 Tekanan Tanah Kesamping.....	18
2.4 Bentuk Penanganan Potensi Kerusakan Pondasi pada Tower..._	22
2.4.1 Perbaikan kerusakan dengan grouting.....	22
2.4.2 Penambahan Dinding Penahan tanah.....	34
2.5 Metode Analisis Masalah dengan RCPS.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Tahapan Penelitian.....	37
3.2 Diagram Alir Metode Penelitian.....	39
3.3 Data-data Tenis Tower (SUTT).....	40
3.3.1 T23 SUTT 150 KV Line New Pacitan – Ponorogo.....	40
3.3.2 T09 SUTT 150 KV Line Lamongan – Paciran.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil.....	43
4.1.1 T23 SUTT 150 KV Line New Pacitan - Ponorogo.....	43
4.1.2 Pelaksanaan Perbaikan terhadap Potensi kerusakan T23.....	46
4.1.3 T09 SUTT 150 KV Lamongan – Paciran.....	51
4.1.4 Pelaksanaan Perbaikan terhadap Potensi kerusakan T09.....	53
4.2 Pembahasan.....	56
4.2.1 Kontrol Mutu T23.....	56
4.2.2 Kontrol Mutu T09.....	59

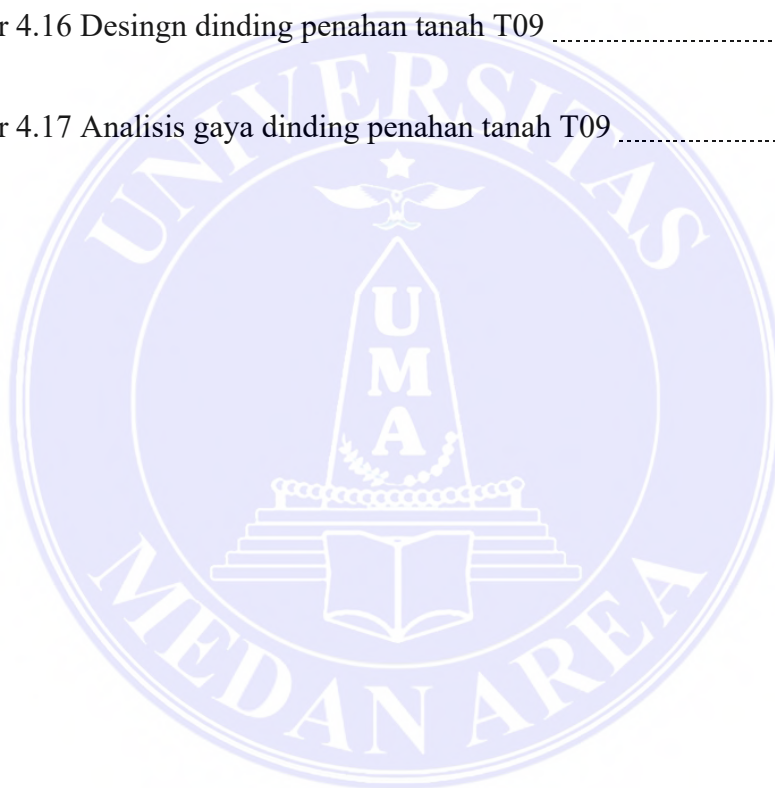
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi aktif menurut Rankie	19
Gambar 2.2 Retak akibat reaksi alkali agregat	24
Gambar 2.3 Scalling	24
Gambar 2.4 voids-honey combing	25
Gambar 2.5 Diagram Bagan RCPS	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian	37
Gambar 4.1 Kondisi segregasi beton pada leg tower T23	44
Gambar 4.2 Detail segregasi beton pada leg A tower T.23	44
Gambar 4.3 Kondisi chimney leg A T.23	44
Gambar 4.4 Jumlah Besi yang tidak sesuai dan beton mudah dihancurkan ..	45
Gambar 4.5 Kondisi Visual Selimut Beton pada chimney	45
Gambar 4.6 Kondisi korosi pembesian chimney leg A	45
Gambar 4.7 Diagram RCPS Mitigasi Anomali T23	47
Gambar 4.8 sika grout	49
Gambar 4.9 Pemasangan Bekisting	49
Gambar 4.10 <i>Mixing</i> material sika	50

Gambar 4.11 <i>set up</i> material campuran	50
Gambar 4.12 pelaksanaan curing dan kondisi Pedestal	50
Gambar 4.13 Kondisi pondasi didaerah berlumpur dan pesawahan	51
Gambar 4.14 Kondisi tanah lumpur disekitar pondasi T09	51
Gambar 4.15 Diagram RCPS Mitigasi Anomali T09	53
Gambar 4.16 Desing dinding penahan tanah T09	59
Gambar 4.17 Analisis gaya dinding penahan tanah T09	60



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Destruktif test pondasi eksisting T 23	43
Tabel 4.2 Perbandingan <i>Approval Drawing</i>	46
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan visual T09	52
Tabel 4.4 Hasil <i>rebound hammer test</i> T23	56
Tabel 4.5 hasil uji <i>hammer test</i> T23	57
Tabel 4.6 Perhitungan beban pedestal T23	58
Tabel 4.7 Perbandingan beban pedestal T23	59
Tabel 4.8 tabel momen T09	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi tower memiliki fungsi sebagai penyaluran sistem ketenagalistrikan yang tersebar diberbagai daerah dengan kondisi geografis lingkungan yang berbeda-beda. Beberapa diantaranya adalah T23 yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari sistem gardu induk New Pacitan ke sistem gardu induk Ponorogo dan T09 yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari sistem gardu induk gardu induk Lamongan ke sistem gardu induk Paciran. Kondisi lingkungan pada sistem T23 dan T09 memiliki kondisi lingkungan yang sama yaitu daerah perairan dan berlumpur. Pondasi pada bagian pedestal tower mengalami kerusakan serta didukung oleh sistem kondisi lingkungan khususnya pada T23. Kontruksi tower pada T09 berada dilingkungan yang sama dengan T23 yang dapat mengakibatkan dampak yang sama terhadap pedestal pondasi dari tower tersebut, sehingga perlu penanganan lebih lanjut.

Struktur bawah konstruksi (Pondasi) tower adalah suatu struktur bagian dasar bangunan konstruksi yang berguna dalam menopang beban tower sehingga tower tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pondasi dangkal dan pondasi dalam adalah golongan pondasi secara umum dalam sistem konstruksi. Pada struktur bangunan yang memiliki beban besar seperti tower umumnya menggunakan pondasi dalam, dengan bahan material penyusun struktur pondasinya terbuat dari struktur beton. Ketahanan suatu struktur pondasi akan sangat

dipengaruhi dari sisi material yang digunakan, metode pelaksanaan pekerjaan pembuatan struktur yang digunakan, serta lingkungan tempat struktur tersebut.

Untuk mempertahankan keandalan suatu sistem tower transmisi salah satu yang perlu dilaksanakan adalah dengan mengidentifikasi kondisi struktur pondasi yang sedang digunakan serta kondisi tanah landasan pondasi diletakkan. Dengan adanya identifikasi terhadap kondisi struktur pondasi tower transmisi dengan kondisi lingkungan tanah pondasi tersebut maka akan diketahui langkah preventif ataupun kegiatan yang harus dilakukan untuk mempertahankan mutu konstruksi pada pondasi tower tersebut, sehingga fungsi dari konstruksi tersebut dapat berjalan dengan semestinya sesuai tujuan yang hendak dicapai.

Struktur pondasi tower eksisting yang mengalami penurunan mutu sangat memerlukan langkah peningkatan mutu dan penanganan sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Banyak upaya yang dapat dilakukan dalam menangani adanya potensi kerusakan struktur pondasi tower transmisi yang mengalami penurunan mutu konstruksi. Salah satunya dengan melakukan kajian potensi kerusakan yang terjadi pada struktur pondasi dan lingkungan tower serta memberikan rekomendasi penguatan pada struktur pondasi tower yang mengalami potensi kerusakan. Rekomendasi penanganan yang diberikan berdasarkan dengan kondisi eksisting pondasi serta kondisi lingkungan tempat pondasi struktur konstruksi tersebut diletakkan, sehingga penanganan yang diberikan juga akan berbeda satu dengan yang lainnya sesuai dengan kondisi eksisting tersebut.

Analisis kerusakan terhadap pedestal dan kondisi lingkungan sekitar pondasi tower perlu dilaksanakan disebabkan perlunya untuk memitigasi kemungkinan akan timbulnya potensi kerusakan pada konstruksi tower yang dapat

mengakibatkan kerusakan fatal, sehingga keandalan struktur SUTT tetap stabil dan terjaga, dan tujuan penyaluran tenaga listrik dapat terjaga.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penyebab kerusakan Struktur Pondasi eksisting pada konstruksi tower, serta efektifitas sistem penanganan yang diberikan pada pedestal pondasi konstruksi tower dan lingkungan sekitar pondasi konstruksi tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui tingkat kualitas mutu eksisting Pedestal pondasi konstruksi tower T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan-Ponorogo yang berada pada kondisi lingkungan yang berair pasca kerusakan.
2. Untuk mengetahui kondisi tanah eksisting disekitar struktur pondasi T09 SUTT 150 KV *line* Lamongan – Paciran yang berada pada kondisi lingkungan berair.
3. Untuk mengetahui analisis kondisi potensi kerusakan yang dapat terjadi pada tower T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan-Ponorogo dan T09 SUTT 150 KV *Line* Lamongan-Paciran, akibat kondisi lingkungan sekitar pondasi tower.
4. Untuk mengetahui keefektifan langkah perbaikan yang hendak dilakukan dengan kondisi lingkungan eksisting pondasi tower T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan-Ponorogo dan T09 SUTT 150 KV *line* Lamongan-Paciran.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengetahui tingkat kualitas mutu eksisting pondasi konstruksi tower T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan-Ponorogo dengan kondisi lingkungan yang ada?
2. Bagaimana mengetahui kondisi tanah eksisting disekitar struktur pondasi T09 SUTT 150 KV *line* Lamongan – Paciran yang dapat mempengaruhi struktur pondasi tower?
3. Bagaimana menganalisis kondisi potensi kerusakan yang dapat terjadi pada tower T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan-Ponorogo dan T09 SUTT 150 KV *Line* Lamongan-Paciran, akibat kondisi lingkungan sekitar pondasi tower
4. Bagaimana langkah perbaikan yang hendak dilaksanakan terhadap kondisi eksisting pondasi dengan kondisi lingkungan tower T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan - Ponorogo dan T09 150 KV *line* Lamongan - Paciran?

1.4 Batasan Masalah

Batasan dalam ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan pada konstruksi tower T23 (Saluran Udara Tegangan Tinggi) 150 KV *line* New Pacitan-Ponorogo dan T09 (Saluran Udara Tegangan Tinggi) 150 KV *line* Lamongan - Paciran.
2. Menggunakan data spesifikasi gambar SUTT sebagai bahan acuan pembanding.

3. Menganalisis kemungkinan potensi kerusakan yang akan timbul akibat penurunan mutu konstruksi pondasi yang diakibatkan oleh kondisi tanah (lingkungan) tempat tower berdiri.
4. Metode pengujian dilakukan dengan metode *non-destruktif test* untuk T23 dan menggunakan uji Sondir untuk T09.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui perbandingan mutu pedestal pondasi tower dengan adanya kerusakan setelah diberikan perbaikan
2. Mengetahui kemungkinan penyebab potensi kerusakan kerusakan pada kegagalan pondasi tower secara teknis berdasarkan analisis kondisi tanah tempat pondasi tower, serta menganalisa dampak perbaikan yang mungkin dapat dilakukan untuk mencegah potensi kerusakan yang mungkin dapat terjadi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah merupakan salah satu yang menjadi acuan penulis dalam melaksanakan penelitian sehingga penulis dapat mengembangkan teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini antara lain:

1. Sulardi (2018), melakukan penelitian tentang “Perbaikan Pengelupasan dan Rompal Beton Eksisting dengan Metode Grouting Microconcrete”. Dari hasil analisa perbaikan yang dilaksanakan diperoleh bahwa hasil kuat tekan dari metode grouting pada masa 24 jam adalah sebesar 30,5 N/mm², sedangkan pada usia 3 hari adalah sebesar 45 N/mm² hingga pada usia 28 hari adalah sebesar 71 N/mm², sehingga terbukti dan cocok digunakan dalam perbaikan beton eksisting yang mengalami pengelupasan (*laminat*) dan rompal (*rompal*).
<https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/download/558/374>
2. Hariati, Yayuk Setyaning Astutik (2020), melakukan penelitian tentang Studi Komparatif Kerusakan Beton pada Struktur Kolom yang Keropos dengan Metode Grouting”. Hasil yang diperoleh berdasarkan penelitian tersebut adalah penyebab kerusakan pada beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu seperti faktor air semen, kurangnya pemadatan, rasio agregat yang digunakan, serta *workability*, dengan hasil uji mutu beton setelah umur 28 hari diperoleh 316.707 kg/cm². Hasil metode grouting memiliki mutu beton yang lebih besar

dibandingkan dengan beton normal biasa yaitu memiliki mutu sebesar 230,459 Kg/cm². <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce/article/download/725/1040/>

3. I G.N.P Dharmayasa, I G.L.B. Eratodi (2016), melakukan penelitian tentang “Analisis Dinding Penahan Tanah dengan Pondasi Tiang Bor (Studi Kasus Tower PLN SUTT PLN SUTT 150 KV No. 71 di Jalan Gatot Subroto Barat Denpasar), diperoleh hasil analisis momen Dinding Penahan Tanah yang dipergunakan terhadap lahan disekitar tower tersebut yaitu sebesar 2.384,248 kg.m. Dimana hasil tersebut diperoleh untuk modifikasi dinding penahan tanah dikarenakan adanya perubahan lahan di lingkungan tempat tower tersebut berada.

<https://media.neliti.com/media/publications/59193-ID-analisis-dinding-penahan-tanah-dengan-po.pdf>

2.2 Struktur Pondasi Konstruksi Tower

Struktur pondasi pada konstruksi tower memiliki fungsi yang sama dengan struktur pondasi pada bangunan lainnya, akan tetapi pada struktur pondasi konstruksi tower memiliki bagian yang sedikit kompleks yang terdiri antara pedestal dan *pad* pada pondasi tersebut.

2.2.1 Struktur

Struktur dalam Bahasa belanda disebut *constructive* yang artinya konstruksi. Konstruksi mempunyai jenis berdasarkan bahan-bahan penyusun dari konstruksi tersebut. Seperti konstruksi baja, konstruksi kayu, konstruksi jembatan beton, konstruksi jembatan rangka baja, konstruksi jembatan kayu, konstruksi jalan

raya, konstruksi bendungan, konstruksi lapangan terbang, dan lain-lain, sedangkan pengertian dari konstruksi (*construction*) adalah pembangunan. (Asnudin, 2018)

Donald S. Barrie dan Boyd C. Paulson, Jr, menggolongkan tipe konstruksi menjadi empat bagian yaitu:

1. Tipe Pemukiman yang disebut dengan istilah *Residential Construction*

Tipe konstruksi yang berada didaerah pemukiman dengan jenis-jenisnya seperti rumah tinggal yang digunakan untuk pemukiman warga, apartemen yang digunakan sebagai tempat tinggal sementara (sewaan) ataupun permanen. Rumah dengan bentuk ruko juga tergolong kedalam jenis tipe pemukiman, serta bangunan lainya yang diperuntukan untuk pemukiman.

2. Tipe Gedung yang disebut dengan istilah *Building Construction*

Bangunan-bangunan yang memiliki bentuk gedung dengan peruntukan penggunaan sesuai dengan fungsinya tersendiri. Berbagai jenis bangunan yang memiliki konstruksi gedung adalah biasanya peruntukan fasilitas umum seperti rumah sakit, bangunan-bangunan bertingkat, bangunan universitas, bangunan bioskop, bangunan pabrik, bangunan pergudangan, dan gedung dengan biasanya peruntukan untuk fasilitas umum.

3. Tipe bangunan konstruksi dengan rekayasa tergolong berat atau disebut dengan istilah *heavy engineering construction*

Bangunan dalam tipe konstruksi ini adalah jenis konstruksi yang diperuntukkan secara fungsional untuk tujuan tertentu. Jenis-jenis dari bangunan konstruksi ini adalah seperti halnya konstruksi jalan, jaringan telekomunikasi, jaringan sistem kelistrikan dengan kategori paling banyak

digunakan di Indonesia yaitu SUTT/SUTET, bangunan sistem komunikasi, konstruksi peruntukan sisa dari bahan limbah, pelabuhan dan lain-lain.

4. Sistem bangun konstruksi dengan tipe industri hal ini disebut dengan *industrial construction*

Sistem konstruksi bangunan ini umumnya bangunan pada pekerjaan proyek. Sistem pekerjaan proyek pembuatan industry bangunan pabrik semen, baja, aluminium dan bangunan fasilitas umum dengan sistem industry, baik industry umum maupun indsutri yang tergolong dasar. Jenis bangunan konstruksi industry ini juga digunakan untuk fasilitas umum.

2.2.2 Pondasi

Pondasi memiliki peran penting dalam sistem bangunan konstruksi. Pondasi berada pada struktur yang didesain dan dibangun pada bagian bawah konstruksi dengan berfungsi sebagai tumpuan untuk menopang konstruksi diatasnya. Pondasi juga adalah salah satu betuk dari rekayasa struktur dalam sistem pendistribusian beban yang ada pada berat sendiri struktur dan beban yang ditopang. Tumpuan dasar pondasi bagian paling bawah adalah tanah perletakannya. Siste beban yang ada pada bagian tanah dan yang ditimbulkan oleh berat sendiri baik dari sisi bahan dan geologisnya akan memberikan sistem tegangan-tegangan pada tanah yang akan dipengaruhi oleh struktur dan kekuatan pondasi yang digunakan pada struktur tersebut. Beban yang dibawa pada bagian sistem terhadap pondasi dan sistem struktur dibawahnya memiliki kondisi pada bagian atas pada suatu konstruksi bangunan. Beban dari atas pondasi merupakan hasil dari berat sendiri struktur pada bagian diatas pondasi tersebut. Pondasi akan menopang sistem beban dari berbagai bentuk sistem bangunan diatasnya, dengan fungsi bangunan yang berbeda-beda.

Berdasarkan hal tersebut dikategorikan bahwa pondasi merupakan *design* struktur yang direkayasa sebagai penopang beban di atasnya dengan memiliki bagan bidang penghubung yang disebut dengan istilah *interfacking* terhadap permukaan tanah dibawahnya (Joseph E.Bowles, 2007).

Pondasi memiliki berbagai macam beban yang ditopang. Berdasarkan hal tersebut maka pondasi dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

- a. Pondasi dangkal adalah sebuah pondasi yang memiliki ciri-ciri alas ataupun telapak tersebar dengan kedalaman pada umumnya $D/B \leq 1$, dimana D adalah kedalaman pondasi, sedangkan B adalah daerah pengaruh penyebaran beban (tegangan)
- b. Pondasi dalam adalah kondisi pondasi yang memiliki kondisi D lebih besar dari B seperti contohnya pondasi dengan sistem bor, pondasi kaison, pondasi tiang pancang dengan sistem $D/B \geq 4+$ dimana D adalah kedalaman pondasi, sedangkan B adalah daerah pengaruh penyebaran beban (tegangan)

2.2.3 Konstruksi Tower

Konstruksi tower adalah suatu bentuk bangunan konstruksi dengan memiliki struktur atas pada umumnya tersusun dari material besi dan pada bagian struktur bawah pada umumnya dari beton, dalam menyangga penghantar seperti konduktor dengan memiliki bentuk pembatas insulator serta persyaratan jarak dan ketinggian terhadap lingkungan disekitarnya.

Pondasi pada konstruksi tower akan dipengaruhi oleh jenis tower dan kondisi tanah tempat konstruksi tower tersebut berdiri. Konstruksi tower memiliki beban yang perlu diperhitungkan dalam penyesuaian *design* pondasi tower yang hendak digunakan.

Konstruksi Tower berdasarkan fungsinya memiliki jenis sebagai berikut:

1. Konstruksi tower dengan tipe penegang atau disebut dengan *tension tower* adalah tower dengan memiliki sistem isolator saling tarik menarik dan menahan sistem beban yang ditimbulkan oleh sistem tarik dari tower (SUTT/SUTET) sehingga menimbulkan beban gaya pada tower tersebut. Konstruksi tower dengan sistem penegang dibedakan menjadi:
 - a. Konstruksi tower dengan sistem sudut disebut dengan *angle tower* merupakan konstruksi tower dengan bentuk penegang dengan sudut yang menyesuaikan terhadap dengan jenis towernya, dan penyesuaian terhadap *design* pondasi yang hendak digunakan. Konstruksi tower sudut memiliki fungsi dengan sistem tarik akibat gaya yang ditimbulkan oleh SUTT atau SUTET.
 - b. Konstruksi tower pada bagian akhir disebut dengan *dead end tower* merupakan sistem konstruksi tower dengan menahan sistem beban/gaya yang ditimbulkan tarikan dari satu arah dengan titik konstruksi tower pada bagian akhir dari sistem penyaluran. Konstruksi tower *dead end* adalah sistem konstruksi tower yang ditempatkan switchyard untuk menyalurkan sistem tenaga listrik masuk ke dalam sistem gardu listrik.
2. Konstruksi tower dengan tipe penyangga atau disebut dengan *suspension tower* adalah salah satu jenis tiang penyangga dalam mendukung/menyangga dan dirancang untuk mampu dalam menahan beban dari sistem peralatan yang berkaitan dengan konstruksi tower tersebut.
3. Konstruksi tower dengan sistem penyekat atau disebut juga dengan *section tower* merupakan salah satu sistem tower yang bersifat sebagai penyekat antara

tower yang satu dengan tower yang lainnya dan memiliki sudut belokan yang relative kecil dengan didasari dengan kondisi kemudahan dalam pelaksanaan pembangunan di lapangan serta lahan yang dimiliki.

4. Konstruksi tower dengan sistem transposisi adalah sistem tower yang bekerja sebagai tower transposisi dan bermanfaat dalam perpindahan fasa tower dalam menyalurkan sistem ketenagalistrikan ataupun bentuk energi lainnya yang hendak disalurkan.
5. Konstruksi tower dengan bentuk portal atau disebut juga dengan *gantry tower* yaitu tiang yang memiliki bentuk portal dan terdapat sistem konstruksi tower tranmisi dengan bangunan disekitarnya memiliki ketinggian lebih tinggi dibandingkan dengan ketinggian tower tersebut dengan bertujuan hanya untuk persilangan dalam sistem penyaluran ketenagalistrikan. Tiang ini pada umumnya dibangun di bawah saluran transmisi eksisting.
6. Konstruksi tower dengan sistem kombinasi merupakan konstruksi tower dengan mekanisme *combined tower* konstruksi tower dengan memiliki dua jenis tegangan yang terdapat dalam satu buah tiang transmisi atau tower.

2.3 Mutu Pondasi Konstruksi Tower

Pondasi tower merupakan sebuah struktur bagian bawah tower yang berfungsi sebagai penopang. Pondasi tower umumnya terbuat dari struktur beton, sehingga perlu dalam mengkaji serta memperhitungkan mutu dari pondasi konstruksi tower tersebut. Faktor utama lainnya dalam mendukung kesesuaian mutu pondasi konstruksi tower yang di gunakan adalah dengan mengkaji mutu tanah dengan berkorelasi terhadap daya dukung pondasi konstruksi tower tersebut.

2.3.1 Kuat Tekan Beton

1. Mekanisme Pengujian Beton

- a. Sistem pelaksanaan pengujian dengan tidak merusak atau *non-destructive test* merupakan bentuk pengujian beton yang dilaksanakan tanpa memberikan dampak kerusakan pada struktur beton yang hendak diuji dengan menggunakan sistem pelaksanaan uji secara langsung terhadap bidang yang hendak di uji. Beton yang umumnya hendak diuji sudah memiliki bentuk struktur konstruksi baik pondasi, kolom, maupun balok, dengan menggunakan alat berbentuk *hammer* secara langsung pada struktur konstruksi tersebut.
- b. Sistem pelaksanaan pengujian dengan menghancurkan benda uji atau *destructive test* merupakan suatu mekanisme pelaksanaan pengujian beton yang memberikan dampak kerusakan terhadap benda uji yang di uji. Pengujian dengan mekanisme memberikan kerusakan terhadap benda ujinya biasanya dengan bantuan alat laboratorium seperti mesin press dalam mengetahui sistem kuat tekan mutu beton tersebut.

2. Mekanisme pengujian beton dengan Palu Beton/*Schmidt Hammer Test* (*Nondestructive Test*)

Schmidt hammer test adalah bentuk pelaksanaan pengujian beton dengan menggunakan alat relatif ringan dan praktis dengan berbentuk *hammer test*. Kekerasan permukaan beton merupakan sebagai dasar dalam memperkirakan sistem mutu beton dalam pelaksanaan test kuat tekan beton. Prinsip kerja *hammer test* adalah besaran energi tertentu digunakan dalam mengaktifkan suatu massa sehingga menghasilkan tumbukan pada sisi permukaan beton yang

diuji. Proses terjadinya benturan antara alat hammer dengan akan menimbulkan pantulan. Mutu beton akan terdeteksi berdasarkan besarnya hasil pantulan dari alat hammer tersebut. Kekakuan beton adalah sebagai ciri mutu tekan dan mutu beton tersebut. Sistem dalam *hammer test* dapat menuntukan sistem gradasi bahan penyusun beton tersebut. Mekanisme mendeteksi mutu beton dengan alat *Schmidt hammer test* tergolong sangat cepat dan praktis, oleh karena itu dapat mengefisienkan sistem pengujian yang hendak dilaksanakan dalam mengetahui mutu beton pada objek yang diuji. *Schmidt hammer test* sangat dipengaruhi permukaan beton yang hendak diuji, misalnya partikel keras yang terdapat disekitar objek yang hendak diuji. Oleh karena itu alat ini dapat digunakan dalam mengetahui sistem keseragaman partikel penyusun dari struktur beton tersebut terutama bahan gradasi agregat dari penyusun beton tersebut dan juga sistem segregasi

3. Mekanisme pengoperasian *Schmidt Hammer Test*

Mekanisme penggunaan *Schmidt Hammer* pada beton adalah salah satu cara yang dilaksanakan dalam mengetahui mutu beton yang hendak diuji. Mekanisme pelaksanaan adalah sebagai berikut:

- a. Bagian ujung hammer test yang disebut sebagai plunger ditekan pada titik uji disertai dengan menahan pada sistem *body hammer test*. Posisi alat tekan terhadap beton diposisi dengan tegak lurus, untuk menghasilkan kuat tekan yang ditimbulkan oleh beton tersebut.
- b. Kemudian alat *hammer test* akan ditekan terhadap titik uji yang sudah ditentukan dengan tetap mempertahankan kestabilan alat uji tersebut sesuai dengan arah pengujian. Ketika alat tersebut ditekan maka *stick* yang ada

pada alat akan masuk kedalam *hammer test*, akibat dari gaya tekan yang ditimbulkan antara alat dengan bidang uji. Bunyi tekanan akan terdengar ketika tekanan dari alat uji saling bertumpuan. Dalam hal ini perlu memperhatikan kestabilan dari alat uji ketika menghasilkan getaran yang diakibatkan oleh hasil tekanan antara alat uji dengan bidang uji yaitu beton. Perlu diperhatikan untuk tidak menghentikan pelaksanaan pengujian/penekanan terhadap bidang uji sebelum bunyi dari tekanan *hammer test* keluar untuk menghindari ketidakakuratan pada saat melaksanakan pengujian di lapangan.

- c. Bunyi tekanan yang timbul akibat pelaksanaan pengujian akan bersamaan dengan menghasilkan bacaan hasil pengujian pada grafik *rebound* yang dihasilkan oleh alat *hammer test*. Parameter yang terdapat pada alat uji akan di gunakan sebagai referensi dalam menentukan mutu beton yang sedang di uji.
- d. Titik uji selanjutnya dengan menggunakan alat uji yang sama serta mekanisme yang sama. Penyesuaian jarak titik pengujian dilakukan terhadap titik pengujian yang sebelumnya.
- e. Pelaksanaan test terhadap titik uji selesai dilaksanakan, maka stick besi yang ada pada alat uji *hammer test* akan dikunci pada sistem alat *hammer test*. Hal ini untuk membaca hasil nilai *rebound* yang dihasilkan oleh alat *hammer test* terhadap tekanan pada bidang uji beton yang diuji.
- f. Nilai pantul pada mekanisme hasil pengujian *hammer test* akan di pengaruhi oleh keakuratan dari alat yang digunakan dalam sistem pengujian, sehingga

perlu melaksanakan kalibrasi alat secara berskala untuk mempertahankan hasil pengujian yang akurat.

4. Sistem pengujian beton dengan menggunakan mesin kuat tekan atau disebut dengan *Compression Testing Machine (Destructive Test)*

Mutu beton adalah sistem kesanggupan beton dalam bekerja menahan gaya tekan yang terjadi dalam meterperseginya. Kemampuan tekan digunakan sistem penambahan berat yang ditentukan dalam sistem benda uji dengan memiliki bentuk silinder maupun kubus secara beban bertingkat yang didapatkan dengan menggunakan mesin uji. Beton yang diuji memiliki bentuk kubus ataupun silinder dengan rentang umur beton yang dipersyaratkan yang biasanya pada umumnya pada masa 28 hari dengan kuat tekan ditentukan kemampuan menahan tekanan tertinggi (f_c') dengan satuan dinyatakan dengan N/mm^2 atau Mpa. Mutu tekan beton sangat dipengaruhi dampak dari sistem faktor air semen, kondisi perbandingan campuran yang digunakan serta kepadatan yang digunakan, disamping itu ada beberapa faktor lainnya yang memiliki dampak, yaitu:

- a. Kekuatan rata-rata dan kuat batas beton dipengaruhi oleh jenis semen dan kualitas semen yang digunakan
- b. Tekstur permukaan agregat yang digunakan mempengaruhi gradasi agregat yang hendak digunakan sehingga berdampak terhadap kualitas dan tingkat mutu beton tersebut.
- c. Efisiensi dan bentuk perawatan (curing) yang digunakan. Pelaksanaan pengeringan yang tidak sesuai akan dapat mempengaruhi nilai kualitas mutu beton, jika berdampak buruk dapat mengakibatkan kehilangan kekuatan

sampai 40%. Berdasarkan hal tersebut sistem *curing* adalah salah satu mekanisme yang perlu diperhatikan dalam realisasi di lapangan maupun dalam pencetakan objek uji beton.

- d. Tingkat panas atau dinginnya beton. Pada laju pengerasan beton sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu yang ada disekitar beton tersebut pada saat beton tersebut dicetak, suhu ekstrim yang naik ataupun turun secara tiba-tiba akan sangat mempengaruhi kualitas dan mutu beton tersebut.
- e. Usia beton. Mekanisme usia beton dalam sistem lingkungan yang normal memiliki mutu yang akan meningkat sesuai terhadap umur dari beton tersebut. Kemampuan tekan beton akan dapat diketahui dengan adanya beban yang mengakibatkan keruntuhan sehingga secara struktural dapat diketahui dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$f_c' = P/A$$

Dimana: f_c' = Mutu beton [MPa]

P = Beban pada benda uji [Newton]

A = Luas penampang [mm^2]

2.3.2 Daya Dukung Tanah Pondasi

Tanah tempat suatu konstruksi berdiri memiliki karakteristik yang dapat mempengaruhi mutu pondasi yang digunakan. Tanah memiliki ciri-ciri yang berdasarkan hal-hal seperti tanah pondasi, kondisi jumlah air yang ada didalam tanah dan tinggi muka air tanah serta lainnya yang sangat perlu diperhitungkan dalam membuat pondasi suatu konstruksi. Daya dukung pondasi juga akan sangat mempengaruhi. Mengetahui daya dukung tanah adalah mekanisme yang perlu

dilaksanakan dengan menggunakan beberapa sistem pengujian yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian dengan cara sondir

Pengujian ini dilaksanakan dengan cara mengetahui besarnya hambatan lekat terhadap sistem konus yang menimbulkan perlawanan dan besarnya perlawanan akan dapat diketahui dengan langsung dilapangan dengan menggunakan alat tes sondir

2. Pengujain dengan *Deep Boring*

Mekanisme pengujian tanah yang dilaksanakan dengan mendapatkan contoh tanah terlebih dahulu kemudian dilakukan penyeledikan tanah dengan menggunakan mesin bor. Pekerjaan lainnya juga dilakukan dalam mendukung pelaksanaan *Boring* yaitu dengan mekanisme *Standard Penetration Test*.

3. Mekanisme pengujian dengan *Standard Penetration Test*

Pengujian yang dilaksanakan tepat disisi galian bor setelah dilaksanakan membuat sampel tanah dalam tiap kedalaman tanah. Tolak ukur tekanan lapisan tanah terhadap permukaan tanah diperoleh dengan melaksanakan pengujian ini. Parameter yang diperoleh terhadap penetrasi konus adalah hasil dari jumlah pukulan alat tersebut, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi pelapisan tanah.

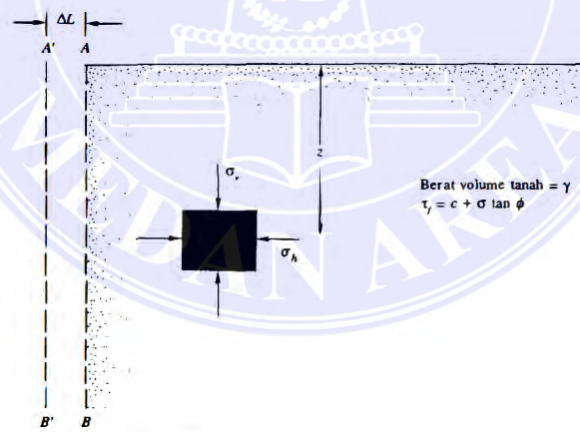
2.3.3 Sistem Tekanan Kesamping pada Tanah

Massa tanah menjadi suatu hal yang sangat diperhitungkan salah satu dalam merencanakan struktur pondasi pada sistem dinding penahan tanah. Penahan tanah dengan berbentuk dinding umumnya dibuat dengan kemampuan dalam menjaga massa tanah disekitarnya untuk tidak menimbulkan potensi kerusakan pada sistem

disekitarnya dan menjaga agar tetap stabil. Konstruksi dinding penahan tanah direncanakan dengan memperhitungkan sistem gaya yang bekerja pada tanah terutama gaya dengan arah horizontal. Berdasarkan sisi kestabilan pada tanah, sistem tekanan tanah ada dua yaitu tekanan tanah dengan kondisi aktif dan tekanan tanah dengan kondisi pasif.

Tekanan tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah yang ada disekitar tanah tersebut, oleh sebab itu tekanan tanah akan berdampak terhadap pembuatan dinding penahan tanah dalam mengatasi sebuah permasalahan kestabilan tanah yang ditahan dengan menggunakan dinding penahan tanah. Tekanan tanah yang aktif akan lebih mudah mengakibatkan kelongsoran dibandingkan dengan tekanan tanah pasif

Kondisi tekanan dengan sistem tanah aktif menurut Rankie memiliki mekanisme sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kondisi Tanah Aktif Berdasarkan Rankie
Sumber: Mekanika tanah jilid 2, Braja M Das, 1993

Sisi AB merupakan sisi tembok yang membatasi tanah dengan memiliki sistem kedalaman dengan kondisi menahan massa tanah dengan kedalaman sesuai kondisi panjang sisi AB. Kondisi tersebut memiliki kondisi tegangan yang terjadi yaitu dengan arah vertical dan horizontal (total dan efektif) terhadap kedalaman z

antara lain σ_v dan σ_h . Jika tembok AB dibuat dengan kondisi tidak bisa bergerak sama sekali maka;

$$\sigma_h = K_0 \cdot \sigma_v$$

σ_h = tekanan tanah arah horizontal

K_0 = koefisien tekanan tanah

σ_v = tekanan tanah arah vertical

Kondisi pada AB dibuat dengan toleransi mampu bergerak secara perlahan-lahan, dapat mempengaruhi tegangan kearah horizontal yang akan berkurang secara terus menerus. Ketika hal tersebut terjadi dapat mengakibatkan adanya kelonggaran dalam tanah. Keadaan tersebut merupakan kondisi aktif menurut Rankie. Kondisi aktif pada tanah akan menimbulkan adanya tekanan tanah aktif (σ_a).

$$\sigma_a = \sigma_v \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

σ_a = besar tekanan tanah secara aktif

ϕ = sudut pergeseran tanah

σ_v = tekanan tanah arah vertical

Besar koefisien tanah aktif atau disebut dengan istilah K_a adalah rasio pada σ_a dan σ_v dengan mekanisme sebagai berikut:

$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

σ_a = besar tekanan tanah aktif

ϕ = besar sudut pergeseran tanah

σ_v = tekanan tanah searah vertical

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

Sistem tekanan tanah secara aktif yang terjadi terhadap sebuah tembok penahan pada kedalaman tertentu memiliki mekanisme sebagai berikut;

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma z$$

σ_a = besar tekanan tanah aktif

K_a = Koefisien tanah aktif

γ = Berat Efektif

z = sistem kedalaman

Diperoleh persamaan

$$\sigma_a = \gamma z \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \text{ (dengan Catatan } c=0)$$

σ_a = besar tekanan tanah aktif

γ = Berat Volume Efektif dari tanah

z = Kedalaman dari tanah

ϕ = sudut geser tanah

Tekanan tanah aktif akan mengalami penambahan secara linier dengan kedalaman, sehingga besarnya tekanan tanah didasar tembok penahan adalah:

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma H$$

σ_a = tekanan tanah aktif

K_a = koefisien tekanan tanah dalam keadaan aktif

γ = Berat Volume Efektif dari tanah

H = Kedalaman dari tanah

Gaya total P_a yang terjadi dalam satuan tembok adalah sama dengan luas diagram tekanan tanah yang terjadi dengan mekanisme sebagai berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma H$$

P_a = Gaya Total

K_a = koefisien tekanan tanah dalam keadaan aktif

γ = Berat Volume Efektif dari tanah

H = Kedalaman dari tanah

Perubahan yang terjadi akibat ketika gaya aktif memiliki sudut atau tidak secara horizontal memiliki persamaan koefisien tekanan tanah katif menurut Rankie adalah sebagai berikut;

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}$$

Dengan α adalah kemiringan permukaan tanah urug

2.4 Bentuk Penanganan Potensi kerusakan Pondasi pada Tower

2.4.1 Perbaikan Kerusakan Struktur dengan Metode Grouting

a. Kerusakan Struktur Beton

Kerusakan struktur beton adalah kondisi dimana penurunan kualitas beton baik secara mutu ataupun visual dari struktur beton tersebut. Kerusakan struktur beton dapat terjadi yang didasari dengan berbagai factor secara langsung maupun tidak langsung.

Bentuk penurunan mutu yang terjadi pada konstruksi beton memiliki beberapa jenis dengan rangkaian sebagai berikut:

1. Kerusakan dengan mengalami keretakan atau disebut dengan *cracks* adalah kondisi penurunan mutu yang terjadi pada struktur beton yang terdapat dalam sebuah konstruksi, dengan bentuk kerusakan berupa retakan kecil dengan dimensi yang tergolong sempit. Kerusakan tersebut terjadi dikarenakan pada saat pelaksanaan pengecoran struktur konstruksi dengan adanya laju penguapan yang relatif cepat pada sistem campuran beton, yang

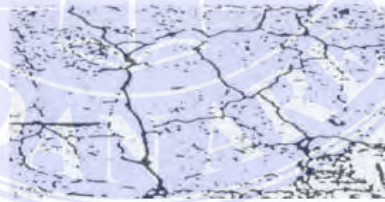
dapat diakibatkan oleh faktor eksternal seperti lingkungan disekitar tempat struktur tersebut berada. Sistem kerusakan yang terjadi diakibatkan dengan pelaksanaan perawatan yang kurang terhadap struktur beton yang dibuat, serta terjadinya *bleeding* dengan kondisi yang berlebihan sehingga ketika beton tersebut mengalami pengerasan maka akan terjadi sistem kerusakan yang relative dangkal atau disebut dengan istilah retak rambut atau *crazing*. Kondisi kerusakan dengan celah yang relative besar dan dalam akibat dampak dari kondisi didalam struktur yang tidak *compact* antara material yang satu dengan material lainnya, dengan jangka waktu yang lama akan mengakibatkan kerusakan yang memiliki istilah sebagai *random cracks*. Kerusakan yang terjadi umumnya akan sangat dipengaruhi oleh usia yang relatif berangsur lama.

2. Kerusakan pada struktur beton dengan berbentuk *voids*. Kerusakan jenis memiliki bentuk lubang dengan dimensi yang lebar. Hal tersebut terjadi dikarenakan proses pemadatan yang dilaksanakan kurang efektif dan didukung dengan ruang antar besi tulangan dengan cetakan, serta dimensi ruang antar sesame tulangan sempit. Jarak yang sempit mengakibatkan campuran yang hendak diinput kedalam cetakan tidak masuk secara menyeluruh mengisi celah yang terdapat didalam sistem cetakan. Sistem kerusakan ini mengakibatkan *honey combing* atau lubang-lubang pada struktur beton yang berbentuk seperti sarang lebah. Faktor air pada campuran beton yang sedikit akan menimbulkan kerusakan berupa *voids* juga. Faktor air semen tersebut tidak sesuai dan berkurang dikarenakan ada kebocoran pada sistem bekisting. Kebocoran yang terjadi pada cetakan

dapat menjadi faktor yang sangat besar dalam terjadinya kerusakan berupa *voids* pada sistem konstruksi beton tersebut.

3. Kerusakan dengan berupa terkelupas dengan kapasitas kecil. Jenis kerusakan ini berupa *scalling*. Istilah lain dari kerusakan ini juga adalah *spalling* dan *erosion*. Kerusakan dengan tipe ini umumnya disebabkan dengan sistem ekspos yang terjadi secara berulang dan proses pengerasan yang mengakibatkan sisi pada struktur beton tersebut terlepas atau dikenal dengan istilah *scallin*. Disisi lain proses kerusakan dengan berupa terkelupas diakibatkan dengan campuran mortar menempel terhadap sisi bekisting yang mengakibatkan kerusakan ketika bekisting tersebut hendak akan dilepas.

Kerusakan jenis *erosion* atau pengikisan juga dapat ditimbulkan dengan besi tulangan yang mengalami korosi dan pengeroposan sehingga terdapat celah didalam struktur beton yang dapat berdampak sebagai *scalling* pada struktur beton tersebut.



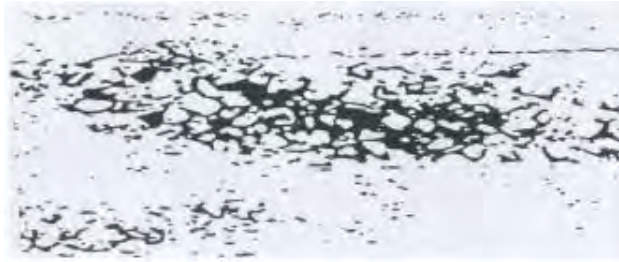
Gambar 2.2 Retak akibat reaksi alkali-agregat

Sumber: Kerusakan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang, Mohd Isnein, 2009



Gambar 2.3 *Scalling*

Sumber: Kerusakan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang, Mohd Isnein, 2009



Gambar 2.4 *Voids-Honey combing*

Sumber: Kerusakan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang, Mohd Isnein, 2009

Bentuk penurunan mutu dengan rusaknya material beton lainnya dapat ditemukan pada bangunan-bangunan pendukung dengan rincian sebagai berikut

1. Ikatan antara material beton dengan baja. Mutu beton yang terdapat dan menyelimuti tulangan akan dipengaruhi oleh kekasaran permukaan baja jika konstruksi tersebut menggunakan baja. Ketidak mampuan mengikat antara material yang satu dengan yang lainnya akan berdampak terhadap penurunan mutu struktur dalam menahan beban dari berat sendiri struktur ataupun dari berat sendiri dengan resiko keruntuhan terhadap struktur dapat terjadi. Korosi yang terjadi terhadap besi, peningkatan suhu akibat terjadinya kebakaran, kondisi mortar tipis, dan jarak besi dan kondisi diameter tulangan, gaya siklis yang diakibatkan oleh gempa yang terjadi serta factor lainnya dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur beton antara baja dan beton. Penurunan mutu pada besi beton diketahui dengan ciri adanya unsur karat yang ditemukan disisi permukaan beton yang dapat menurunkan fungsi mutu beton tersebut, lingkungan asam akan mudah dalam memudahkan baja pada struktur beton mengalami korosi, akan tetapi jika adanya unsur *ion chlorida*, dan lingkungan yang berdampak akibat basa. Bencana kerusakan akibat terbakar akan memiliki pengaruh dengan berdampak pada suhu struktur beton. Dampak terbakar pada struktur beton memiliki mekanisme dengan berkurangnya

kemampuan tekan beton, mutu baja dan penurunan mutu lainnya. Disisi lain yang diakibatkan oleh gempa bumi, akan dilaksanakan uji dengan metode siklis.

2. Serangan kimia: dapat terjadi dikarenakan menggunakan bahan tambah pada adukan beton dengan campuran kimia. Hal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur beton dengan kadar korosi pada besi tulangan beton akan memiliki frekuensi yang lebih cepat dibandingkan dengan biasanya. Serangan kimia pada beton dikarenakan terdapat zat kimia tertentu seperti zat asam yang berlebihan yang dapat merusak beton.
 3. Penurunan pondasi: bentuk kerusakan struktur lainnya yang dapat terjadi adalah terjadinya penurunan pondasi. Penurunan pondasi dapat terjadi dikarenakan terjadinya konsolidasi dengan skala yang tinggi sehingga mengakibatkan kegagalan pondasi. Penurunan pondasi akan dilaksanakan dengan perkuatan seperti membuat elemen tambahan untuk mendukung pondasi dalam menahan beban yang ada di atasnya.
- b. Perbaiki Kerusakan dengan Metode Grouting

Permeabilitas tanah ataupun struktur batuan yang memiliki dimensi kasar akan mudah ditangani dengan cara penanganan secara *grouting*. Pelaksanaan penanganan kerusakan secara *grouting* adalah dengan melakukan injeksi material campuran kedalam lubang kerusakan ataupun void pada sebuah struktur konstruksi. Campuran *grouting* akan mengalami pengerasan sehingga campuran tersebut akan kaku dan dapat mencegah masuknya benda atau zat lain kedalam struktur yang di *grouting*. Komponen campuran yang hendak di gunakan dalam *grouting* adalah berupa semen yang diaktifkan dengan air. Semen yang di gunakan adalah semen mutu tinggi yang kemampuan laju pengerasannya lebih

cepat dari semen pada umumnya. Proses memasukkan bahan grouting kedalam sistem struktur yang mengalami kerusakan adalah dengan proses *grouting* yang dilaksanakan pada perkuatan tanah, struktur beton yang mengalami kondisi kerusakan yang dapat ditangani secara grouting, atau bahkan perkuatan lainnya.

Penggunaan jenis grout dalam perkuatan suatu struktur adalah mengacu terhadap objek yang hendak diperkuat dan material penyusunnya. Hal tersebut perlu diperhatikan dikarenakan akan mempengaruhi daya lekat material *grouting* yang digunakan serat jenisnya. (R.F.Craig, 1991)

Peranan *grouting* yang terjadi pada struktur objek grouting adalah sebagai berikut:

1. Bersifat sebagai tembusan atau penetrasi (*permeation/penetration*)

Campuran grouting akan masuk kedalam celah struktur dan tidak memberikan pengaruh negative terhadap struktur aslinya.

2. Bersifat sebagai alat yang digunakan dalam pemadatan (*compaction/controlled displacement*)

Campuran adukan grouting dengan bantuan tekanan yang relative kuat sehingga menimbulkan pemadatan yang cukup.

3. Bersifat pengisi rekahan hidrolik (*hydraulic fracturing*)

Gaya tekan yang diberikan sedemikian rupa sehingga merusak objek dan akan menimbulkan celah atau rekahan dan grouting akan bersifat sebagai filler pada rekahan tersebut

Fungsi grouting dalam perkuatan sistem mutu konstruksi dan penanganan kerusakan yang terjadi pada konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Membantu menangani kebocoran

2. Meningkatkan mutu perkuatan struktur
 3. Sebagai bahan pengisi celah yang terdapat pada struktur
 4. Membantu sistem perkuatan pada bangunan-bangunan yang berada didaerah berair
 5. Mampu menahan tekanan zat cair dari luar stuktur yang dapat merusak struktur
- Mekanisme pelaksanaan *Grouting* dengan acuan tujuan pelaksanaan, dibagi

menjadi beberapa jenis dengan rincian sebagai berikut:

1. Grouting dengan sistem tirai dan disebut dengan *Curtain Grouting*.

Grouting dengan jenis ini biasanya berfungsi sebagai penahan rembesan zat cair yang akan masuk kedalam sistem strukturnya. Grouting ini digunakan pada sistem beton yang berada disekitar perairan seperti pada struktur bendungan yang memiliki kerusakan kecil atau bocor. Sistem grouting ini memiliki tujuan dengan membuat lapisa dengan sistem kedap pada sistem permukaan yang dicover. Sistem grouting ini juga menambah kekuatan pada struktur yang dicovernya. Umumnya grouting tirai ini digunakan pada struktur pondasi bendungan yang berada paling bawah konstruksi bangunan tersebut. Mekanisme grouting ini bekerja dengan sistem memutus sistem kerja air tanah dari sisi bagian aliran atas bendungan ke bagian aliran bawah dan akan membuat jalan air pada sistem bendungan akan sampai pada batas panjang tertentu. Nominal koefisien sistem permeabilitas dalam grouting ini akan ditentukan pada saat *design* perencanaan pembuatan bendungan.

2. Grouting dengan bentuk selimut atau disebut dengan istilah *Blanket Grouting*

Sistem grouting dengan bentuk selimut berhubungan dengan pelaksanaan sistem grouting tirai dan berdasarkan dengan kondisi lahan pekerjaan tempat

grouting yang dilaksanakan. Sistem perbaikan pada suatu struktur atau tanah dapat diperoleh dengan menerapkan pelaksanaan *blanket grouting*. Sistem grouting ini juga bertujuan sebagai pelindung pada struktur yang dilindungi dari zat cair yang disekitarnya atau hal lainnya dalam mencapai kualitas struktur yang hendak dicapai. Sistem grouting ini bekerja dengan mendukung efektifitas kinerja grouting tirai. Grouting dengan bentuk selimut biasanya dipakai pada dasar sungai dalam sistem struktur yang berada didasar dengan keadaan yang terendam oleh air. *Blanket grouting* atau disebut dengan istilah sementasi selimut bekerja sama dengan grouting grouting tirai dengan mendukung mutu suatu struktur. Tujuan utama grouting ini adalah untuk menjaga struktur kedap akan air dan dapat memberikan sistem perkuatan pada sistem struktur, dengan menunjang dampak dari grouting tirai.

3. Grouting dan sistem Konsolidasi atau disebut dengan *Consolidation Grouting*

Memiliki mekanisme sebagai solusi dari perbaikan secara fisik terhadap kerusakan struktur yang ditimbulkan baik faktor dari luar maupun dari dalam. Grouting konsolidasi umumnya grouting yang digunakan dalam sistem perbaikan struktur tanah dengan metode pelapisan dengan menambah kekakuan tanah dalam menahan gaya di atasnya. Mekanisme pelaksanaan grouting ini dilaksanakan dengan sistem bor dengan kedalaman tertentu sesuai dengan yang ditentukan dalam perencanaan. Tujuan grouting ini sama dengan sementasi tirai dan sementasi selimut yaitu untuk melindungi struktur dari kebocoran atau pun rembesan yang akan masuk kedalam struktur dan dapat mengurangi mutu struktur tersebut. Sistem pelaksanaan grouting ini dilaksanakan pada beberapa item seperti menahan rembesan atau kebocoran pada bangunan torowongan,

struktur bendungan dan sistem konstruksi lainnya yang membutuhkan perlindungan dari kebocoran atau rembesan.

4. Grouting dengan tipe kontak atau disebut dengan *contact grouting*

Sistem penghubung suatu lapisan dengan celah yang relatif kecil dapat digunakan dengan cara grouting kontak. Lapisan yang dihubungkan dapat berupa lapisan sejenis ataupun lapisan dengan jenis penyusun yang berbeda satu dengan lainnya. Seperti contoh dalam sistem bangunan terowongan, mekanisme grouting ini dapat dilaksanakan untuk menghubungkan besi penyangga dengan beton. Hal lainnya yang dapat menggunakan jenis grouting ini adalah media penghubung antara lapisan dasar sungai dengan struktur beton di atasnya.

5. Grouting dengan sistem semprot atau sering disebut dengan *slush grouting*

Mekanisme pelaksanaan grouting ini dikenal dengan istilah *shortcreting* dan *guniting*. Proses pelaksanaan grouting ini dengan menggunakan sistem semprot. Sistem grouting ini akan mempertahankan lapisan permukaan yang disemprot dari rembesan ataupun kerusakan. Dengan penerapan grouting ini akan membuat objek struktur ataupun objek lainnya seperti tanah akan semakin kaku dan kuat akibat kinerja grouting yang diberikan. Tujuan dari pelaksanaan grouting ini juga berfungsi dalam mencegah rembesan zat cair yang masuk kedalam struktur bangunan ataupun tanah yang dapat menimbulkan kerusakan.

6. Grouting dengan sistem *cavity grouting*

Mekanisme grouting ini bekerja dengan sifat seperti injeksi pengisi atau bahan pengisi pada celah yang ada antara struktur beton dengan benda keras seperti batu seperti contohnya beton terowongan dengan lahan batu yang disekitar lahan terowongan.

7. Grouting dengan tipe Cincin atau disebut dengan *ring/radial grouting*

Sistem kinerja grouting ini bekerja dengan metode yang sama dengan grouting tirai. Sistem yang dihasilkan adalah objek yang tahan terhadap rembesan air atau kebocoran.

Berdasarkan mekanisme pelaksanaannya grouting dibedakan menjadi 2 metode yaitu:

a. Metode grouting dengan *single stage grouting*

Metode grouting menggunakan satu lubang bor dan memiliki penutup lubang pada sisi atas celah bor yang disebut dengan *top of hole*. Alat penutup lubang ini dinamakan dengan *packer*. Sistem kedalaman bor yang dilaksanakan menyesuaikan terhadap kualifikasi yang diinginkan

b. Metode grouting dengan *multiple stage grouting* yang dibagi menjadi dua yaitu

• Grouting dengan sistem *up stage*

Mekanisme penerapan grouting ini adalah dengan menggunakan *packer* sebagai alat pengisi pada saat melaksanakan pengeboran. *Packer* ini bertujuan untuk sebagai bahan pengisi sementara agar tidak terjadi kebocoran pada saat melaksanakan grouting ini akan dilaksanakan secara bertahap dan dengan adanya alat *packer* maka akan mencegah campuran grouting naik kepermukaan pada saat pelaksanaan metode grouting ini.

• Grouting dengan sistem *down stage*

Mekanisme pelaksanaan grouting ini dilakukan dengan cara berurutan sesuai dengan kedalaman yang diinginkan. Sistem grouting ini dilaksanakan dengan melakukan pengeboran terhadap lubang pertama terlebih dahulu, dengan kedalaman tertentu, kemudian melaksanakan *filling* material grouting

kedalam lubang yang sudah dibor dan ditimpa dengan menggunakan *packer* dengan kondisi tekanan tertentu. Kemudian pada langkah selanjut diulang dengan menggunakan mekanisme yang sama hingga mencapai *stage* yang diinginkan dengan sistem pembersihan lubang bor secara teratur ketika bertukar dari satu *stage* ke *stage* yang lainnya.

Komponen penyusun bahan grout memiliki jenis-jenis yang berbeda beda, sehingga berdasarkan komponen yang digunakan maka grouting dapat dibedakan menjadi:

1. Grouting dengan menggunakan komponen bahan kimia atau disebut dengan *chemical grouting*

Grouting ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menahan rembesan pada struktur ataupun tanah. Grouting ini tidak dapat digunakan dalam perbaikan pondasi. Sifat grouting ini dilaksanakan hanya peruntukan sementara waktu dan akan memerlukan sistem pelaksanaan grouting yang lebih kompleks sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang dialami oleh objek yang hendak digrouting. Proses pelaksanaan grouting ini memerlukan perhatian khusus dikarenakan grouting ini menggunakan materia zat kimia yang kemungkinan kadarnya dapat berbahaya jika terkena terhadap kulit manusia. Proses grouting ini sudah pernah dilakukan dala pekerjaan pembangunan bendungan Selorejo di sompor tepatnya Wlingi Ray

2. Grouting dengan sistem injeksi dengan material sementasi

Pelaksanaan grouting ini menggunakan semen dengan mutu tinggi yang umumnya memiliki sifat kepad air yang tinggi dibandingkan dengan semen biasanya. Pembuatan adukan grouting ini disusun dengan material grout

yang diaktifkan dengan menggunakan air, dan menyesuaikan perbandingan campuran yang digunakan sesuai dengan jenis konstruksi atau pun tanah yang digunakan. Proses pelaksanaan grouting ini menggunakan material pendukung yaitu cairan *bentonite* yang bertujuan memperlambat proses pengerasan campuran grouting sehingga dapat mengisi seluruh celah yang ada secara efektif.

Kondisi lahan atau struktur yang mengalami lubang dengan jumlah yang relatif banyak, maka mekanisme pelaksanaan grouting ini dapat ditambah dengan menggunakan agregat halus yaitu pasir halus. Hal tersebut dapat mengurangi jumlah kebutuhan biaya material dan juga mampu membantu laju *filler* lubang yang hendak digrouting.

Efektifitas pelaksanaan grouting ini dapat diketahui dengan mengkaji *grout take* yang terjadi pada objek yang dilakukan grouting. *Grout take* merupakan jumlah sementasi yang diinjeksi kedalam objek yang di grouting dalam setiap satu meter. Hal tersebut dapat diketahui dengan jumlah material grout yang dihabiskan ketika sudah dalam campuran dengan satuan kg. seperti contoh dalam pelaksanaan sementasi sedalam 2 m, campuran material grout yang diinjeksi kedalam objek ada sebanyak 80 kg. Sehingga *grout take* dari pelaksanaan tersebut akan diperoleh sebesar 40 kg/m

Proses perbaikan kerusakan pada beton dengan cara metode grouting sebelumnya pernah dilaksanakan salah satunya pada struktur pondasi bangunan kilang pabrik. Grouting yang dilaksanakan menggunakan Beton *micro concrete*. Penelitian dengan metode *grouting* ini menggunakan alat yang lebih kompleks dalam proses pelaksanaan pekerjaannya. Metode *grouting*

yang dilaksanakan tersebut terbukti sesuai dan cocok untuk perbaikan beton eksisting yang mengalami pengelupasan (*laminare*) dan rompal (*spall*).

2.4.2 Penambahan Dinding Penahan Tanah

Struktur penahan tanah dengan berbentuk dinding disebut juga sebagai *retaining wall*. Tembok penahan tanah secara umum berfungsi dalam menahan beban tanah yang berpotensi mengalami kelongsoran. Kelongsoran merupakan suatu pergerakan tanah dengan meninggal posisi semula tempat tanah berada.

Tembok penahan juga konstruksi dinding yang diperuntukkan menahan tekanan tanah baik dengan lateral hingga mendekati vertikal. Tujuan lain juga dibuatnya konstruksi penahan tanah bertujuan untuk melindungi konstruksi atau objek sudah ada sebelumnya yang berada di daerah lahan yang membutuhkan dinding penahan tanah sebagai cover untuk bangunan tersebut.

Membuat *design* dinding penahan tanah perlu memperhatikan sifat-sifat yang ada pada tanah, serta memperhitungkan gaya yang ditimbulkan secara lateral melalui tekanan tanah yang akan berfungsi pada konstruksi penahan tanah tersebut.

Konstruksi tembok penahan tanah telah dimanfaatkan secara meluas dengan berbagai fungsi sesuai dengan kebutuhan dilapangan. Aplikasi umum pemanfaatan tembok penahan memiliki rincian sebagai berikut:

1. Berfungsi sebagai penguat dengan menjaga kestabilan struktur bangunan yang dibangun didaerah lereng
2. Konstruksi dengan ketinggian mengalami penambahan guna memperoleh perbedaan elevasi
3. Konstruksi tembok penahan tanah digunakan sebagai batasan pada sistem kanal

4. Pembuatan dinding penahan tanah untuk menahan dan mengurangi kebanjiran lahan
5. Konstruksi tembok penahan tanah yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam mewujudkan suatu konstruksi. Tembok pada dinding penahan tanah disebut sebagai *abutment* dan bahan pengisi disebut sebagai *approach fill*
6. Konstruksi tembok penahan tanah difungsikan untuk menjaga tanah/lahan yang ada disekitar konstruksi

Berdasarkan fungsi dalam stabilitasnya dinding penahan tanah digolongkan sebagai berikut sebagai berikut:

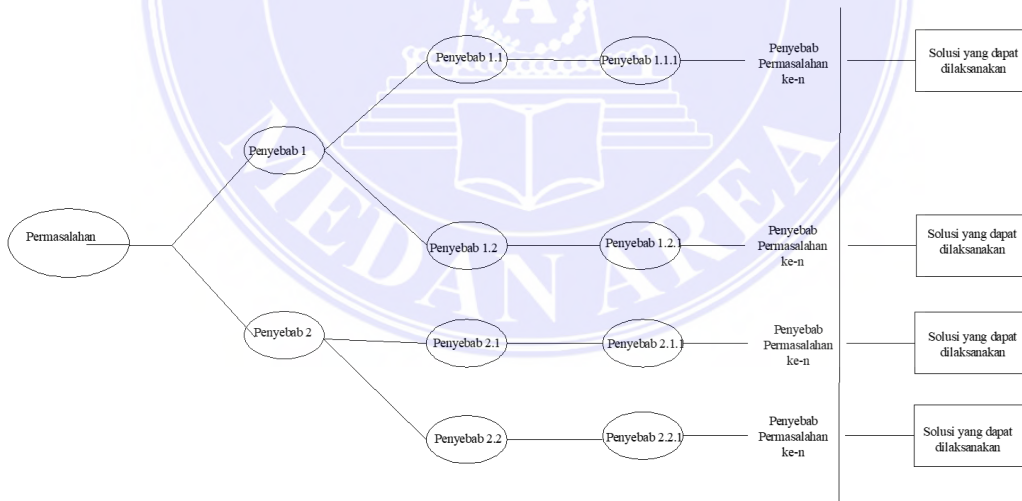
1. Konstruksi tembok penahan tanah tipe gravitasi (*gravity wall*)
2. Konstruksi penahan tanah tipe kantilever (*cantilever retaining wal*)
3. Konstruksi penahan tanah tipe counterfort (*counterfort wall*)
4. Konstruksi penahan tanah tipe butters (*butters wall*)
5. Konstruksi penahan tanah tipe sandaran (*lean against type*)

Pembuatan Dinding Penahan Tanah pada struktur bangunan tower transmisi (SUTT) sebelumnya pernah dilakukan. Dinding penahan tanah yang dibuat bertujuan untuk menjaga keamanan struktur tower tersebut akibat adanya perubahan pada lahan disekitar konstruksi pondasi tower tersebut. Kondisi stabilitas tanah cukup baik dengan adanya perubahan pada lahan tower tersebut dan pembuatan dinding penahan tanah disekitar pondasi tower tersebut. Pekerjaan pembuatan tersebut dicantumkan dalam penelitian analisis dinding penahan tanah pada pondasi tower SUTT 150 kV di Denpasar.

2.5 Metode Analisis Masalah dengan RCPS

RCPS merupakan singkatan dari *Root Cause Problem Solving* atau disebut juga dengan istilah *Root Cause Analysis* (RCA) adalah suatu metode dalam membuat pemetaan permasalahan dengan mencoba membuat identifikasi faktor penyebab dari suatu permasalahan ataupun kejadian yang tidak diharapkan. Berdasarkan mekanisme RCPS dapat memetakan solusi yang hendak dilaksanakan dengan permasalahan yang diperoleh ataupun yang terjadi. RCPS menjadi salah satu metode dalam membantu pertanyaan tentang ‘apa yang terjadi?’, ‘bagaimana hal tersebut terjadi?’, serta ‘mengapa hal tersebut terjadi?’.

Tujuan menggunakan mekanisme RCPS dalam memetakan solusi pemetaan masalah yang dihadapi adalah untuk mengidentifikasi faktor yang dinyatakan dalam bentuk alami, besaran, lokasi dan waktu akibat dari kebiasaan, tindakan dan kondisi tertentu yang harus diubah untuk menghindari kesalahan yang tidak perlu.



Gambar 2.5 Diagram Bagan RCPS

Sumber: Analisa dan Evaluasi Akar Penyebab dan Biaya Sisa Material Konstruksi Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan di Kota Solo, Sekolah, dan Pasar Menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Fault Tree Analysis*, Kristanto Wibowo, 2018

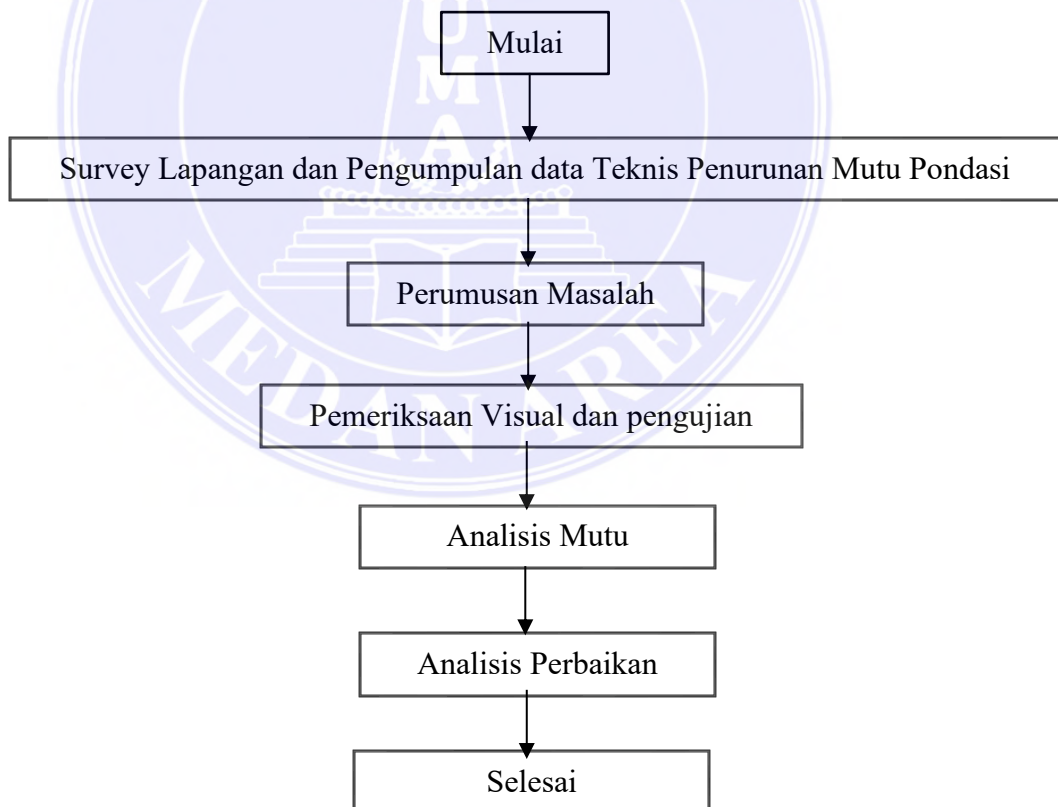
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Data yang diperoleh merupakan data primer dengan berbentuk data-data teknis, dengan mengkaji untuk dianalisis selanjutnya, serta sistem data sekunder digunakan sebagai referensi penelitian untuk bahan penyusunan tinjauan pustaka dan kronologis penurunan mutu pondasi tower, serta penanganan kemungkinan potensi kerusakan yang dapat terjadi disekitar pondasi tower.

3.2 Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Proses pelaksanaan penelitian dilaksanakan dengan terlebih dahulu melaksanakan survey lapangan dan pengumpulan data teknis yang ada dilapangan. Selanjutnya dilaksanakan dengan pembuatan perumusan masalah dari penelitian yang dilakukan. Pemeriksaan visual dan pengujian adalah langkah yang dilaksanakan setelah diperoleh perumusan masalah terkait dengan penelitian yang dilaksanakan. Kemudian analisis mutu pada kondisi eksisting sesuai dengan kondisi masing – masing tower yang dibahas pada sistem penelitian, dan hal tersebut menjadi dasar dalam menentukan sistem perbaikan yang akan dilaksanakan sesuai dengan kondisi di lapangan

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan cara melaksanakan obeservasi dilapangan dan melakukan kajian terhadap hal yang ditemukan di lapangan, serta melaksanakan analisa terhadap hasil yang diperoleh di lapangan dengan menggunakan studi pustaka.

Mekanisme penelitian dikaji dengan menggunakan langkah perhitungan yang digunakan pada perhitungan kajian mutu pada T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan – Ponorogo dan pada T09 SUTT 150 KV *line* Lamongan – Paciran. Mekanisme perhitungan yang digunakan pada masing-masing tower berbeda dikarenakan tergnatung dari kondisi masing-masing tower.

Tahapan penanganan informasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan visual dilapangan untuk mengetahui kondisi pada pedestal pondasi dan kondisi lahan pondasi pada T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan – Ponorogo dan pada T09 pada T09 SUTT 150 KV *line* Lamongan – Paciran
2. Pemeriksaan mutu pada pedestal pondasi, jika pondasi mengalami kerusakan akan dilakukan pengecekan mutu dengan metode *hammer test* dengan hasil

pemeriksaan akan dikaji dengan mutu beton berdasarkan hasil kuat tekan, dimana rumus mutu kuat tekan beton adalah:

$$f_c' = P/A$$

Dimana: f_c' = Mutu beton [MPa]

P = Beban pada benda uji [Newton]

A = Luas penampang [mm^2]

3. Kondisi lahan pondasi yang memiliki kondisi tidak stabil dan buruk dan adanya penambahan dinding penahan tanah akan di kaji dengan kontrol terhadap:

a. Faktor terhadap guling

$$FS_o = \frac{M_R}{M_o}$$

Dimana: M_R = Besar momen terhadap titik R

M_o = Besar momen di titik O

b. Faktor terhadap geser

$$FS_o = \frac{\sum V \cdot \tan \phi}{\sum H}$$

Dimana: $\sum V$ = Total beban vertikal

$\sum H$ = Total beban Horizontal

c. Faktor Terhadap beban tanah per satuan luas

$$FS_q = \frac{q_u}{q_{avg}}$$

Dimana: q_u = Beban tanah ultimit per satuan luas

q_{avg} = Beban rata-rata persatuan luas

Berdasarkan ketiga faktor tersebut sebagai dasar dalam mengetahui tingkat kemandan dan kestabilan bentuk penanganan yang diberikan dengan penambahan Dinding Penahan Tanah.

3.3 Data-data Teknis

3.3.1 T23 SUTT 150 KV *Line New Pacitan – Ponorogo*

SUTT T23 *Line New Pacitan-Ponorogo* merupakan tower tipe *lattice* BB6+9 (*Leg Extention*), yang dibangun sekitar tahun 2008 dalam paket pekerjaan “Paket 7: Uprating SUTT 70 kV menjadi 150 kV Pacitan - Ponorogo dan Uprating SUTT 70 kV menjadi 150 kV Ponorogo – Manisrejo Terkait PLTU 1 Jawa Timur” antara PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali dengan penyedia barang/jasa konsorsium PT. Twink Indonesia, PT Perfect Circle Engineering dan PT Kalisma Kreasi Mandiri. Kondisi saat ini tower tersebut masih beroperasi dalam kondisi normal.

Spesifikasi Pondasi Tower

- Pondasi Memiliki tipe dengan pondasi tapak
- Tipe Tower BB6 dengan spesifikasi sebagai berikut
 - Berat Tower 10.596 kg (termasuk aksesoris yang ada dalam tower)
 - Tinggi Tower 46,1 m
 - Ketinggian Kaki tower hingga ke bagian section I 6m
 - *Steel* tower menggunakan JIS 3101 SS540
 - *Bolts* dan *Nuts* menggunakan ISO 6.8 / DIN 18800
 - Isolator 12 keping dengan kekuatan 120 kN
 - GSW AS 55
 - Beban Konduktor tower 2400 kg
- Mutu beton yang digunakan 225 Kg/cm²
- Mutu baja dengan tulangan Polos diameter 10mm U24
- Mutu Baja dengan tulangan Ulir diameter 13mm U39

(Sumber: Data Teknis/Spesifikasi Gambar Teknik SUTT Uprating 150 KV Pacitan - Ponorogo)

Design terlampir pada lampiran.

3.3.2 T09 SUTT 150 KV *Line* Lamongan - Paciran

SUTT T09 SUTT 150 KV *Line* Lamongan – Paciran merupakan tower dengan tipe DD6 + 6 yang dibangun pada paket pekerjaan perbangunna SUTT *Line* Lamongan Paciran. Proses pembangunan dikerjakan oleh PT Tunas Karya Aditama. Kondisi saat ini tower berada dalam kondisi beroperasi secara normal dengan kondisi pondasi terendam oleh air, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Spesifikasi Pondasi Tower

- Pondasi Bore Pile
- Tipe Tower DD6 dengan rincian sebagai berikut:
 - Berat Tower 17.711 kg (termasuk aksesoris yang ada dalam tower)
 - Tinggi Tower 46,1 m
 - Ketinggian Kaki tower hingga ke bagian section I 6m
 - *Steel* tower menggunakan JIS 3101 SS540
 - *Bolts* dan *Nuts* menggunakan ISO 6.8 / DIN 18800
 - Isolator 12 keping dengan kekuatan 120 kN
 - GSW AS 55
 - Beban Konduktor tower 2400 kg
- Mutu beton yang digunakan 225 Kg/cm²
- Mutu Baja untuk Tulangan Polos diameter 10mm U24
- Tulangan Ulir diameter 16mm, 19mm

(Sumber: Data Teknis/Spesifikasi Gambar Teknik SUTT Penanganan T09 150 KV

Lamongan - Paciran)

Design terlampir pada lampiran



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pemeriksaan yang dilaksanakan secara visual dan destruktif test pada Pedestal pondasi T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan – Ponorogo bahwa Pedestal tersebut mengalami penurunan mutu berdasarkan kondisi beton eksisting yang sudah keropos yang berdampak besi tulangan pada chimney pondasi korosi, serta didasari dengan hasil Mutu eksisting pondasi setelah dilaksanakan pengujian destruktif test dibawah acuan mutu yang ada didalam *design* awal yaitu lebih kecil dari 225 kg/cm^2
2. Berdasarkan hasil pemeriksaan visual pada kondisi eksisting tanah di sekitar pondasi T09 *line* Lamongan – Paciran, diperoleh bahwa lahan tempat tower berdiri memiliki potensi menimbulkan potensi kerusakan kerusakan pada struktur tower, dikarenakan lahan tersebut berlumpur dan secara langsung menimbun leg (Pedestal) tower tanpa adanya *cover* atau pelindung pada Pedestal tower. Kondisi keempat Pedestal pondasi tower juga sering terendam air yang berpotensi merusak beton pada Pedestal tower.
3. Analisis kondisi potensi kerusakan pada T23 SUTT 150 KV *line* New Pacitan – Ponorogo dan T09 SUTT 150 *line* Lamongan – Paciran memiliki dampak yang sama yaitu berpotensi tower roboh namun kondisi level kritis pada kedua tower berbeda, dikarenakan pada Pedestal T23 mengalami krisis mutu secara langsung pada beton dan besi tulangan Pedestal dan pada T09 mengalami kondisi lahan yang kritis sama dengan T23 yaitu berada pada genangan air, namun kondisi beton dan tulangan pada Pedestal masih utuh.

4. Berdasarkan kondisi eksisting pada T23 maka perbaikan dilaksanakan secara grouting pada Pedestal T23 SUTT *line* New Pacitan – Ponorogo, berdasarkan hasil perbaikan tersebut pengujian *Hammer test* diperoleh bahwa mutu Pedestal pondasi mengalami kenaikan mutu yaitu 438,30 kg/cm² (*leg A*), 436,20 kg/cm² (*leg B*), 376,70 kg/cm² (*leg C*) dan 372,20 kg/cm² (*leg D*) yang semuanya diatas mutu approval *design* yaitu 225 kg/cm². Berbeda dengan T09 Lamongan – Paciran, berdasarkan kondisi eksisting maka dilaksanakan perbaikan dengan membuat *cover* dinding penahan tanah secara keliling berbentuk persegi yang melindungi keempat Pedestal tower untuk tidak digenangi oleh air, dengan hasil analisis dinding penahan tanah aman terhadap guling dan geser yang terjadi akibat beban tanah yang akan ditimbun pada dinding penahan tanah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang dapat dilakukan adalah penanganan bentuk kemungkinan terjadinya potensi kerusakan dengan kondisi yang sama maka dapat dilaksanakan penanganan secara grouting ataupun membuat dinding penahan tanah sebagai perlindungan terhadap Pedestal pondasi. Namun perlu memperhatikan tingkat kerusakan pada struktur Pedestal dari pondasi tersebut, serta analisis pelaksanaan peningkatan mutu yang dilaksanakan apakah memeberikan pengaruh yang besar atau tidak.

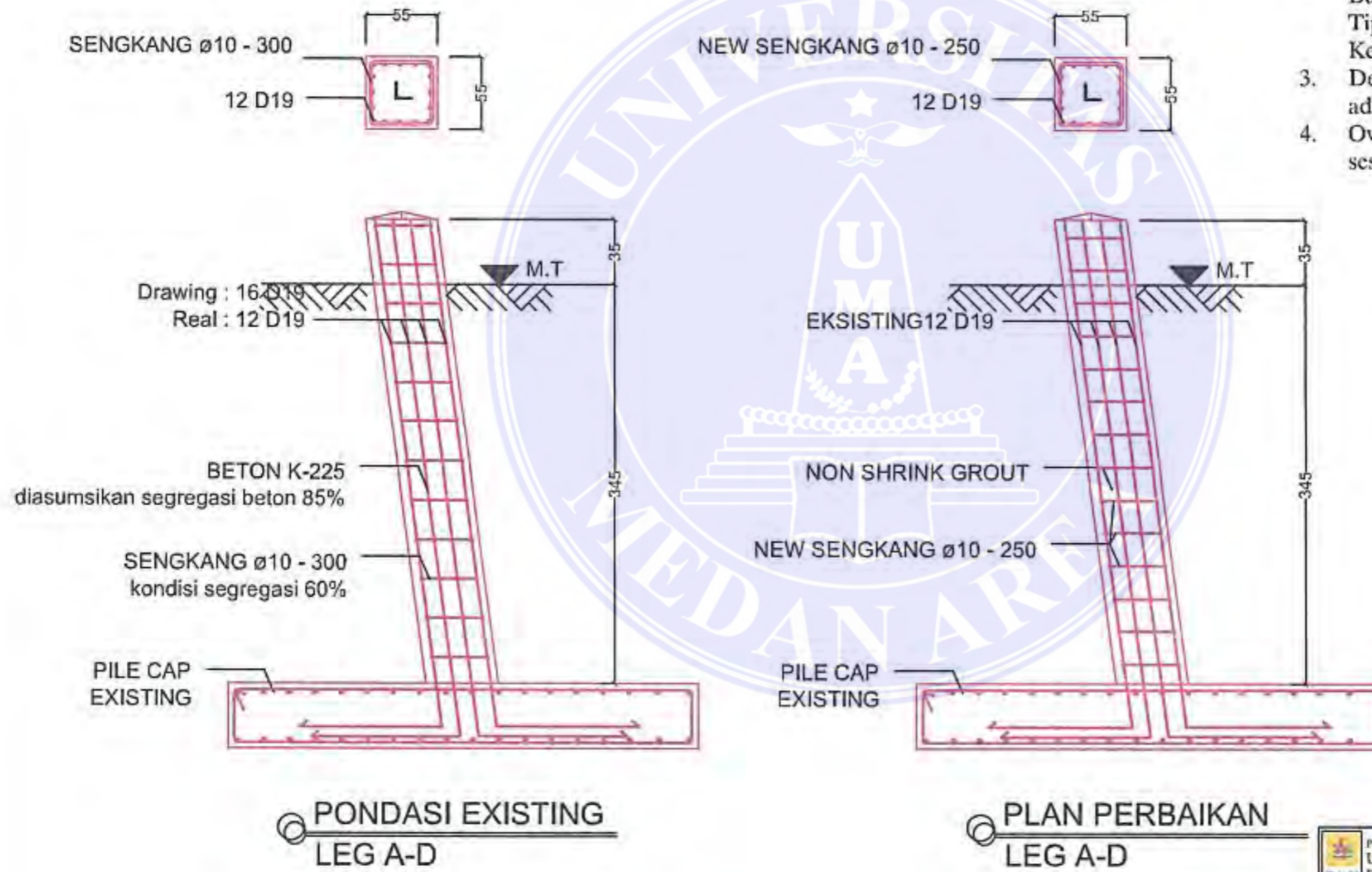
DAFTAR PUSTAKA

- Angga Josua sumajouw, Ronny Pandaleke, Steenie E. Wallah. (2018). Perbandingan Kuat Tekan Menggunakan Hammer Test Pada Benda Uji Portal Beton Bertulang dan Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan Pada Benda Uji Kubus. *Sipil Statik*, 943-944.
- Asnudin, S. (2018). Penerapan Manajemen Konstruksi Pada Tahap Kontroling Proyek. *Sipil Statik*, 897.
- Astuti, P. K. (2013). *Perkuatan Talud dan Pondasi Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. ARIO Wirawan Kota Salatiga Menggunakan Metode Grouting Semen Pada Tanah Timbunan*. Semarang: UNS.
- Eratodi I G.L.B dan IG.N.P. Dharmayasa. (2016). Analisis Dinding Penahan Tanah dengan Pondasi Tiang Bor (Studi Kasus Tower PLN SUTT 150 KV No.71 di Jalan Gatot Subroto Barat Denpasar). *Dinamika Rekayasa*, 71-78.
- Isneini, M. (2009). Kerusakan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang. *Rekayasa*, 260-261.
- Mochtar, Indrasurya B, Braja M. Das, dan Noor Endah. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Erlangga.
- Muhammad Sofyan, Dicki Dian Purnama, Abdul Rokhman. (2018). Perilaku Struktur Tower Transmisi Tipe Suspension Terhadap Beban Angin. *Forum Mekanika*, 13-14.
- Nugraha Arya, Anto Budi Listyawan dan suhendro Trinugroho. (2013). Desain Dimensi Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Program GEO %. *Teknik Sipil*, 9-14.
- Pamungkas, A. d. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: ANDI.
- Sulardi. (2018). Perbaikan Pengelupasan dan Rempal Beton eksisting dengan Metode Grouting Microconcrete. *Jurnal Teknik Sipil*, 29-35.
- Syafruddin. (2004). Desain Dinding Penahan tanah (retaining walls) di Tanah Rawa Pada Proyek Jalan. *Info-Teknik*, 103-109.
- Zalukhu, T. S. (2019). *Analisa Kestabilan Dinding Penahan Tanah pada Ruas Jalan tarutung - Sibolga STA 23 + 250 - STA 23 + 270*. Medan: Politeknik Negeri Medan.

LAMPIRAN

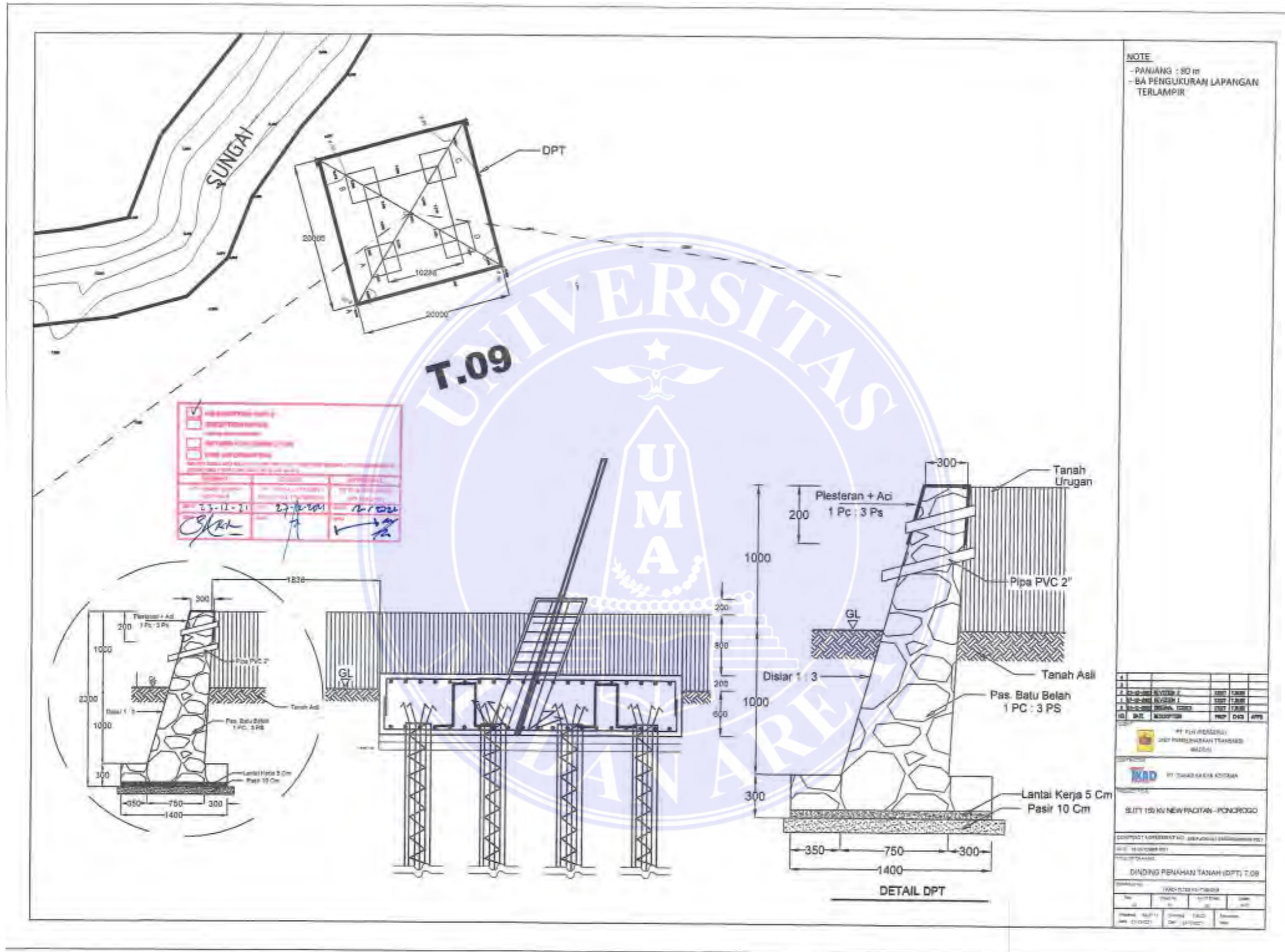
CATATAN :

1. All dimension in centimeter (cm)
2. Gambar Eksisting berdasarkan gambar As Built Drawing:
Tipe Tower : BB6+9
Kelas pondasi : kelas 2
3. Detail konstruksi yang akan diperbaiki adalah pada Chimney Pondasi
4. Overlapping rebar agar dikondisikan agar sesuai standar yaitu 40 x diameter



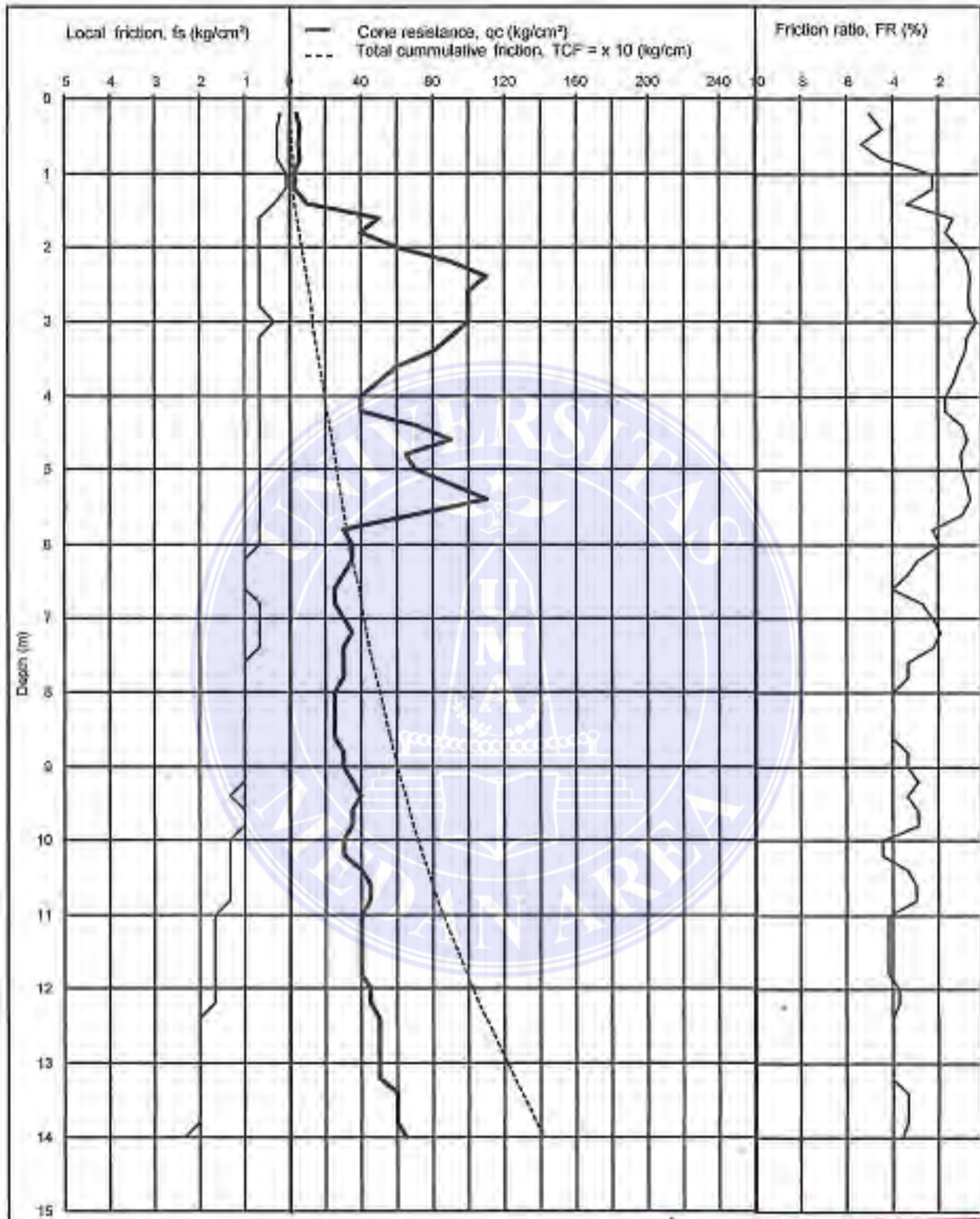
FOR REFERENCE ONLY

PT. PLN (PERSERO) UNIT INDUK TRANSMISI JAWA BAGIAN TIMUR DAN BALI Bidang Perencanaan, Sub-Bidang Enjiniring		
DETAIL DESAIN PERBAIKAN ANOMALI PONDASI SUTT 150 kV T.23 PCTAN - PROGO		
DIGAMBAR	DIPERIKSA	DISETUIJUI
RZII:	ANSI:	SIPK:
LEMBAR : 1 / 1	TGL.	GHS. NO.



GAMBAR LEG TYPICAL PONDASI T.09 DAN DETAIL DINDING PENAHAN TANAH

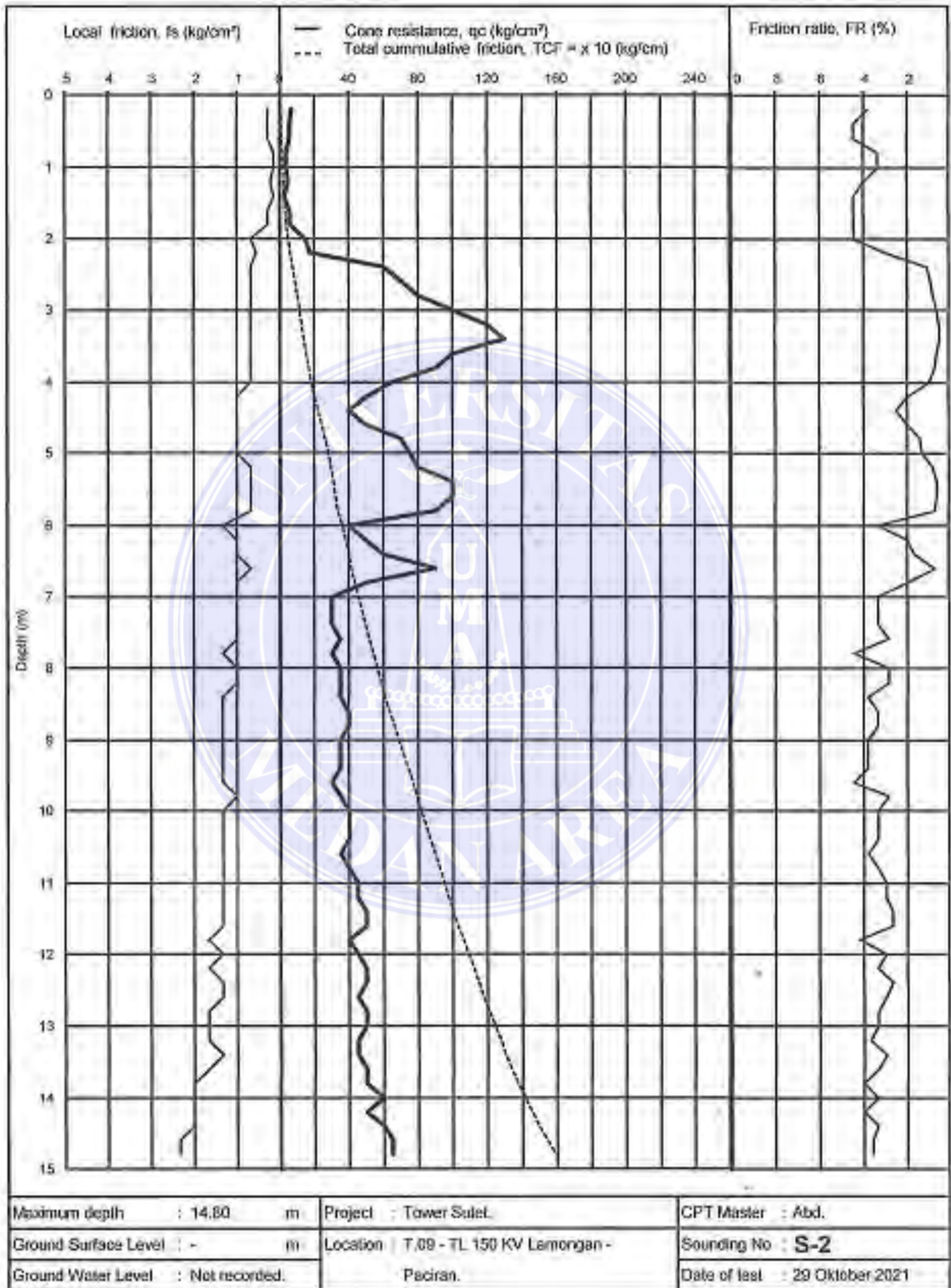
A.1.1. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



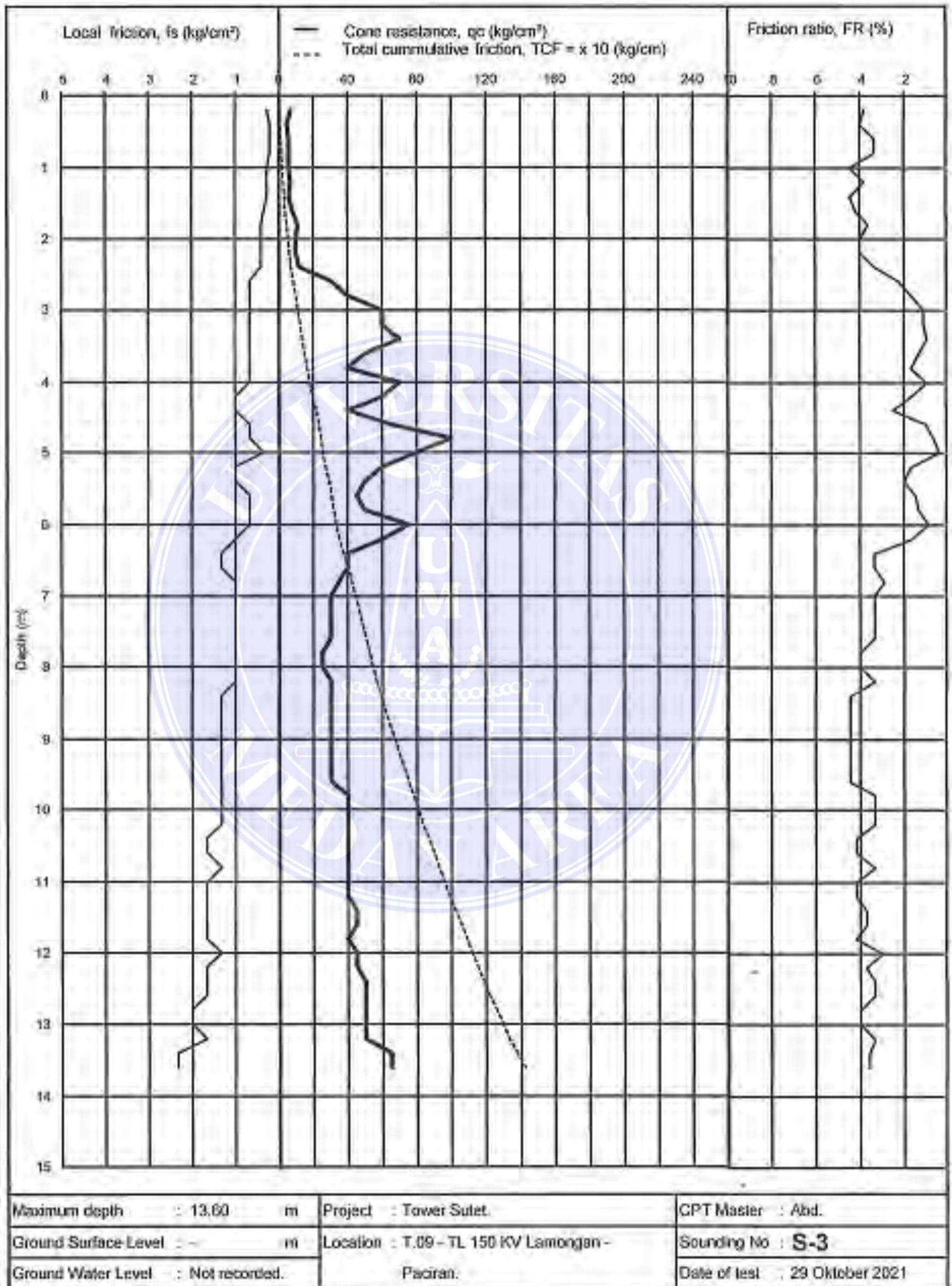
Maximum depth	: 14.00	m	Project	: Tower Suel.
Ground Surface Level	: -	m	Location	: T.09 - Tl. 150 KV Lamongan -
Ground Water Level	: Not recorded,			Packran

<input checked="" type="checkbox"/>	NO RECORDING REQUIRED	CPT Master	: Abd.
<input type="checkbox"/>	NO RECORDING REQUIRED	Sounding No	: S-1
<input type="checkbox"/>	NO RECORDING REQUIRED	Date of test	: 29 October 2021
APPROVAL		APPROVAL	
By: <i>[Signature]</i>	Date: 16/11/2021	By: <i>[Signature]</i>	Date: 16/11/2021

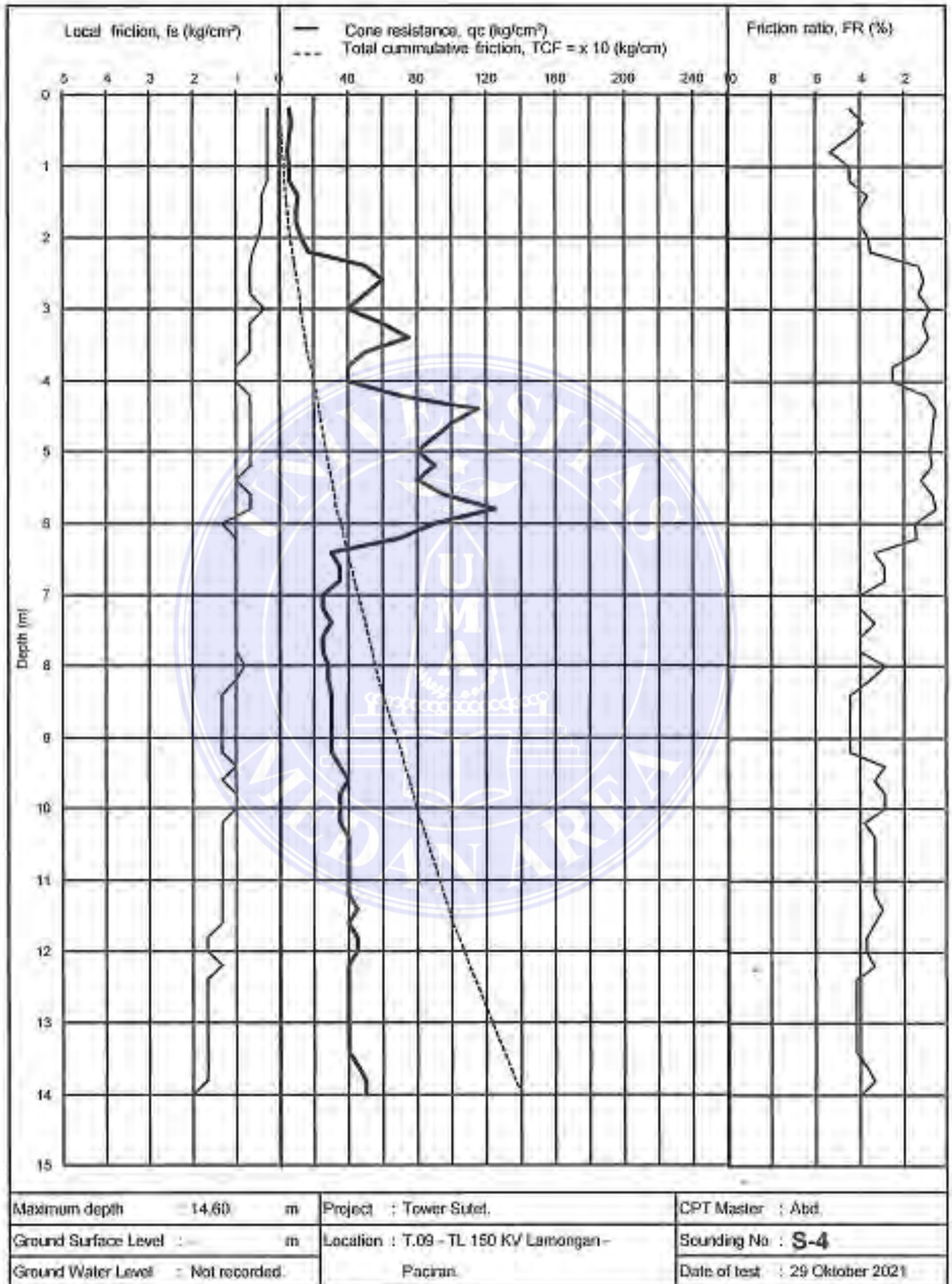
A.1.2. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



A.1.3. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



A.1.4. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT									
PROJECT : TRANSMISSION LINE 150 KV LAMONGAN - PADIRAN					OPERATOR : YESTANA SBY				
MAIN CONT. : PT. TUNAS KARYA ADITAMA					G.W.L : 15 M				
NO SONDIR : T.09 TITIK : 51					AREA : SAWAH				
S :					VILAGE : LAMONGAN				
E :					DATE : 29-10-21				
Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	HLw(Tw-Cw) (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	IF = HL/10 (kg/cm ²)	IF x 20 (cm)	SP ^a (kg/cm)	Ft (%)	Local Description
0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.20	4	7	3	4.00	0.20	6.00	6.00	7.50	
0.40	8	10	4	6.00	0.40	8.00	14.00	6.67	
0.60	5	9	4	5.00	0.40	8.00	22.00	8.00	
0.80	6	10	4	6.00	0.40	8.00	30.00	6.67	
1.00	3	4	1	3.00	0.10	2.00	32.00	3.33	
1.20	3	6	1	3.00	0.10	2.00	34.00	3.33	
1.40	10	15	5	10.00	0.50	10.00	44.00	5.00	
1.60	50	60	10	50.00	1.00	20.00	64.00	2.00	
1.80	40	50	10	40.00	1.00	20.00	84.00	2.50	
2.00	60	70	10	60.00	1.00	20.00	104.00	1.67	
2.20	90	100	10	90.00	1.00	20.00	124.00	1.11	
2.40	110	130	10	110.00	1.00	20.00	144.00	0.91	
2.60	100	110	10	100.00	1.00	20.00	164.00	1.00	
2.80	100	115	15	100.00	1.50	30.00	184.00	1.50	
3.00	100	115	15	100.00	1.50	30.00	204.00	1.50	
3.20	95	100	5	95.00	0.50	10.00	224.00	0.53	
3.40	80	90	10	80.00	1.00	20.00	254.00	1.25	
3.60	60	70	10	60.00	1.00	20.00	274.00	1.67	
3.80	50	60	10	50.00	1.00	20.00	294.00	2.00	
4.00	40	50	10	40.00	1.00	20.00	314.00	2.50	
4.20	40	50	10	40.00	1.00	20.00	334.00	2.50	
4.40	70	80	10	70.00	1.00	20.00	354.00	1.43	
4.60	90	100	10	90.00	1.00	20.00	374.00	1.11	
4.80	65	75	10	65.00	1.00	20.00	394.00	1.54	
5.00	70	80	10	70.00	1.00	20.00	414.00	1.43	
5.20	90	100	10	90.00	1.00	20.00	434.00	1.11	
5.40	110	120	10	110.00	1.00	20.00	454.00	0.91	
5.60	70	80	10	70.00	1.00	20.00	474.00	1.43	
5.80	90	40	10	30.00	1.00	20.00	494.00	3.33	
6.00	25	45	20	25.00	2.00	40.00	514.00	6.00	
6.20	35	50	15	35.00	1.50	30.00	534.00	4.29	
6.40	30	45	15	30.00	1.50	30.00	554.00	5.00	
6.60	35	40	5	35.00	0.50	10.00	574.00	1.43	
6.80	25	45	20	25.00	2.00	40.00	594.00	8.00	
7.00	30	40	10	30.00	1.00	20.00	614.00	3.33	
7.20	35	45	10	35.00	1.00	20.00	634.00	2.86	
7.40	90	40	10	30.00	1.00	20.00	654.00	3.33	
7.60	30	45	15	30.00	1.50	30.00	674.00	5.00	
7.80	30	45	15	30.00	1.50	30.00	694.00	5.00	
8.00	35	40	5	35.00	0.50	10.00	714.00	1.43	
8.20	35	40	5	35.00	0.50	10.00	734.00	1.43	
8.40	35	40	5	35.00	0.50	10.00	754.00	1.43	
8.60	25	40	15	25.00	1.50	30.00	774.00	6.00	
8.80	30	45	15	30.00	1.50	30.00	794.00	5.00	
9.00	90	45	15	30.00	1.50	30.00	814.00	6.00	
9.20	35	50	15	35.00	1.50	30.00	834.00	4.29	
9.40	40	100	60	40.00	6.00	120.00	854.00	15.00	
9.60	35	50	15	35.00	1.50	30.00	874.00	4.29	
9.80	35	50	15	35.00	1.50	30.00	894.00	4.29	
10.00	30	50	20	30.00	2.00	40.00	914.00	6.67	

DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT									
PROJECT : TRANSMISION LINE 150 KV LAMONGAN - PACIRAN					OPERATOR : TESTANA SEY				
MAIN CONT. : PT. TUNAS KARYA ADITAMA					G.W.L : 15 M				
NO SONDIR : T.09 TITIK : 51					AREA : SAWAH				
S : :					VILLAGE : LAMONGAN				
E : :					DATE : 29-10-21				
Depth (m)	Cu (kg/cm ²)	Tu (kg/cm ²)	HL=(Tu-Cu) (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	LP = HL/10 (kg/cm ²)	LP x 20 cm	JHP (kg/cm)	Fv (%)	Local Description
10,20	30	50	20	30,00	3,00	60,00	1174,00	6,67	
10,40	40	60	20	40,00	3,00	60,00	1214,00	5,00	
10,60	45	65	20	45,00	3,00	60,00	1254,00	4,44	
10,80	45	65	20	45,00	3,00	60,00	1294,00	4,44	
11,00	40	65	25	40,00	3,50	50,00	1344,00	6,25	
11,20	40	65	25	40,00	3,50	50,00	1394,00	6,25	
11,40	40	65	25	40,00	3,50	50,00	1444,00	6,25	
11,60	40	65	25	40,00	3,50	50,00	1494,00	6,25	
11,80	40	65	25	40,00	3,50	50,00	1544,00	6,25	
12,00	40	70	30	40,00	3,00	60,00	1604,00	7,50	
12,20	40	70	30	40,00	3,00	60,00	1664,00	7,50	
12,40	50	80	30	50,00	3,00	60,00	1724,00	6,00	
12,60	50	80	30	50,00	3,00	60,00	1784,00	6,00	
12,80	50	80	30	50,00	3,00	60,00	1844,00	6,00	
13,00	50	80	30	50,00	3,00	60,00	1904,00	6,00	
13,20	50	80	30	50,00	3,00	60,00	1964,00	6,00	
13,40	60	90	30	60,00	3,00	60,00	2024,00	5,00	
13,60	60	90	30	60,00	3,00	60,00	2084,00	5,00	
13,80	60	90	30	60,00	3,00	60,00	2144,00	5,00	
14,00	65	200	135	65,00	13,50	270,00	2414,00	30,77	
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									
15,20									
15,40									
15,60									
15,80									
16,00									
16,20									
16,40									
16,60									
16,80									
17,00									
17,20									
17,40									
17,60									
17,80									
18,00									
18,20									
18,40									
18,60									
18,80									
19,00									
19,20									
19,40									
19,60									
19,80									
20,00									

DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT

PROJECT : TRANSMISION LINE 150 KV LAMONGAN - PACIRAN
 MAIN CONT. : PT. TUNAS KARYA ADITAMA
 NO SONDIR : T.09 TITIK : 52
 S :
 E :

OPERATOR : TESTANA SBY
 G.W.L : 15 M
 AREA : SAWAH
 VILLAGE : LAMONGAN
 DATE : 29-10-21

Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	HL=(Tw-Cw) (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	LF = HL/30 (kg/cm ²)	LF x 20 cm	JHP (kg/cm)	Ff (%)	Local Description
0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,20	7	11	4	7,00	0,40	8,00	8,00	5,71	
0,40	6	10	4	6,00	0,40	8,00	16,00	6,67	
0,60	6	10	4	6,00	0,40	8,00	24,00	6,67	
0,80	4	6	2	4,00	0,20	4,00	28,00	5,00	
1,00	4	8	2	4,00	0,20	4,00	32,00	5,00	
1,20	5	8	3	5,00	0,30	6,00	38,00	6,00	
1,40	2	5	3	2,00	0,30	6,00	44,00	15,00	
1,60	6	10	4	6,00	0,40	8,00	52,00	6,67	
1,80	8	10	4	6,00	0,40	8,00	60,00	6,67	
2,00	15	25	10	15,00	1,00	20,00	80,00	6,67	
2,20	18	26	8	18,00	0,80	16,00	96,00	4,44	
2,40	60	70	10	60,00	1,00	20,00	116,00	1,87	
2,60	70	80	10	70,00	1,00	20,00	136,00	1,43	
2,80	80	90	10	80,00	1,00	20,00	156,00	1,25	
3,00	100	110	10	100,00	1,00	20,00	176,00	1,00	
3,20	120	130	10	120,00	1,00	20,00	196,00	0,83	
3,40	130	140	10	130,00	1,00	20,00	216,00	0,77	
3,60	100	110	10	100,00	1,00	20,00	236,00	1,00	
3,80	90	100	10	90,00	1,00	20,00	256,00	1,11	
4,00	65	75	10	65,00	1,00	20,00	276,00	1,54	
4,20	50	55	5	50,00	0,50	10,00	286,00	1,00	
4,40	40	55	15	40,00	1,50	30,00	316,00	1,75	
4,60	50	65	15	50,00	1,50	30,00	346,00	1,00	
4,80	70	85	15	70,00	1,50	30,00	376,00	2,14	
5,00	75	90	15	75,00	1,50	30,00	406,00	2,00	
5,20	80	90	10	80,00	1,00	20,00	426,00	1,25	
5,40	100	110	10	100,00	1,00	20,00	446,00	1,00	
5,60	100	110	10	100,00	1,00	20,00	466,00	1,00	
5,80	90	100	10	90,00	1,00	20,00	486,00	1,11	
6,00	40	60	20	40,00	2,00	40,00	526,00	5,00	
6,20	50	65	15	50,00	1,50	30,00	556,00	1,00	
6,40	60	75	15	60,00	1,50	30,00	586,00	2,50	
6,60	90	100	10	90,00	1,00	20,00	606,00	1,11	
6,80	50	65	15	50,00	1,50	30,00	636,00	1,00	
7,00	30	45	15	30,00	1,50	30,00	666,00	5,00	
7,20	30	40	10	30,00	1,00	20,00	686,00	3,33	
7,40	30	45	15	30,00	1,50	30,00	716,00	5,00	
7,60	35	50	15	35,00	1,50	30,00	746,00	4,29	
7,80	30	50	20	30,00	2,00	40,00	786,00	6,67	
8,00	35	50	15	35,00	1,50	30,00	816,00	4,29	
8,20	35	50	15	35,00	1,50	30,00	846,00	4,29	
8,40	35	50	15	35,00	1,50	30,00	876,00	4,29	
8,60	40	60	20	40,00	2,00	40,00	916,00	5,00	
8,80	40	60	20	40,00	2,00	40,00	956,00	5,00	
9,00	35	55	20	35,00	2,00	40,00	996,00	5,71	
9,20	35	55	20	35,00	2,00	40,00	1036,00	5,71	
9,40	35	55	20	35,00	2,00	40,00	1076,00	5,71	
9,60	30	50	20	30,00	2,00	40,00	1116,00	6,67	
9,80	35	50	15	35,00	1,50	30,00	1146,00	4,29	
10,00	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1186,00	5,00	

DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT

PROJECT : TRANSMISION LINE 150 KV LAMONGAN - PACIRAN

MAIN CONT. : PT. TUNAS KARYA ADITAMA

NO SONDIR : T.09 TITIK : S2

S :

E :

OPERATOR :

TESTANA SBY

G.W.L :

15 M

AREA :

SAWAH

VILLAGE :

LAMONGAN

DATE :

29-10-21

Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	HL=(Tw-Cw) (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	LF = HL/10 (kg/cm ²)	LF x 20 cm	IFP (kg/cm)	Ff (%)	Local Description
10,20	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1226,00	5,00	
10,40	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1266,00	5,00	
10,60	35	55	20	35,00	2,00	40,00	1306,00	5,71	
10,80	40	55	15	40,00	1,50	30,00	1336,00	3,75	
11,00	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1386,00	6,25	
11,20	55	65	10	55,00	1,00	20,00	1406,00	1,82	
11,40	50	70	20	50,00	2,00	40,00	1446,00	4,00	
11,60	40	70	30	40,00	3,00	60,00	1506,00	7,50	
11,80	45	65	20	45,00	2,00	40,00	1546,00	4,44	
12,00	45	65	20	45,00	2,00	40,00	1586,00	4,44	
12,20	50	75	25	50,00	2,50	50,00	1636,00	5,00	
12,40	50	70	20	50,00	2,00	40,00	1676,00	4,00	
12,60	45	65	20	45,00	2,00	40,00	1716,00	4,44	
12,80	50	75	25	50,00	2,50	50,00	1766,00	5,00	
13,00	50	75	25	50,00	2,50	50,00	1816,00	5,00	
13,20	45	70	25	45,00	2,50	50,00	1866,00	5,56	
13,40	45	65	20	45,00	2,00	40,00	1906,00	4,44	
13,60	50	75	25	50,00	2,50	50,00	1956,00	5,00	
13,80	50	80	30	50,00	3,00	60,00	2016,00	6,00	
14,00	60	90	30	60,00	3,00	60,00	2076,00	5,00	
14,20	50	80	30	50,00	3,00	60,00	2136,00	6,00	
14,40	60	90	30	60,00	3,00	60,00	2196,00	5,00	
14,60	65	200	135	65,00	13,50	270,00	2466,00	20,77	
14,80									
15,00									
15,20									
15,40									
15,60									
15,80									
16,00									
16,20									
16,40									
16,60									
16,80									
17,00									
17,20									
17,40									
17,60									
17,80									
18,00									
18,20									
18,40									
18,60									
18,80									
19,00									
19,20									
19,40									
19,60									
19,80									
20,00									

DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT									
PROJECT : TRANSMISION LINE 150 KV LAMONGAN - PACIRAN					OPERATOR : TESTANA SBY				
MAIN CONT. : PT. TUNAS KARYA ADITAMA					G.W.L : 15 M				
NO SONDIR : T.09 TITIK : S3					AREA : SAWAH				
S : :					VILLAGE : LAMONGAN				
E : :					DATE : 29-10-21				
Depth (m)	C _{sw} (kg/cm ²)	T _w (kg/cm ²)	HL=(T _w -C _{sw}) (kg/cm ²)	q _c (kg/cm ²)	LF = HL/10 (kg/cm ²)	LF x 20 cm	JHP (kg/cm)	F _r (%)	Local Description
0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,20	7	11	4	7,00	0,40	8,00	8,00	5,71	
0,40	5	8	3	5,00	0,30	6,00	14,00	6,00	
0,60	6	9	3	6,00	0,30	6,00	20,00	5,00	
0,80	6	9	3	6,00	0,30	6,00	26,00	5,00	
1,00	6	10	4	6,00	0,40	8,00	34,00	6,67	
1,20	7	11	4	7,00	0,40	8,00	42,00	5,71	
1,40	6	10	4	6,00	0,40	8,00	50,00	6,67	
1,60	8	13	5	8,00	0,50	10,00	60,00	6,25	
1,80	11	17	6	11,00	0,60	12,00	72,00	5,45	
2,00	10	14	4	10,00	0,40	8,00	80,00	4,00	
2,20	10	16	6	10,00	0,60	12,00	92,00	6,00	
2,40	13	18	5	13,00	0,50	10,00	102,00	1,85	
2,60	30	40	10	30,00	1,00	20,00	122,00	3,33	
2,80	40	50	10	40,00	1,00	20,00	142,00	2,50	
3,00	60	70	10	60,00	1,00	20,00	162,00	1,67	
3,20	60	70	10	60,00	1,00	20,00	182,00	1,67	
3,40	70	80	10	70,00	1,00	20,00	202,00	1,43	
3,60	50	60	10	50,00	1,00	20,00	222,00	2,00	
3,80	40	50	10	40,00	1,00	20,00	242,00	2,50	
4,00	70	80	10	70,00	1,00	20,00	262,00	1,43	
4,20	40	75	15	60,00	1,50	30,00	292,00	2,50	
4,40	40	55	15	40,00	1,50	30,00	322,00	3,75	
4,60	65	75	10	65,00	1,00	20,00	342,00	1,54	
4,80	100	110	10	100,00	1,00	20,00	362,00	1,00	
5,00	80	85	5	80,00	0,50	10,00	372,00	0,63	
5,20	60	75	15	60,00	1,50	30,00	402,00	2,50	
5,40	50	65	15	50,00	1,50	30,00	432,00	3,00	
5,60	45	45	0	45,00	0,00	0,00	452,00	0,00	
5,80	50	65	15	50,00	1,50	30,00	462,00	3,00	
6,00	75	85	10	75,00	1,00	20,00	482,00	1,33	
6,20	60	70	10	60,00	1,00	20,00	502,00	1,67	
6,40	40	60	20	40,00	2,00	40,00	542,00	5,00	
6,60	40	60	20	40,00	2,00	40,00	582,00	5,00	
6,80	25	50	25	25,00	2,50	50,00	632,00	10,00	
7,00	30	45	15	30,00	1,50	30,00	662,00	5,00	
7,20	30	45	15	30,00	1,50	30,00	692,00	5,00	
7,40	30	45	15	30,00	1,50	30,00	722,00	5,00	
7,60	30	45	15	30,00	1,50	30,00	752,00	5,00	
7,80	25	40	15	25,00	1,50	30,00	782,00	6,00	
8,00	25	40	15	25,00	1,50	30,00	812,00	6,00	
8,20	30	45	15	30,00	1,50	30,00	842,00	5,00	
8,40	30	50	20	30,00	2,00	40,00	882,00	6,67	
8,60	30	50	20	30,00	2,00	40,00	922,00	6,67	
8,80	30	50	20	30,00	2,00	40,00	962,00	6,67	
9,00	30	50	20	30,00	2,00	40,00	1002,00	6,67	
9,20	30	50	20	30,00	2,00	40,00	1042,00	6,67	
9,40	30	50	20	30,00	2,00	40,00	1082,00	6,67	
9,60	30	50	20	30,00	2,00	40,00	1122,00	6,67	
9,80	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1162,00	5,00	
10,00	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1202,00	5,00	

DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT									
PROJECT : TRANSMISION LINE 150 KV LAMONGAN - PACIRAN					OPERATOR : TESTANA SBY				
MAIN CONTR. : PT. TUNAS KARYA ADITAMA					G.W.L : 15 M				
NO SONDIR : T.09 TITIK : S3					AREA : SAWAH				
S :					VILLAGE : LAMONGAN				
E :					DATE : 29-10-23				
Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Fw (kg/cm ²)	HL _c (Fw-Cw) (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	LF = HL _c /10 (kg/cm ²)	LF x 20 cm	#FP (kg/cm)	Fr (%)	Local Description
10,20	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1242,00	5,00	
10,40	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1292,00	6,25	
10,60	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1342,00	6,25	
10,80	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1382,00	5,00	
11,00	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1432,00	6,25	
11,20	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1482,00	6,25	
11,40	45	70	25	45,00	2,50	50,00	1532,00	5,56	
11,60	45	70	25	45,00	2,50	50,00	1582,00	5,56	
11,80	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1632,00	6,25	
12,00	45	65	20	45,00	2,00	40,00	1672,00	4,44	
12,20	45	70	25	45,00	2,50	50,00	1722,00	5,56	
12,40	50	75	25	50,00	2,50	50,00	1772,00	5,00	
12,60	50	75	25	50,00	2,50	50,00	1822,00	5,00	
12,80	50	80	30	50,00	3,00	60,00	1862,00	6,00	
13,00	50	80	30	50,00	3,00	60,00	1912,00	6,00	
13,20	50	75	25	50,00	2,50	50,00	1962,00	5,00	
13,40	65	100	35	65,00	3,50	70,00	2052,00	5,38	
13,60	65	200	135	85,00	13,50	270,00	2332,00	20,77	
13,80									
14,00									
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									
15,20									
15,40									
15,60									
15,80									
16,00									
16,20									
16,40									
16,60									
16,80									
17,00									
17,20									
17,40									
17,60									
17,80									
18,00									
18,20									
18,40									
18,60									
18,80									
19,00									
19,20									
19,40									
19,60									
19,80									
20,00									

DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT

PROJECT : TRANSMISION LINE 150 KV LAMONGAN - PACIRAN

MAIN CONT. : PT. TUNAS KARYA ADIFAMA

NO SONDIR : T.09 TITIK : 54

S
T
E

OPERATOR : TESTANA SBY

G.W.L : 15 M

AREA : SAWAH

VILLAGE : LAMONGAN

DATE : 29-10-21

Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	HL=(Tw-Cw) (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	LF = HL/10 (kg/cm ²)	LF + 20 cm	JHP (kg/cm)	Ft (%)	Local Description
0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,20	6	10	4	6,00	0,40	8,00	8,00	6,67	
0,40	7	11	4	7,00	0,40	8,00	16,00	5,71	
0,60	6	10	4	6,00	0,40	8,00	24,00	6,67	
0,80	5	9	4	5,00	0,40	8,00	32,00	8,00	
1,00	6	10	4	6,00	0,40	8,00	40,00	6,67	
1,20	6	10	4	6,00	0,40	8,00	48,00	6,67	
1,40	11	17	6	11,00	0,60	12,00	60,00	5,45	
1,60	10	16	6	10,00	0,60	12,00	72,00	6,00	
1,80	10	16	6	10,00	0,60	12,00	84,00	6,00	
2,00	12	20	8	12,00	0,80	16,00	100,00	6,67	
2,20	17	26	9	17,00	0,90	18,00	118,00	5,29	
2,40	30	40	10	30,00	1,00	20,00	138,00	2,00	
2,60	60	70	10	60,00	1,00	20,00	158,00	1,67	
2,80	10	60	10	50,00	1,00	20,00	178,00	2,00	
3,00	40	45	5	40,00	0,50	10,00	198,00	1,25	
3,20	60	70	10	60,00	1,00	20,00	208,00	1,67	
3,40	75	85	10	75,00	1,00	20,00	228,00	1,33	
3,60	50	60	10	50,00	1,00	20,00	248,00	2,00	
3,80	40	55	15	40,00	1,50	30,00	278,00	1,25	
4,00	40	55	15	40,00	1,50	30,00	308,00	1,25	
4,20	70	80	10	70,00	1,00	20,00	328,00	1,43	
4,40	115	125	10	115,00	1,00	20,00	348,00	0,87	
4,60	100	110	10	100,00	1,00	20,00	368,00	1,00	
4,80	90	100	10	90,00	1,00	20,00	388,00	1,11	
5,00	80	90	10	80,00	1,00	20,00	408,00	1,25	
5,20	90	100	10	90,00	1,00	20,00	428,00	1,11	
5,40	80	85	5	80,00	0,50	10,00	438,00	0,63	
5,60	95	105	10	95,00	1,00	20,00	458,00	1,05	
5,80	125	135	10	125,00	1,00	20,00	478,00	0,80	
6,00	90	110	20	90,00	2,00	40,00	518,00	2,22	
6,20	70	85	15	70,00	1,50	30,00	548,00	2,14	
6,40	50	45	15	30,00	1,50	30,00	578,00	3,00	
6,60	35	50	15	35,00	1,50	30,00	608,00	4,29	
6,80	35	50	15	35,00	1,50	30,00	638,00	4,29	
7,00	35	40	5	35,00	0,50	10,00	648,00	1,43	
7,20	35	40	5	35,00	0,50	10,00	658,00	1,43	
7,40	30	45	15	30,00	1,50	30,00	688,00	5,00	
7,60	25	40	15	25,00	1,50	30,00	718,00	6,00	
7,80	25	40	15	25,00	1,50	30,00	748,00	6,00	
8,00	28	40	12	28,00	1,20	24,00	772,00	4,29	
8,20	28	43	15	28,00	1,50	30,00	802,00	5,36	
8,40	30	50	20	30,00	2,00	40,00	842,00	6,67	
8,60	30	50	20	30,00	2,00	40,00	882,00	6,67	
8,80	30	50	20	30,00	2,00	40,00	922,00	6,67	
9,00	30	50	20	30,00	2,00	40,00	962,00	6,67	
9,20	30	50	20	30,00	2,00	40,00	1002,00	6,67	
9,40	35	50	15	35,00	1,50	30,00	1032,00	4,29	
9,60	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1072,00	5,00	
9,80	35	50	15	35,00	1,50	30,00	1102,00	4,29	
10,00	35	50	15	35,00	1,50	30,00	1142,00	4,29	

DUCT CONE PENETRATION TEST REPORT									
PROJECT : TRANSMISION LINE 150 KV LAMONGAN - PACIRAN					OPERATOR : TESTANA SBY				
MAIN CONF. : PT. TUNAS KARYA ADITAMA					G.W.L : 15 M				
NO SONDIR : T.09		TITIK : S4			AREA : SAWAH				
S :					VILLAGE : LAMONGAN				
E :					DATE : 29-10-23				
Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	T ₅₀ (kg/cm ²)	H ₅₀ =(T ₅₀ -Cw) (kg/cm ²)	q _r (kg/cm ²)	LF = H ₅₀ /10 (kg/cm ²)	LF x 20 cm	BHP (kg/cm)	Fr (%)	Local Description
10,20	35	55	20	35,00	2,00	40,00	1172,00	5,71	
10,40	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1212,00	5,00	
10,60	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1252,00	5,00	
10,80	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1292,00	5,00	
11,00	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1332,00	5,00	
11,20	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1372,00	5,00	
11,40	45	60	15	45,00	1,50	30,00	1402,00	3,33	
11,60	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1442,00	5,00	
11,80	45	70	25	45,00	2,50	50,00	1492,00	5,56	
12,00	45	70	25	45,00	2,50	50,00	1542,00	5,56	
12,20	40	60	20	40,00	2,00	40,00	1582,00	5,00	
12,40	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1632,00	6,25	
12,60	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1682,00	6,25	
12,80	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1732,00	6,25	
13,00	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1782,00	6,25	
13,20	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1832,00	6,25	
13,40	40	65	25	40,00	2,50	50,00	1882,00	6,25	
13,60	45	70	25	45,00	2,50	50,00	1932,00	5,56	
13,80	50	65	15	50,00	1,50	30,00	1962,00	3,00	
14,00	50	80	30	50,00	3,00	60,00	2022,00	6,00	
14,20	80	80	0	80,00	0,00	0,00	2022,00	0,00	
14,40	60	90	30	60,00	3,00	60,00	2082,00	5,00	
14,60	60	200	140	60,00	14,00	280,00	2362,00	23,33	
14,80									
15,00									
15,20									
15,40									
15,60									
15,80									
16,00									
16,20									
16,40									
16,60									
16,80									
17,00									
17,20									
17,40									
17,60									
17,80									
18,00									
18,20									
18,40									
18,60									
18,80									
19,00									
19,20									
19,40									
19,60									
19,80									
20,00									