

ULASAN PERBAIKAN STRUKTUR TANAH DASAR MENGUNAKAN CERUCUK, *LIMESTONE*, *GEOTEXTILE*, DAN SIRTU PADA LINTAS MANDAI-PALANRO

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian program studi
Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya



Diajukan Oleh:

IMAM ARYA ANDRIZAR

NOTAR: 19.03.046

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD

PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN

TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN

BEKASI

2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Kertas Kerja Wajib (KKW) ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : IMAM ARYA ANDRIZAR

Notar : 19.03.046

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

KERTAS KERJA WAJIB

**ULASAN PERBAIKAN STRUKTUR TANAH DASAR
MENGUNAKAN CERUCUK, *LIMESTONE*, *GEOTEXTILE*,
DAN SIRTU PADA LINTAS MANDAI-PALANRO**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

IMAM ARYA ANDRIZAR
NOTAR: 19.03.046

Telah disetujui oleh:

PEMBIMBING

Ir. Muhardono, BE
Tanggal: 27 Juli 2022

PEMBIMBING

Ir. J.R.C Hosang, MT
Tanggal: 27 Juli 2022

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI
PERKERETAAPIAN POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT
INDONESIA-STTD
BEKASI
2022**

KERTAS KERJA WAJIB

**ULASAN PERBAIKAN STRUKTUR TANAH DASAR
MENGUNAKAN CERUCUK, *LIMESTONE*, *GEOTEXTILE*,
DAN SIRTU PADA LINTAS MANDAI-PALANRO**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

IMAM ARYA ANDRIZAR

NOMOR TARUNA: 19.03.046

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI

PADA TANGGAL 04 AGUSTUS 2022

DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

DEWAN PENGUJI

<p>Penguji I</p> <p><u>Dr. Ir. Nico Djajasinga, M.Sc</u> NIP. 19571118 198303 1 002</p>	<p>Penguji II</p> <p><u>Utut Widyanto, M.Sc</u> NIP. 19840408 200604 1 002</p>
<p>Penguji III</p> <p><u>Drs. Eko Sudriyanto, MM</u> NIP. 19600806 198503 1 002</p>	<p>Penguji IV</p> <p><u>Ir. Muhardono, BE</u></p>
<p>Penguji V</p> <p><u>Ir. J.R.C Hosang, MT</u></p>	

**MENGETAHUI,
KETUA PROGRAM STUDI**

MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN

Ir. BAMBANG DRAJAT, MM
NIP.19581228 198903 1 002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Imam Arya Andrizar
Notar : 19.03.046
Program studi : D-III Manajemen transportasi perkeretaapian
Jenis karya : Tugas Akhir

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD. **Hal Bebas Royalti Non Eksekutif (*Non-Exclusive-Royalty-free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERBAIKAN STRUKTUR TANAH DASAR MENGGUNAKAN CERUCUK, *LIMESTONE*, *GEOTEXTILE*, DAN SIRTU PADA LINTAS MANDAI-PALANRO

Beserta perangkat yang ada jika diperlukan. Dengan hak bebas royalti non exclusive ini, PTDI-STTD berhak menyimpan, mengalihkan media / formatkan, mengelola dalam bentuk penggalan data, merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik hak cipta, demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bekasi

Pada tanggal : 10 Agustus 2022

Yang menyatakan

(Imam Arya Andrizar)

ABSTRACT

The construction of the baan body at the South Sulawesi Railway Management Center, precisely the Mandai - Palanro crossing at km 68+200 - km 68+700 along 500 m, was delayed. due to poor soil conditions. From the results of the research and visual identification, the soil in that location is silt or soft clay. Silt soil consists of small grains so that the mechanical properties are poor and unable to carry the load of the embankment above, while for shear forces on silt soils usually have relatively small shear forces. If the load exceeds the critical bearing capacity, a decrease will occur. In addition, the condition of the plains is quite low so that when it rains the water can stagnate. Unfavorable soil conditions can cause subsidence and a decrease in the body of the railroad when passing by rail facilities, so that the soil requires improvement of the subgrade structure.

To improve the structure of the subgrade at that location, it is necessary to strengthen the soil using dolken along 6 m with a diameter of 10 cm which are spaced 30 cm from one dolken to another, then piled up using limestone so that the chemicals in the limestone can be mixed. with subgrade so as to increase the bearing capacity of the soil, and covered with geotextile as a separator so that the pile below does not mix with the next pile, finally sprinkled with sand as reinforcement on the foundation above. So that the red soil heap process can be continued

Kata Kunci: Konstruksi Tubuh Baan, Lempung Lunak, Perbaikan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanu Wata'ala yang telah memberikan rahmat, taufik dan serta hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Kertas Kerja Wajib yang berjudul **"ULASAN PERBAIKAN STRUKTUR TANAH DASAR MENGGUNAKAN CERUCUK, LIMESTONE, GEOTEXTILE DAN SIRTU PADA LINTAS MANDAI-PALANRO"** pada kesempatan yang baik ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan keluarga besar yang saya cintai yang banyak memberikan dukungan serta doa dalam menyelesaikan pendidikan di PTDI-STTD;
2. Bapak M. Yani, ATD. MT selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD;
3. Bapak Ir. Bambang Drajat ,MM Selaku Ketua Program Studi D-III Manajemen Transportasi Perkeretaapian;
4. Bapak Ir. Muhardono, BE dan Bapak Ir. J.R.C Hosang, MT Selaku Dosen Pembimbing yang sudah membimbing dan mengarahkan langsung terhadap penulisan Kertas Kerja Wajib;
5. Bapak Ir. Amana Gappa, S.H.I., ST., MH., IPM selaku Kepala Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan;
6. Kakak-kakak alumni PTDI-STTD yang bekerja di Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan;
7. Segenap civitas akademik Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD;
8. Rekan Taruna/i TIM PKL Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan;
9. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan sehingga penyusunan Kertas Kerja Wajib ini dapat diselesaikan;

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala hormat, penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun demi kesempurnaan penulisan Karya Tulis Ilmiah ini selanjutnya. Akhir kata penulis berharap agar Karya Tulis Ilmiah ini dapat memberikan banyak manfaat bagi para pembaca khususnya.

Bekasi, 25 Juli 2022

Penulis

IMAM ARYA ANDRIZAR

NOTAR: 19.03.046

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Identifikasi Masalah	2
I.3 Rumusan Masalah	2
I.4 Maksud dan Tujuan	2
I.5 Batasan Masalah	3
BAB II GAMBARAN UMUM	4
II.1 Kondisi Geografis Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan	4
II.2 Arah Perkembangan Transportasi Perkeretaapian	6
II.3 Kondisi Konstruksi Jalan Rel	7
BAB III KAJIAN PUSTAKA	9
III.1 Aspek Legalitas	9
III.2 Aspek Teoritis	11
III.3 Aspek Teknis	13
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	24
IV.1 Alur Penelitian	24
IV.2 Bagan Alir Penelitian	25
IV.3 Metode Pengumpulan Data	26
IV.4 Lokasi Penelitian dan Jadwal Penelitian	28
IV.5 Alat dan Bahan Penelitian	28
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	29
V.1 Analisis kondisi tanah di lapangan	29
V.2 Analisis faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam perbaikan tanah	40
V.3 Analisis tahapan-tahapan perbaikan struktur tanah	43
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	39
VI.1 Kesimpulan	439
VI.2 Saran	439
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan	4
Gambar II. 2 peta progres konstruksi	6
Gambar II. 3 lokasi penelitian	7
Gambar III. 1 Daerah penelitian.....	13
Gambar III. 2 loading test	14
Gambar III. 3 penampang melintang jalan	16
Gambar III.4 grafik pengembangan tanah.....	20
Gambar IV. 1 bagan alir.....	25
Gambar IV. 2 Data Sondir	26
Gambar IV. 3 Data Boring Machine	27

DAFTAR TABEL

Tabel V.1 Nilai faktor daya dukung terzaghi.....	25
---	----

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api. Perkeretaapian umum adalah kereta api yang digunakan untuk melayani angkutan orang dan barang dengan dipungut bayaran. Perkeretaapian khusus adalah perkeretaapian yang hanya digunakan untuk menunjang kegiatan pokok atau badan usaha tertentu dan tidak digunakan untuk melayani masyarakat umum. Perkeretaapian antarkota adalah perkeretaapian yang melayani perpindahan orang dan/atau barang dari satu kota ke kota yang lain (PP NO 56, 2009).

Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api (UU NO 23, 2007).

Jalur kereta api merupakan jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukan bagi lalu lintas kereta api. Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, bawah tanah, dan di atas tanah atau tergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api (UU NO 23, 2007).

Pada konstruksi badan jalan rel di Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan lintas Mandai-Malanro sepanjang 102 KM masih banyak terdapat kendala dalam proses pembangunan. Khususnya pada KM 68+200-KM 68+700 yang merupakan daerah persawahan dan rawa dengan struktur tanah lunak.

I.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang bisa diidentifikasi berdasarkan latar belakang di atas adalah:

1. Keterlambatan konstruksi *subgrade* pada tahun 2022 khususnya pada km 68+200 s/d km 68+700.
2. Kondisi tanah yang merupakan tanah lunak sehingga memerlukan perbaikan pada struktur tanah.

I.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, dapat diidentifikasi beberapa masalah-masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi lahan yang akan di bangun jalan rel berdasarkan data dari Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan?
2. Apa saja faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam proses perbaikan struktur tanah menurut teori?
3. Apa saja tahapan yang harus dilakukan dalam perbaikan struktur tanah pada lokasi penelitian menurut teori?

I.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan ilmu-ilmu yang telah di dapat selama perkuliahan.
2. Menambah pengalaman di dunia kerja.
3. Memberikan alternatif pemecahan masalah perbaikan struktur tanah kepada Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisis kondisi lahan yang akan di bangun jalan rel berdasarkan data dari Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam proses perbaikan struktur tanah dasar menurut teori.
3. Menjelaskan proses perbaikan struktur tanah dasar menggunakan dolken, *limestone*, sirtu dan *geotextile* menurut teori.

I.5 Batasan Masalah

Penelitian ini di batasai hasil survey tim Praktek Kerja Lapangan Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan, ruang lingkup yang dibatasi antara lain:

1. Penelitian ini dilakukan secara visual pada lintas mandai-palanro khususnya pada KM 68+200-KM 68+700 sepanjang 500 M.
2. Tidak membahas anggaran biaya dalam proses perbaikan.
3. Menitik beratkan pada permasalahan dan faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam proses perbaikan struktur tanah.

BAB II

GAMBARAN UMUM

II.1 Kondisi Geografis Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan

Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan adalah unit pelaksana teknis di lingkungan kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perhubungan di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Direktorat Jenderal Perkeretaapian. Balai Pengelolaan Kereta Api Sulawesi Selatan terletak di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki luas wilayah 46.083,94 km. Secara umum kawasan Pusat Manajemen Perkeretaapian Sulawesi Selatan terdiri dari pegunungan, persawahan, laut, pemukiman dan perkotaan. Oleh karena itu, pekerjaan utama adalah pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan, pertambangan dan pariwisata. Di wilayah balai pengelola kereta api sulawesi selatan mempunyai banyak tempat-tempat wisata yaitu taman wisata batimurung, pantai losari, pantai tanjung bira, dan tanah toraja yang merupakan ciri khas dari masyarakat sulawesi selatan (Lapum Tim PKL BPKASS, 2022).



Sumber: Dokumentasi BPKASS, 2022

Gambar II. 1 Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan

Dalam menjalankan pedoman tersebut, Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan memiliki visi, misi, tugas pokok dan fungsi sebagaimana

kegiatan yang dilaksanakan di Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan.

- A. Visi Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan sejalan dengan visi Direktorat Jenderal Perkeretaapian, yaitu:

“Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan berupaya mewujudkan perkeretaapian yang andal, berdaya saing, terintegrasi, berteknologi, dan terjangkau di Pulau Sulawesi” (PM NO 26, 2020).

B. Misi

1. Mewujudkan konektivitas jaringan perkeretaapian yang terintegrasi dan berkelanjutan di wilayah kerja Badan Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan;
2. Mewujudkan pelayanan angkutan kereta api yang unggul dan terjangkau di wilayah kerja Dinas Perkeretaapian Sulawesi Selatan;
3. Tersedianya prasarana & sarana perkeretaapian yang nyaman dan andal;
4. Mewujudkan keselamatan transportasi kereta api yang efektif;
5. peningkatan kualitas tata kelola yang baik di Balai Pengelolaan Perkeretaapian Sulawesi Selatan.

C. Tugas Utama

Tugas Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 26 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan, adalah melaksanakan pengelolaan sarana dan prasarana perkeretaapian Sulawesi Selatan yang secara langsung bertanggung jawab kepada Direktorat Jenderal Perkeretaapian.

D. Fungsi

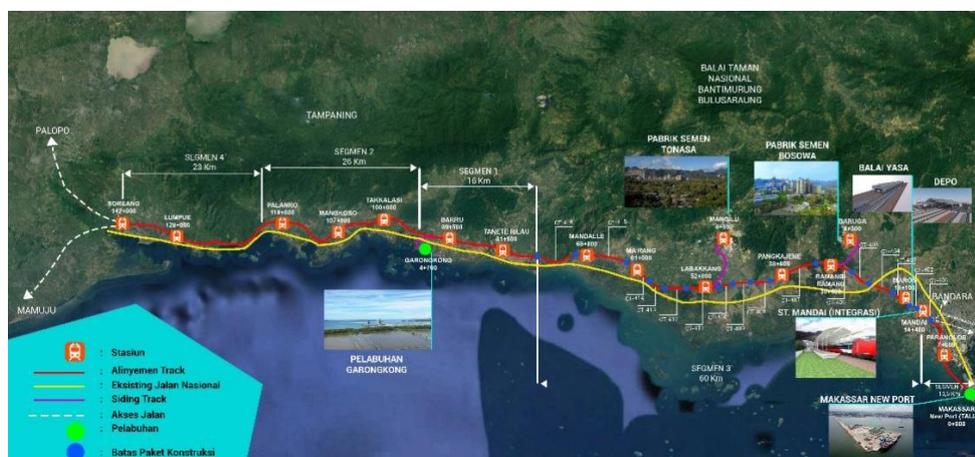
Dalam melaksanakan tugas tersebut, Balai Pengelola Perkeretaapian Sulawesi Selatan menyelenggarakan fungsi sebagai berikut:

1. Penyiapan perencanaan dan pelaksanaan pelayanan angkutan barang;
2. Perencanaan dan pelaksanaan pemeliharaan dan peningkatan sarana dan prasarana perkeretaapian di Pulau Sulawesi;

3. Perencanaan dan pelaksanaan pemanfaatan sarana dan prasarana perkeretaapian di Pulau Sulawesi, penyusunan peta perjalanan kereta api, dan kemitraan;
4. Penyusunan perencanaan dan pelaksanaan pengaturan, pengoperasian, dan pengendalian penggunaan fasilitas dan pengendalian;
5. Perumusan dan usulan tarif angkutan penumpang dan barang serta pemanfaatan aset;
6. Penyusunan petunjuk teknis dan/atau Prosedur Operasional Standar (SPO) pengelolaan kereta api;
7. Penyusunan rencana program dan anggaran;
8. Penyelenggaraan urusan keuangan, kepegawaian, kehumasan, hukum, kerjasama, teknologi informasi, data, dan pengelolaan Barang Milik Negara;
9. Pelaksanaan evaluasi dan pelaporan;

II.2 Arah Perkembangan Transportasi Perkeretaapian

Sampai tahun 2030 direncanakan akan dibangun secara bertahap prasarana perkeretaapian meliputi jalur, stasiun dan fasilitas operasi, persinyalan, balai yasa, dan depo kereta api sebagai berikut:



sumber: Laporan umum BPKASS, 2022

Gambar II. 2 Peta Progres Konstruksi

- a. Pengembangan jaringan dan pelayanan kereta api antarkota khususnya pada jalur: Makassar-Parepare, Makassar-Takalar-Bulukumba-Watampone, Manado-Bitung, Bitung-Gorontalo-Isimu, Malili-Kolaka, Kolaka-Kendari.

- b. Pengembangan jaringan dan layanan kereta api regional, yang meliputi: Mamminasata (Makassar, Maros, Sungguminasa, Takalar).
- c. Pengembangan dan layanan perkeretaapian perkotaan mencakup kota-kota berikut: Makassar dan Manado.
- d. Pengembangan jaringan dan pelayanan kereta api yang menghubungkan pusat kota dengan bandara, yaitu: Hasanuddin (Makassar).
- e. Pengembangan jaringan dan layanan kereta api yang menghubungkan kawasan sumber daya alam atau kawasan produksi dengan pelabuhan meliputi: Makassar (Sulawesi Selatan), Garongkong (Sulawesi Selatan) dan Bitung (Sulawesi Utara).
- f. Pengembangan layanan kereta api perintis.
- g. Pengembangan sistem persinyalan, telekomunikasi dan kelistrikan.
- h. Pengembangan stasiun kereta api termasuk fasilitas park and ride di pusat-pusat kegiatan strategis nasional, provinsi, dan kabupaten/kota.

II.3 Kondisi daerah penelitian

Wilayah studi penelitian ini berada di Kabupaten Pangkep tepatnya pada paket 415 (area konstruksi) yang disupervisi langsung oleh unit kerja Kabupaten Pangkep dengan luas pembangunan 4 km dalam paket ini. Yang menghubungkan stasiun Mandele dengan stasiun Ternate Rilau.



Sumber: Dokumentasi Progres Konstruksi BPKASS, 2022

Gambar II. 3 lokasi penelitian

Di penelitian ini termasuk dalam cakupan wilayah kerja balai pengelola kereta api Sulawesi Selatan di Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan khususnya pada KM 68+200 s/d KM 68+700 yang

merupakan area persawahan dengan struktur tanah lunak. Sehingga pada proses konstruksi harus dilakukan perbaikan struktur tanah terlebih dahulu sebelum proses penimbunan pada tubuh baan.

BAB III KAJIAN PUSTAKA

III.1 Perkeretaapian

1. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian.

Perkeretaapian sebagai salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik khusus dan keunggulan terutama terletak pada kemampuan kereta api yang mampu mengangkut orang dan/atau barang dalam jumlah banyak, menghemat energi dan ruang, mempunyai faktor keamanan yang tinggi, memiliki tingkat pencemaran yang rendah, serta lebih efisien dibandingkan dengan moda transportasi jalan untuk jarak jauh dan untuk daerah yang padat lalu lintasnya.

- a. Pasal 18

Pembangunan infrastruktur, pengoperasian infrastruktur, pemeliharaan infrastruktur, dan eksploitasi infrastruktur.

- b. Pasal 19

Tentang pembangunan prasarana perkeretaapian umum yang harus berpedoman pada rencana induk perkeretaapian dan memenuhi persyaratan teknis prasarana perkeretaapian.

- c. Pasal 20

Penyelenggaraan prasarana perkeretaapian umum sebagaimana dimaksud dalam Pasal 18 huruf b harus memenuhi standar kelayakan operasional prasarana perkeretaapian.

2. Spesifikasi teknis standar untuk pembangunan gedung, rel, jembatan dan rel kereta api tahun 2017, yang dikeluarkan oleh Direktur Djendral Prasarana. Pekerjaan ini meliputi pengadaan material tanah pilihan, pengangkutan material ke lokasi, peletakan dan pemadatan tanah untuk penimbunan atau penimbunan kembali, pekerjaan ini juga diawasi langsung oleh pengawas dari satuan kerja dan juga konsultan yang bertanggung jawab dalam memilih material tanah yang akan digunakan sebagai timbunan berikut karakteristik tanah yang akan digunakan sebagai timbunan.

- a. Bahan tanah yang dipilih tidak boleh mengandung bahan berbahaya, sampah, kotoran, dan bahan asing.
- b. Zat yang diklasifikasikan oleh sistem klasifikasi terpadu sebagai OL, OH, atau Pt tidak boleh digunakan sebagai bahan pilihan.
- c. Opsi harus memiliki batas cair maksimum 80% dan batas plastis maksimum 50% dengan indeks plastisitas tidak lebih dari 30% menurut ASTM D 4318.
- d. Nilai CBR laboratorium material timbunan tidak kurang dari 6% pada sampel tanah terendam yang dipadatkan hingga 95% dari kering maksimum menurut ASTM 698.
- e. Material coklat yang dipilih untuk tanggul tidak boleh mengandung *montmorillonit*. Konsultan berhak untuk meminta pengujian analisis mineral.
- f. Contoh tanah terpilih diambil oleh konsultan dan unsur dari Direktorat Jenderal Perkeretaapian untuk diuji di laboratorium untuk mendapat persetujuan digunakan sebagai bahan timbunan kembali.
- g. Hanya material yang disetujui oleh konsultan yang dapat digunakan sebagai material timbunan kembali. Apabila material yang dikirim ke lokasi pekerjaan tidak sesuai dengan yang telah disetujui, konsultan dapat menolak material tersebut dan kontraktor wajib mengeluarkannya dari lokasi pekerjaan.
- h. Pengambilan contoh material tanah yang dipilih tidak boleh digali sampai disetujui oleh konsultan
- i. Tanah yang dipilih harus kering pada saat pengumpulan material. Pada saat pengambilan material harus selalu memperhatikan kestabilan tanah untuk mencegah terjadinya longsor akibat galian dan ketentuan mengenai lingkungan dan keselamatan kerja.

Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan ini juga peralatan yang sesuai dalam prosedur konstruksi prasarana perkeretaapian adalah sebagai berikut:

- a. *Roller* / penggulung kaki domba
- b. Buldoser/motor grader
- c. Penggali

- d. Kapal tangki air
- e. Peralatan selain di atas dapat digunakan tetapi harus terlebih dahulu diserahkan dan disetujui oleh konsultan.

Implementasi tahapan-tahapan konstruksi prasarana juga harus sesuai dengan prosedur yang berlaku dalam standar spesifikasi teknis pembangunan bangunan sipil, rel, jembatan dan rel kereta api tahun 2017.

- a. Survey lapangan, kontraktor melakukan survey ini sesuai dengan gambar-gambar yang disetujui. Apabila terdapat perbedaan gambar dari lapangan atau diketahui perlu dilakukan perubahan, maka kontraktor harus menyerahkan perubahan tersebut kepada konsultan.
- b. Pelaksanaan timbunan, tanah dasar/tanah asli harus mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul beban dan tidak menimbulkan penurunan yang berlebihan. Setelah pengupasan tanah asli, sebelum menyebarkan timbunan, kontraktor harus memastikan bahwa timbunan tanah dasar memiliki nilai kerapatan dasar setara dengan 6% CBR dengan uji penetrometer inti dinamis (DCP) ASTM D 6951 atau perangkat lain yang setara.
- c. Jika tanah dasar memiliki nilai CBR kurang dari 6%, maka pekerjaan perbaikan pada struktur tanah dasar ASTM D 6951 harus dilakukan.
- d. Metode perbaikan tanah dasar harus disetujui oleh konsultan dan PPK.

III.2 Aspek Teoritis

1. Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut . Selain itu dalam arti lain tanah merupakan akumulasi partikel mineral atau ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral

yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang tersenyawa diantara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik bila hasil dari pelapukan tersebut diatas tetap berada pada tempat semula maka bagian ini disebut tanah sisa (*residu soil*). Hasil pelapukan terangkut ke tempat lain dan mengedap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawah (*transportationn soil*) Media pengakutan tanah berupa gravitasi, angin, air dan glaytser. Pada saat akan berpindah tempat, ukuran dan bentuk partikel-partikel dapat berubah dan berbagi dalam beberapa rentang ukuran (Anggara dkk, 2021)

2. Tanah Lempung

Tanah lempung adalah akumulasi partikel mineral yang lemah dalam ikatan antar partikelnya, yang terbentuk dari pelapukan batuan. Proses pelapukan batuan ini terjadi secara fisis dan secara kimiawi. Proses cara fisis antarlain berupa erosi, tiupan angin, pengikisan oleh air, gleyter dan lain sebagainya. Tanah yang terjadi akibat proses ini memiliki komposisi yang sama dengan batuan asalnya, tipe ini mempunyai ukuran-ukuran partikel yang hampir sama rata dan dideskripsikan berbentuk utuh. Sedangkan pelapukan yang disebabkan secara kimiawi menghasilkan kelompok-kelompok partikel kristal berukuran mikroskopik sampai submikroskopik, koloid ($< 0,002$ mm) yang dikenal sebagai mineral lempung (*clay mineral*). Dilihat dari mineral pembentuknya lempung dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu lempung non-ekspansif dan lempung ekspansif. Tanah lempung non-ekspansif tidak sensitif terhadap perubahan kadar air, artinya potensi kembang susutnya kecil apabila terjadi perubahan kadar air. Sedangkan tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air (Sugianto dkk, 2022)



Sumber: Dokumentasi, 2022

Gambar III. 1 tanah lempung lunak didaerah penelitian

3. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan maksimum tanah untuk bertahan terhadap usaha perubahan bentuk pada kondisi tekanan dan kelembapan tertentu. Apabila tegangan geser mencapai harga batas maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh. Tegangan geser atau kuat geser tanah merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam meninjau kestabilan suatu tanah. Kuat geser ini terutama dipengaruhi dua parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi dan sudut geser tanah. Kuat geser tanah ini penting sekali dalam menganalisa kestabilan suatu lereng serta analisis daya dukung tanah dasar pondasi. Usaha-usaha perbaikan tanah dasar untuk meningkatkan kekuatan tanah telah banyak dilakukan (Renaldi dkk, 2022).

III.3 Aspek Teknis

Ada beberapa metode yang bisa dilakukan dalam perbaikan struktur tanah lunak yang memiliki nilai daya dukung rendah, sebagai berikut:

A. Cerucuk gaman (dolken)

Metode perkuatan struktur tanah menggunakan cerucuk gaman telah banyak digunakan dalam pekerjaan sipil pada struktur tanah yang merupakan struktur tanah lunak. kelebihan dari cerucuk gaman sendiri adalah dapat menambah kemampuan geser tanah dan menekan kadar

air di dalam tanah. Selama ini pemakaian cerucuk cukup efektif sebagai metode alternatif perkuatan stabilisasi lereng maupun perkuatan *embankment* jalan. Kelebihan cerucuk kayu galam untuk peningkatan daya dukung tanah lunak adalah dapat meningkatkan stabilisasi tanah dasar, meningkatkan kemampuan geser, dan menekan kandungan air di dalam tanah (Sulardi, 2022).

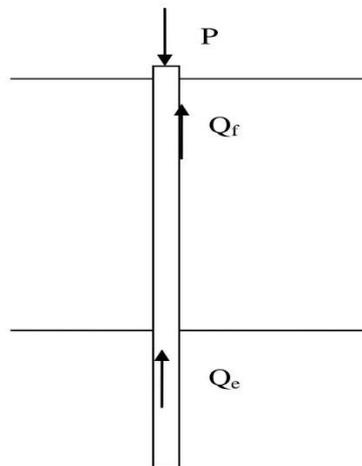
Tahapan analisis pengujian kekuatan cerucuk kayu galam terhadap daya dukung tanah sebagai berikut:

1. Analisis Statis, Berdasarkan rumus empiris Laboratorium: US *undisturbed* sample Bidang: Sondir, diperoleh nilai kerucut (q_c) dan geser (f_s). Bor mesin, diperoleh nilai nilai NSPT
2. Analisis Dinamis, Berdasarkan jumlah pukulan pada pondasi tiang.
3. Uji Pemuatan, Uji pemuatan tiang

P Q_{tot}

$$Q_{tot} = Q_c + Q_f$$

$$Q_c = A_p (C N_c + q N_q) Q_f$$



sumber: Rudiansyah,2016

Gambar III. 2 loading test

keterangan:

A_p = Luas penampang tertinggi

c = kohesi

q = γh

$N_c N_q$ = faktor daya dukung

α = faktor adhesi

K = koefisien tekanan tanah lateral

δ = sudut geser efektif antara tanah dan material tiang

Kelompok tiang berdasarkan teori yang ada:

$3d \leq s \leq 6d$ untuk semua jenis tiang

$2d \leq s \leq 3d$ untuk tanah dengan kuat geser relatif kecil dari lempung lunak.

Grup tiang berdasarkan perkembangan klan:

$2,5 < s \leq 3d$

Gesekan tiang (gesekan tiang) = $3d$

Bantalan ujung (bantalan ujung) = $2.5d$

S minimum = 0,6 m

S maksimum = 2 m

$$q_{ult} = Q_{tot} \cdot n \cdot E_g$$

Dimana:

$$q_{ult} = \frac{q_c \cdot A}{SF1} + \frac{JHP \cdot O}{SF2}$$

Keterangan:

Q_{ult} = daya dukung batas fundasi tiang (kg)

q_c = nilai konus (kg/cm²)

JHP = jumlah hambatan pelekak (kg/cm)

A = luas penampang tiang cm²

O = keliling tiang cm

Penempatan kayu galam selalu dibawah muka air yaitu kayu galam harus selalu terendam air atau minimal pada musim kemarau masih lembab agar tidak membusuk basah ± kering

Elastisitas: $E = 97,3 G + 13,1$

Tegangan lentur: $V_{lt} = 173,3 G + 124,8$

Berat jenis kayu: $G = 0,4 - 0,6$

Perhitungan tiang untuk beban timbunan $P = J_t (H + 0.8)$

keterangani:

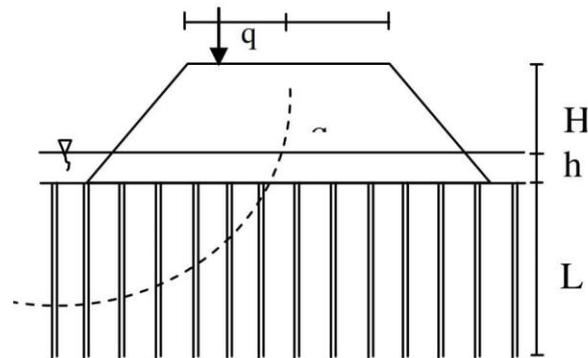
y_t = berat/volume timbunan

P = beban tanggul + beban lalu lintas

0,8 = Hek = beban lalu lintas ekuivalen

H = tinggi tumpukan

Perkuatan tanah dengan celah dolken pada konstruksi badan kereta api di lokasi ini merupakan timbunan pada tanah lunak. Penampang melintang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



sumber: Rudiansyah, 2016

Gambar III. 3 penampang melintang jalan

Dimana:

q_1 = beban lalu lintas kereta api

q_2 = beban tanggul jalan

H = tinggi tumpukan

L = panjang kerucut

I = lebar jalan

h = kedalaman anak sungai dari muka air tanah = 1 m

Data tanah timbunan berupa lempung plastisitas sedang yang diambil dari *quarry* (Gaffar, 2005).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sulardi, 2022) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Cerucuk memiliki kemampuan yang lebih dibandingkan turap dalam mengatasi *overall stability*. Alasannya berdasarkan pada kemampuan cerucuk yang dapat menghambat pergeseran tanah pada bidang longsornya. Cerucuk dapat dipancang sampai melewati asumsi bidang keruntuhan sirkuler yang terdalam. Pada

perencanaan turap, bidang keruntuhan sirkuler yang terdalam tersebut tidak diperlukan.

2. Panjang tancap cerucuk mempengaruhi peningkatan kuat geser tanah, dimana semakin panjang batang cerucuk yang ditancap dibawah bidang kelongsoran maka semakin meningkat pula kuat geser tanah yang dihasilkan.
3. Faktor efisiensi juga dapat mempengaruhi tahanan geser tanah yang diperkuat kelompok cerucuk yang menerima gaya geser horisontal. Dimana kemampuan kelompok cerucuk dalam menahan geseran tidak akan sama dengan kemampuan masing-masing cerucuk dikalikan dengan jumlah cerucuk dalam kelompok yang bersangkutan. Faktor efisiensi mempengaruhi tahanan geser tanah yang diperkuat kelompok cerucuk yang menerima gaya geser horisontal (longsoran). Nilai faktor efisiensi relatif semakin menurun seiring dengan semakin bertambahnya jumlah cerucuk didalam kelompoknya untuk menahan geseran horisontal. Besaran penurunan nilai faktor efisiensi yang terjadi sebesar 4,02%.
4. Posisi tancap tiang cerucuk terhadap tahanan geser tanah mempunyai pengaruh yang signifikan. Posisi tiang cerucuk yang tepat memotong garis lengkung bidang longsor tanah yang membentuk sudut 30^o dan 45^o terhadap horisontal menghasilkan tahanan geser yang lebih besar daripada yang dihasilkan pada sudut 0 derajat.

B. Batuan kapur (*limestone*)

Dalam pekerjaan tanah, daya dukung adalah salah satu faktor yang paling menentukan dalam perencanaan proyek secara keseluruhan. Dalam perencanaan perkerasan jalan raya, dukungan tanah mempengaruhi tebal perkerasan, semakin baik daya dukung tanah dasar, semakin minimum tebal perkerasan tersebut, sehingga biaya konstruksi yang direncanakan akan semakin efisien. Lempung lunak akan menyusut bila kadar airnya rendah dan mengembang (*swell*) bila kadar airnya tinggi. Dalam kondisi tanah seperti itu, hampir

tidak mungkin untuk menopang beban akibat suatu konstruksi. Saat kadar air tinggi maka akan terjadi penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) jika menerima beban. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan perbaikan tanah lempung. Salah satu alternatifnya adalah dengan mencampurkan tanah dengan kapur sebagai bahan tambahan (Jafri, 2009).

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian yang dilakukan berasal dari dasa gambir Kabupaten Lampung Barat. Sampel tanah diambil dalam bentuk gumpalan, secara manual menggunakan cangkul atau sekop pada kedalaman ± 50 cm dari permukaan tanah, dimasukkan ke dalam kantong plastik, ditutup rapat dan diangkat sesuai kebutuhan (Jafri, 2009).

Muhammad jafri melakukan Pengujian di laboratorium yang dilakukan dalam tiga tahap, yaitu:

1. Uji sifat fisika campuran lempung dan lempung dengan kapur, terdiri dari uji kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis dan analisis ayakan.
2. Uji pemadatan tanah menggunakan metode proctor yang dimodifikasi.
3. Uji pemuaian dan tekanan muai tanah pada lempung tanpa campuran kapur dan lempung yang telah dicampur kapur dengan prosentase : 5%, 10% dan 15% dari berat tanah.

Untuk mengetahui perubahan unsur kimia dan senyawa kimia akibat penambahan kapur dilakukan uji kimia di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Lampung. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel di bawah ini (Jafri, 2009).

Tabel V.1 Hasil uji laboratorium

NO	SAMPEL	pH	cA	Mg	SO4	NO3	F
1	TANAH LEMPUNG	7,95	15,45	0,306	0,21	0,135	0,0031
2	TANAH CAMPUR KAPUR	12,11	29,84	0,372	0,24	0,102	0,0012

Sumber: Jafri, 2009

Hasil uji kimia menyimpulkan bahwa unsur kalsium (Ca) merupakan unsur yang paling dominan pada tanah lempung yaitu sebesar 15,45%.

Pada umumnya tanah liat mengandung 3,60% kalsium (Ca) dan 1,93% magnesium (Mg), Dengan penambahan kapur, unsur kalsium dalam tanah campuran meningkat secara signifikan. Artinya kapur merupakan penstabil tanah liat yang cukup baik dan dapat mengikat butir-butir tanah.

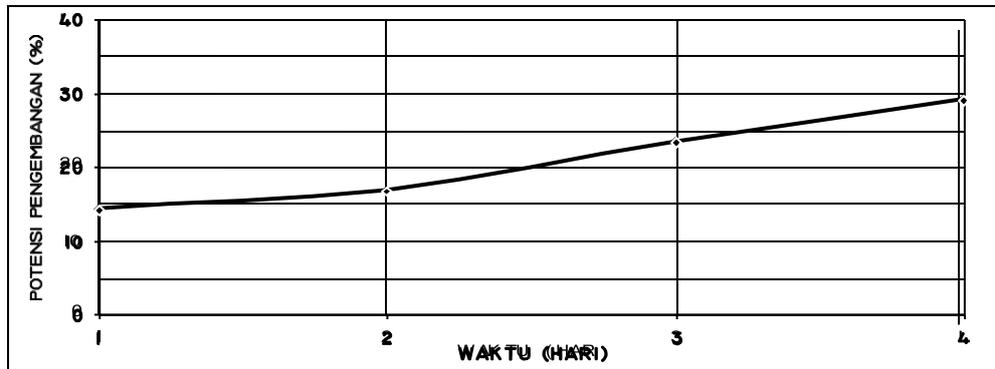
Berdasarkan pengujian sifat fisik dan mekanik bahan tanah liat, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Kadar air tanah liat: 31,22%
2. Kepadatan: 2.449
3. Persentase lobes saringan No. 200: 72,80%
4. Batas cair: 56,60 %
5. Batas plastis: 30,22%
6. Indeks plastisitas: 26,38%
7. Kandungan udara optimal: 36,50%
8. Berat kering maksimum: 1,29 gram/cm³

tanah berbutir halus. Dengan batas cair lebih besar dari 50%, bahan tanahnya adalah jenis lempung dengan plastisitas tinggi (CH). Hal ini sesuai dengan hasil uji pemadatan tanah di laboratorium, dengan kadar air optimum 36,50%, sehingga jenis lempung ini tergolong tanah yang tidak baik sebagai tanah dasar dalam pembangunan jalan. Berdasarkan uji sifat fisik lempung dicampur kapur pada 5%, 10% dan 15%, ternyata nilai batas cair dan indeks plastisitas mengalami penurunan dan berat jenis tanah mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa kapur dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan perilaku dari hasil beberapa penelitian yang dilakukan. Pada uji pemadatan tanah, semakin banyak kapur yang ditambahkan maka kadar air optimum semakin rendah dan volume semakin tinggi. Dengan berkurangnya kandungan udara, maka tekanan kapiler udara di dalam tanah menghambat pergerakan partikel tanah untuk bergerak sehingga partikel tanah semakin rapat akibat pengaruh upaya pemadatan.

Hasil uji pengembangan tanah tanpa campuran kapur menunjukkan bahwa potensi pengembangan tanah cenderung meningkat pada saat dilakukan perendaman dan peningkatan maksimal pada hari keempat.

Bentuk grafik potensi pengembangan tanah tanpa campuran kapur ditunjukkan pada Gambar III.4.



Sumber: Jafri, 2009

Gambar III.4 grafik pengembangan tanah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Jafri,2009) dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan uji nilai batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas, untuk tanah lempung yang digunakan, termasuk jenis tanah yang memiliki tingkat pengembangan tinggi. Untuk penambahan kapur sebesar 5 % dan 10 %, tanah sudah menjadi lebih stabil dengan tingkat pengembangan sedang. Untuk penambahan kapur sebesar 15 % tanah jauh lebih stabil dengan tingkat pengembangan tanah rendah
2. Penambahan kapur dapat mengurangi pengembangan tanah yang akan terjadi. Hal ini bisa dilihat dari nilai potensi pengembangan, batas cair, indeks plastis yang semakin menurun dan nilai berat jenis yang semakin meningkat. Namun penambahan kapur belum cukup baik unthk usaha penstabilan tanah menjadi tanah lempung yang baik dan stabil

C. Geotextile

Metode geotekstil merupakan salah satu metode teknologi bahan yang digunakan dengan bahan dasar polimer dimana sangat berguna dalam penyelesaian masalah yang berhubungan dengan kestabilan tanah, menambah kekuatan stabilitas tanah dan mencegah penurunan yang tidak merata (Lubis & Lubis, 2018).

Geotekstil adalah material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil polymerik, bersifat bloos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah/batu dan/atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil. Material yang digunakan untuk geosintetik, terutama berasal dari *industry plastic*, yaitu *polymer*, walaupun kadang-kadang karet, fiberglas dan material yang lain juga digunakan. Di pasaran, geosintetik terdiri dalam berbagai bentuk geometrid dan komposisi *polymer* yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan yang sangat banyak. Semua geotekstil, umumnya dibuat dari bahan yang kuat, awet, yang bahan dasarnya tahan terhadap reaksi kimia, pengaruh cuaca dan proses penuaan (Lubis & Lubis, 2018).

Biasanya geotekstil ini dimanfaatkan untuk membuat tanah menjadi lebih stabil. Kegunaannya yang lainnya, geotekstil kerap dipakai pula untuk memperkuat tanah yang lunak, menahan beban yang besar, memisahkan lapisan pelindung, dan meningkatkan kekuatan timbunan tanah. Kelebihan dari metode ini yaitu pengerjaannya yang memakan waktu relatif singkat dan biaya yang harus dikeluarkan pun lebih murah dari pada penimbunan tanah secara konvensional. Beberapa fungsi dari geotekstil antara lain untuk perkuatan tanah lunak, untuk konstruksi teknik sipil yang mempunyai umur rencana cukup lama dan mendukung beban yang besar seperti jalan rel dan dinding penahan tanah, sebagai lapangan pemisah, penyaring, drainase dan sebagai lapisan pelindung (Lubis & Lubis, 2018).

Geotekstil yang digunakan di bawah pekerjaan rel berfungsi untuk:

1. Memberikan pemisah antara *subgrade* dan sub-ballast, atau *sub-ballast* dan *ballast*, sehingga mencegah pemompaan partikel tanah halus.
2. Memberikan kekuatan tanah dasar tambahan.
3. Menyebarkan beban di area yang lebih luas, sehingga mengurangi stres.

4. Mengurangi ketegangan pada tanah, dan melindungi tanah dasar terhadap retak tarik.
5. Memberikan tambahan filtrasi, permeabilitas searah bidang geotekstil.

D. sirtu

Sirtu merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya yang berupa hasil alam maupun buatan adalah Agregat. Agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral pada, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Darwis dkk, 2022).

Berdasarkan proses pengolahannya agregat yang digunakan untuk perkerasan dapat dibedakan atas tiga macam diantaranya agregat alam, agregat dengan proses pengolahan dan agregat buatan. Sifat-sifat agregat yang menentukan mutunya adalah:

1. Gradasi
2. Daya tahan agregat
3. Bentuk dan Tekstur
4. Berat Jenis

Gradasi adalah distribusi dari berbagai macam ukuran partikel sebagai persentase dari berat total. Gradasi ditentukan oleh material yang lolos dari beberapa macam ukuran saringan yang disusun bertahap dengan ukuran saringan lubang terkecil diletakkan paling bawah Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan disebut dengan lapis pondasi (*base coarse*). Material yang digunakan untuk lapis pondasi ini memiliki jenis material yang cukup kuat dan awet sesuai dengan persyaratan teknik dalam spesifikasi pekerjaan yang ditetapkan. Jenis lapis pondasi agregat umumnya digunakan agregat yang bergradasi baik yang dibagi atas 2 (dua) yaitu agregat kelas A dan kelas B (Darwis dkk, 2022).

Mutu agregat sirtu merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas. Mutu dan karakteristik agregat juga merupakan faktor penting dalam menentukan daya tahan terhadap cuaca.

Pengujian yang dilakukan pada agregat sirtu diantaranya:

1. Uji kelayakan agregat dari desa Galela Kabupaten Halmahera Utara untuk bahan lapis pondasi Agregat Jalan Raya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material dari Desa Galela layak sebagai bahan lapis pondasi, terutama dari nilai CBR yang relatif tinggi yaitu 164% untuk Agregat kelas A dan 156% untuk Agregat kelas B.
2. Evaluasi karakteristik agregat untuk dipergunakan sebagai lapis pondasi berbutir. Hasil penelitian yang diperoleh memberikan informasi bahwa agregat yang berasal dari wilayah kota Bandung ini dengan fraksi 2/3 memiliki berat jenis 2,68, penyerapan air 2,54% dan fraksi 1/1 memiliki berat jenis 2,42, penyerapan air 2,84%. Dengan hasil pengujian abrasi 19,6%, batas cair 20,55%, dan indeks plastisitas 3,65 maka dinyatakan bahwa agregat memenuhi persyaratan sebagai lapis pondasi.
3. Tinjauan mutu agregat lapisan pondasi bawah pada perkerasan jalan batas kota Lhokseumawe-Panton Labu. Menghasilkan bahwa dengan menggunakan metode Bina Marga, mutu agregat yang digunakan pada jalan tersebut telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan baik berdasarkan hasil pemeriksaan sendiri yang dilakukan di laboratorium maupun yang dilakukan oleh kontraktor pelaksana.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

IV.1 Alur Penelitian

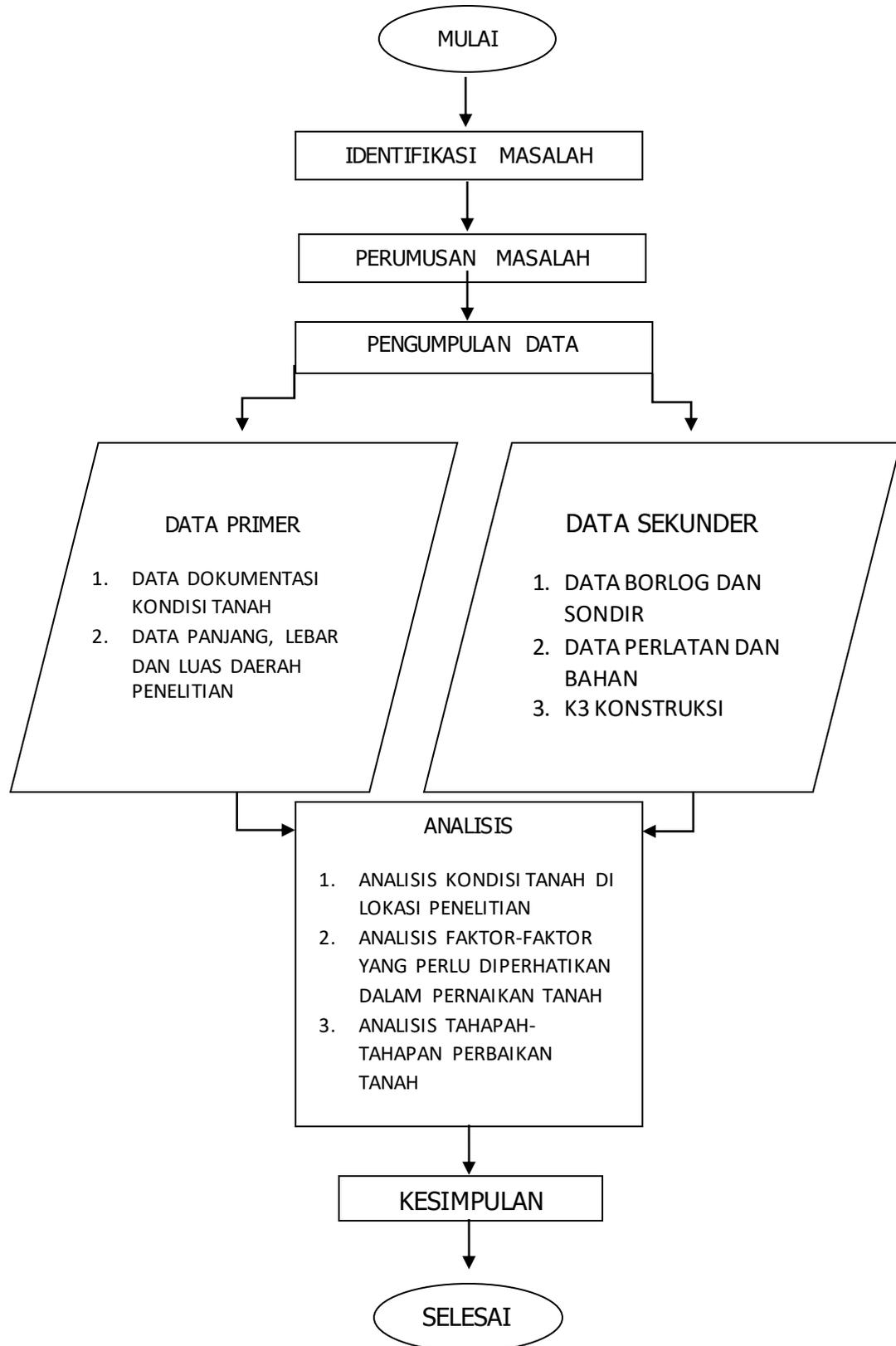
Langkah awal dalam rencana penelitian ini adalah mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif. Data tersebut terdiri dari data sekunder dan data primer yang digunakan sebagai dasar dan pedoman untuk menentukan tahapan dan proses pembangunan struktur sub-kereta api.

Tahapan dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan maksud dan tujuan penelitian serta menentukan ruang lingkup dan batasan masalah penelitian yang dilakukan.
2. Mengumpulkan data yang diperlukan dan mendukung penelitian yang dilakukan baik data sekunder maupun data primer.
3. Mengidentifikasi permasalahan yang ada dan melakukan pengolahan data dengan melihat kondisi dan kondisi yang ada di lapangan.
4. Melakukan evaluasi berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.
5. Menentukan kesimpulan dari hasil analisis masalah yang telah dilakukan.

IV.2 Bagan Alir Penelitian

Alir penulian Kertas Kerja Wajib ini digambarkan dalam bagan alir sebagaimana berikut:



Gambar IV. 1 bagan alir

IV.3 Metode Pengumpulan Data

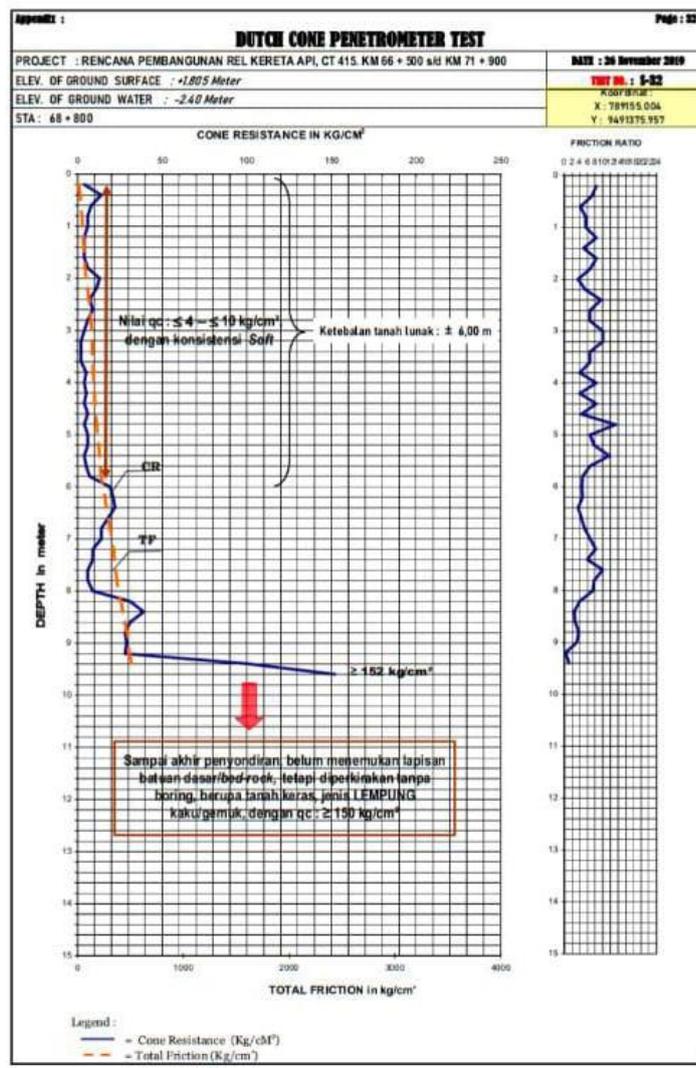
Metode penelitian adalah penahanan -tahapan yang digunakan dalam suatu penelitian mulai dari pengumpulan data, tempat dan waktu penelitian serta peralatan yang digunakan dalam penelitian.

1. Metode pengumpulan data

a. Data Sekunder

Metode pengumpulan data sekunder adalah pengumpulan data tidak langsung. Data sekunder dapat diperoleh dari instansi atau lembaga yang terkait dengan penelitian, berupa dokumen dan sejenisnya. Data sekunder dalam penelitian ini adalah:

1) Borlog dan sondir



Sumber: Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan, 2022

Gambar IV. 2 Data Sondir

2) K3 Konstruksi Konstruksi

b. Data Primer

Metode pengumpulan data primer dilakukan secara langsung dengan cara survey atau observasi langsung di lokasi penelitian. Data primer dalam penelitian ini adalah:

- 1) Data Kondisi Daerah Penelitian
- 2) Data lapangan penelitian

IV.4 Lokasi Penelitian dan Jadwal Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada konstruksi jalab rel di balai pengelola kereta api sulawesi selatan tepatnya di kabupaten pangkep pada km 68+200 s/d km 68+700 yang masih terputus karena masih memerlukan perbaikan struktur tanah dasar pada lokasi tersebut.

2. Jadwal Penelitian

Penelitian ini di lakukan pada saat praktek kerja lapangan dan kegiatan magang selama kurang lebih 4 bulan dari tanggal 4 maret sampai dengan tanggal 17 juni 2022.

IV.5 Alat dan Bahan Penelitian

Perlitan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini terdiri dari:

1. Meteran, digunakan untuk mengukur panjang serta lebar daerah penelitian.
2. Buku, sebagai media tulis hasil pengukuran.
3. Alat tulis, sebagai alat tulis
4. *Smartphone*, digunakan untuk dokumentasi pada daerah penelitian.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

V.1 Analisis kondisi tanah di lapangan

Pada penelitian kali ini kondisi tanah pada daerah penelitian dapat di ketahui dari data borlog dan juga sondir yang telah dilakukan per 50 m oleh Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan sebagai berikut.

Berdasarkan data sondir yang di ambil sampel pada di KM 68+800 dengan kedalaman 9,6 m dapat diketahui Nilai q_c sebesar $\leq 4 - \leq 10$ km/cm³, dengan koisiensi *soft* dan ketebalan tanah lunak sebesar 6 meter , dengan *cone resistance* (nilai konus) paling tinggi mencapai ≥ 152 kg/cm² dan *total friction* (total penghambat) terbanyak mencapai 500 kg/cm².

Sampai akhir penyondiran dilakukan belum ditemukan lapisan batuan dasar (*bad-rock*) tetapi diperkirakan tanpa boring, berupa tanah keras jenis lempung kaku atau gemuk, dengan nilai q_c sebesar ≥ 150 kg/cm².

Dan berdasarkan data *boring machine* di dapatkan jenis jenis dan tingkat plastisitas berdasarkan warna sebagai berikut:

1. pada kedalaman 0-1 meter di dapatkan tanah liat berlumpur (*soft to medium*) dengan tingkat plastisitas tberwarna abu-abu.
2. pada kedalaman 1-2 meter juga didapatkan tanah liat berlumpur (*soft to meddium*) dengan tingkat plastisitas berwarna coklat.
3. Pada kedalaman 2-3 meter di dapatkan tanah liat berlumpur (*medium*) dengan tingkat plastisitas berwarna kekuningan.
4. Pada kedalaman 3-5 meter di dapat tanah liat berlumpur (*medium*) dengan tinggat plastisitas berwarna abu-abu
5. Pada kedalaman 5-6,5 meter diapatkan tanah liat berlumpur (*medium*) dengn tingkat plastisitas berwarna abu-abu gelap.
6. Pada kedalaman 6,5-9 meter diapatkan tanah liat berlumpur (*medium to stiff*) dengan tingkat plastisitas berwarna coklat.
7. Pada kedalaman 9-11 meter di dapat tanah liat berlumpur (*stiff*) dengan tingkat plastisitas berwarna kuning kecoklatan.
8. Pada kedalaman 11-13 meter di dapat tanah liat berlumpur (*hard*) dengan tingkat plastisitas berwarna kuning keputihan.

9. Pada kedalaman 13-17 meter didapatkan batuan (*hard*) dengan tingkat plastisitas berwarna putih kekuningan.

Hasil *boring machine* sendiri di dapatkan ndengan melakukan pengujian secara dinamis dengan alat SPT (*standard penetration test*) yang cara kerjanya adalah tabung silindir dipukul masuk ke dalam tanah menggunakan alat penumbuk seberat 63,5 kg yang dijatuhkan dengan ketinggian 76 cm.

V.2 Analisi faktor faktor yang perlu diperhatikan dalam perbaikan struktur tanah

1. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah sangat menentukan jenis fondasi yang akan digunakan. Untuk menentukan daya dukung tanah dapat ditentukan dengan uji mekanis tanah seperti uji Sondir, SPT (*Standard Penetration Test*), CBR dan lain lain. Pada tanah lempung lunak yang mempunyai daya dukung yang cukup pada kedalaman diatas 10 m maka diperlukan fondasi untuk kedalaman yang tinggi pula seperti tiang pancang, *bored pile*, *Caisson* ataupun yang lainnya. Kondisi seperti ini biasanya terdapat pada proyek pembangunan gedung bertingkat banyak yang mempunyai beban berat dan eksentrisitas yang cukup besar. Sedangkan pada proyek pembangunan jalan, daya dukung tanah sangat menentukan jenis material yang akan digunakan sebagai fondasi jalan yang terletak di atas subgrade. Berbagai metode perhitungan daya dukung untuk kondisi tanah lunak telah dikembangkan oleh beberapa ahli geoteknik. Pada metode sondir perhitungan daya dukung (P_u) berdasarkan hasil uji sondir yang akan menghasilkan angka conus dan friksi sebagai tahanan gesek dari tanah sebagaimana yang diuraikan pada pers.

dibawah ini:

$$P_u = \frac{(q_c \cdot A)}{(FK1)} + \frac{(K \cdot JHL)}{(FK2)}$$

dengan:

q_c = nilai konus rata-rata hasil pengujian

A = luas penampang ujung tiang

K = keliling tiang

JHL = Jumlah hambatan lekat

Fk1 = faktor keamanan untuk perlawanan ujung

Fk2 = faktor keamanan untuk perlawanan geser.

Pada metode ini perhitungannya menggunakan hasil uji SPT di lapangan, hasil dari pada uji ini berupa kurva SPT dan nilai N pada setiap kedalaman tertentu (Wismantara & Budiarnaya, 2020).

2. Kadar air

Kadar air pada tanah sangat berpengaruh terhadap perbaikan struktur tanah yang biasanya kadar air akan naik jika curah hujan tinggi di lokasi konstruksi. Air hujan yang membasahi permukaan tanah akan mengalami infiltrasi ke bawah permukaan tanah. Infiltrasi air hujan ini disebabkan oleh adanya tarikan gaya gravitasi. Infiltrasi air hujan ini menyebabkan penurunan parameter kuat geser tanah. Kuat geser tanah terdiri dari dua parameter tanah yaitu kohesi (c) atau gaya tarik-menarik antar partikel dan sudut gesek dalam (φ) atau gesekan antara butir tanah. Penurunan nilai kohesi tanah ini disebabkan oleh penurunan jarak antar butiran partikel tanah akibat peningkatan jumlah air yang mengisi rongga pori tanah. Peningkatan jumlah air yang ada dalam pori tanah menyebabkan derajat kejenuhan menjadi meningkat, sehingga tegangan air pori yang berlebih akan terbentuk. Penurunan parameter kuat geser tanah ini dapat menyebabkan tanah longsor. Tanah longsor merupakan fenomena alam yang berupa gerakan massa tanah dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan dari luar. Tanah longsor dapat terjadi karena faktor keamanan lereng yang kurang dari 1.07 pasti akan mengalami longsor (Hafiz dkk, 2019).

3. Kuat Geser Tanah

Kuat geser adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan, akan ditahan oleh:

- a. Gesekan tanah yang bergantung dari jenis tanahnya dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada bidang geser.
- b. Gesekan antar butir-butir tanah besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikalnya pada bidang geser.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Keruntuhan suatu bahan terjadi, akibat adanya kombinasi keadaan kritis tegangan normal dan tegangan geser pada bilangan runtuh, yang dinyatakan dengan persamaan:

$$t = c + \sigma \operatorname{tg}\phi$$

keterangan:

t = kuat geser tanah

c = kohesi tanah

ϕ = sudut gesek dalam tanah

σ = tegangan normal pada bidang runtuh

Salah satu cara menentukan kuat geser tanah di laboratorium uji traksial, uji ini merupakan pengujian pembebanan cepat sehingga sebelum terjadi konsolidasi atau drainase dalam lapisan tanah (Wiqoyah, 2007).

V.3 Analisa tahapan-tahapan perbaikan struktur tanah

1. Pengujian kuat geser tanah di laboratorium

Pengujian kuat geser tanah merupakan bagian yang sangat penting dipahami dalam rekayasa pondasi. Ketelitian dalam mendapatkan parameter tanah akan mempunyai pengaruh langsung dalam memprediksi daya dukung pondasi. Berbagai pengujian untuk mendapatkan parameter kuat geser tanah telah dikembangkan sejalan dengan perkembangan ilmu mekanika tanah itu sendiri. Pengujian kuat geser tanah dapat dilakukan di laboratorium terhadap sampel tanah atau secara langsung dilakukan di lapangan. Terdapat beberapa jenis pengujian yang menghasilkan parameter yang serupa namun memiliki perbedaan cara pengujiannya. Untuk itu pembahasan mengenai pengujian di laboratorium dan di lapangan dalam mendapatkan parameter kuat geser tanah secara khusus dibahas tersendiri dalam bagian-bagian berikut (Hakam, 2008).

- a. Uji tekan bebas (*unconfined compression shear test* = UCST) hanya dapat dilakukan untuk tanah berkohesi. Sebab tanah tanpa kohesi tidak dapat ditest tanpa tegangan (*unconfined*). Nilai

(parameter tanah) yang didapat dari pengujian ini adalah tegangan batasnya, yaitu tegangan maksimum selama pengujian. Nilai ini dilambangkan dengan q_u (untuk kemudahan, q inisial dari quantity = nilai terukur, dan u berarti *un-confined* = tak terkekang / bebas, bedakan dengan tegangan batas dalam daya dukung pondasi). Pengujian UCST dilakukan dengan sangat cepat dan sederhana sehingga sering dilaksanakan dan mempunyai aplikasi yang cukup luas. Banyak parameter-parameter tanah lainnya yang dikaitkan dengan pengujian ini untuk berbagai aplikasi dan prediksi perilaku tanah. Selain itu karena kemudahannya dalam melakukan pengujian ini, untuk menggolongkan kepadatan tanah lempung, digunakan batasan nilai q_u dari UCST. Pengujian UCST sebaiknya diikuti dengan pengujian kadar air, sebab kekuatan tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kadar airnya. Pada tanah yang sama di lapangan terutama yang berada di atas muka air tanah minimum, kekuatannya akan berubah dari waktu ke waktu tergantung dari kadar air yang dikandungnya. Hal serupa sering terjadi pada kasus stabilitas lereng dimana saat awal dibentuknya lereng, kemiringan yang dibuat dalam keadaan cukup aman. Akan tetapi dengan turunnya hujan yang meningkatkan kadar air dari tanah pembentuk lereng, stabilitas lereng menjadi berkurang. Kasus kelongsoran lereng pada musim hujan telah menjadi hal biasa dan jarang diperhatikan penanganannya.

- b. Pengujian geser langsung umumnya dilakukan sebanyak tiga kali pada tanah yang sama. Masing-masing benda uji, diberi beban normal yang berbeda. Kemudian digeser dengan memberikan gaya dari arah tegak lurus terhadap gaya normal sebelumnya. Selama pemberian beban geser tersebut, perpindahan dan besarnya gaya geser dicatat hingga terjadi keruntuhan. Hasilnya kemudian diplotkan dalam bentuk kurva tegangan-regangan dan tegangan normal-geser untuk menentukan parameter c dan ϕ .
- c. Uji triaksial adalah pengujian kuat geser tanah yang lebih baik dari pengujian sebelumnya. Dengan pengujian ini dapat diberikan tegangan yang serupa dengan yang mungkin terjadi di

lapangan. Terdapat beberapa jenis pengujian dengan menggunakan alat triaxial. Perbedaan dari jenis-jenis pengujian (dengan menggunakan alat yang sama) tersebut adalah pada:

1) Kemampatan awal (mampat/*consolidated*=C atau tak-mampat/*unconsolidated*=U)

a) Kemampatan awal ditentukan saat kondisi awal (seperti Gambar 1.16 diatas), dengan tergantung keadaan keran ke pori atau volume yang terbuka. Bila keran ke pori yang terbuka, akibat tekanan σ_3 yang diberikan, pori dalam tanah akan ikut tertekan dan nilai tekanan air pori dalam tanah (Δu) terbaca pada dial penunjuk tekanan air pori. Bila hal ini yang dilakukan berarti tidak terjadi pemampatan tanah atau tidak terjadi aliran dalam tanah dan disebut dengan *unconsolidated*. Selanjutnya pada jenis pengujian ini dilambangkan dengan U (inisial dari *unconsolidated*).

b) Bila pada kondisi awal pemberian beban *cell* (tekanan σ_3) air dalam pori dibiarkan mengalir ke pembacaan volume, maka akan terbaca perubahan volume sampel akibat tekanan tersebut (ΔV). Perubahan volume tersebut menunjukkan berkurangnya volume (sampel) tanah akibat tekanan awal tersebut yang berarti terjadi pemampatan dengan keluarnya air pori dari dalam tanah (terkonsolidasi). Jenis pengujian dengan kondisi awal ini dilambangkan dengan C (*inisial dari consolidated*).

2) Kondisi air pori saat pembebanan (mengalir/*drained*=D atau tidak/*undrained*=U)

a. Setelah pemberian beban *cell* awal (tekanan σ_3), selanjutnya pada bagian atas dari sampel diberi dengan beban tambahan (deviatorik = $\Delta\sigma_1$). Pada pembebanan ini, kembali aliran air dari dalam pori tanah menentukan jenis dari pengujian triaxial. Bila keran ke pori yang terbuka berarti yang dibaca adalah nilai tekanan dan tidak ada aliran air dari dalam pori tanah. Akibat tambahan

tekanan σ_1 yang diberikan, pori dalam tanah akan ikut tertekan dan nilai tekanan air pori dalam tanah (Δu) terbaca pada dial penunjuk tekanan air pori. Bila hal ini yang dilakukan berarti tidak terjadi pemampatan tanah atau tidak terjadi aliran dalam tanah dan disebut dengan *undrained* (tak terdrainase). Jenis pengujian ini dilambangkan dengan U (inisial dari *undrained*).

b) Namun bila pada saat pemberian beban tambahan ini (σ_1) air dalam pori diperbolehkan mengalir ke pembacaan volume, maka akan terbaca perubahan volume sampel akibat tambahan tekanan tersebut (ΔV). Perubahan volume tersebut menunjukkan berkurangnya volume (sampel) tanah akibat tekanan deviatorik tersebut yang berarti terjadi pemampatan tanah dengan keluarnya air pori dari dalam tanah (air teralirkan / terdrainase). Jenis pengujian dengan kondisi awal ini dilambangkan dengan D (inisial dari *drained*)

3) Cara pemberian beban (ditekan/*compression* atau ditarik/*extension*)

a. Setelah pemberian beban cell awal (tekanan σ_3), selanjutnya pada bagian atas dari sampel diberi dengan beban tambahan (deviatorik = $\Delta\sigma_1$). Pemberian beban deviatorik ini biasanya dilakukan beberapa saat setelah tidak terjadi lagi perubahan tekanan air pori atau volume setelah pemberian tekanan cell. Pemberian beban deviatorik ini dapat dilakukan dengan cara menekan (*compression* dilambangkan C) atau tarikan (*extension* dilambangkan E).

b. Pemberian beban juga membedakan nama dari pengujian sampel dengan alat triaksial. Bila beban yang diberikan pada sampel tanah hanya mempunyai dua beban yang berbeda yaitu beban cell atau minor (σ_3) yang arahnya horizontal dan beban axial atau major (σ_1) yang arahnya vertikal, maka jenis pengujian ini disebut dengan

pengujian triaxial konvensional (*Conventional Triaxial test* = CT). Jenis pengujian ini yang umum dilakukan dan lebih mudah dan cukup untuk memodelkan perilaku tanah. Sedangkan pengujian yang tidak konvensional menggunakan sampel yang berbentuk kotak (tidak silinder) dengan pemberian beban pada tiga arah yaitu minor/ σ_3 , middle/ σ_2 dan major/ σ_1 . Pengujian ini jarang dilakukan kecuali untuk pengujian yang bersifat pengembangan teori.

2. Pengujian kekuatan tanah di lapangan

Penyelidikan tanah untuk keperluan perencanaan struktur geoteknik seperti pondasi bangunan, dinding penahan tanah, pilar jembatan dan sebagainya merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan dari sebuah proyek pembangunan. Penyelidikan ini diperlukan untuk memberikan informasi yang diperlukan seperti jenis lapisan tanah, muka air tanah dan parameter tanah (Hakam, 2008).

- a. Pengujian pengeboran dapat dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia (*hand-boring*). Pengujian ini dapat dilakukan dengan kedalaman 2 sampai 5 m. Walaupun menurut pengalaman pengujian ini dapat dilakukan hingga 30 meter kedalam tanah, namun untuk pengeboran dengan tenaga manusia yang melebihi 10 meter sudah sangat tidak layak. Pengeboran dengan *hand-bore* juga hanya dapat dilakukan pada tanah yang tidak mengandung batu. Pada pengeboran pada lapisan tanah yang mengandung kerikil, terkadang juga tidak dapat dilakukan. Selain itu, pengeboran yang dilakukan pada tanah pasir lepas, akan mengakibatkan kelongsoran yang terus menerus sehingga usaha pengaboran tanpa menggunakan *casing* akan menjadi sia-sia. Hal yang sama dapat terjadi pada tanah sangat lunak hingga lunak.
- b. Pengambilan *sample* Dalam penyelidikan tanah, akan diperoleh dua jenis sampel: terganggu (*disturbed*) dan tak terganggu (*undisturbed*). Keduanya dapat digunakan untuk penyelidikan propertis tanah lebih lanjut di laboratorium. Tanah terganggu dapat digunakan untuk pengujian:

- 1) Analisis partikel (saringan) tanah.
- 2) Perkiraan jumlah kandungan organik.
- 3) U dari butiran tanah.
- 4) Pengklasifikasian tanah.
- 5) Pengujian batas cair dan plastis untuk tanah kohesif.
- 6) Uji kepadatan tanah.

Sedangkan pengujian berikut ini memerlukan pengambilan sampel tanah tak terganggu, yaitu:

- 1) Uji konsolidasi.
 - 2) Pengujian kekuatan tanah (triaksial, *unconfined* dan *direct shear test*).
 - 3) Berat volume tanah.
 - 4) Angka pori.
 - 5) Kadar air asli.
 - 6) Pengujian lain yang menggambarkan tanah asli di lapangan.
3. Perkuatan tanah menggunakan cerucuk dolken, Cerucuk memiliki kemampuan yang lebih dibandingkan turap dalam mengatasi overall *stability*. Alasannya berdasarkan pada kemampuan cerucuk yang dapat menghambat pergeseran tanah pada bidang lngsornya. Cerucuk dapat dipancang sampai melewati asumsi bidang keruntuhan sirkuler yang terdalam. Pada perencanaan turap, bidang keruntuhan sirkuler yang terdalam tersebut tidak diperlukan. Panjang tancap cerucuk mempengaruhi peningkatan kuat geser tanah, dimana semakin panjang batang cerucuk yang ditancap dibawah bidang kelongsoran maka semakin meningkat pula kuat geser tanah yang dihasilkan.Kelebihan cerucuk kayu galam untuk peningkatan daya dukung tanah lunak adalah dapat meningkatkan stabilisasi tanah dasar, meningkatkan kemampuan geser, dan menekan kandungan air di dalam tanah (Sulardi, 2022).
4. Perbaikan struktur tanah menggunakan *limestone*, Penambahan kapur dapat mengurangi pengembangan tanah yang akan terjadi. Hal ini bisa dilihat dari nilai potensi pengembangan, batas cair, indeks plastis yang semakin menurun dan nilai berat jenis yang semakin meningkat. Namun penambahan kapur belum cukup baik unTuK usaha penstabilan tanah menjadi tanah lempung yang baik dan stabil (Jafri, 2009).

5. Penggunaan *geotextile*, geotekstil adalah material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil *polymerik*, bersifat lobs air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah/batu dan/atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil. Material yang digunakan untuk geosintetik, terutama berasal dari *industry plastic*, yaitu *polymer*, walaupun kadang- kadang karet, fiberglas dan material yang lain jugak digunakan. Di pasaran, geosintetik terdiri dalam berbagai bentuk *geometrid* dan komposisi *polymer* yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan yang sangat banyak. Semua geotekstil, umumnya dibuat dari bahan yang kuat, awet, yang bahan dasarnya tahan terhadap reaksi kimia, pengaruh cuaca dan proses penuaan (Lubis & Lubis, 2018).
6. Sifat fisik dari agregat sirtu yang terdiri dari berat jenis, analisa saringan memenuhi batas spesifikasi teknis yang ditentukan. Keausan agregat sirtu ini adalah 19,18% termasuk dalam kategori mutu baik karena berada dalam rentang nilai keausan maksimul yang disyaratkan yaitu 40%. Agregat sirtu sebagai agregat lapis pondasi kelas A dengan CBR 95% sedangkan sebagai agregat kelas B nilai CBR 75%. Berdasarkan spesifikasi standar nilai CBR oleh Bina Marga untuk kelas A adalah 90% dan kelas B adalah 60%, maka untuk agregat sirtu ini telah memenuhi persyaratan (Darwis dkk, 2022).

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada permasalahan struktur tanah lunak pada KM 68+200 s/d KM 68+700 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi tanah dasar di lokasi penelitian merupakan tanah berjenis lempung lunak sehingga memerlukan perbaikan terlebih dahulu untuk memperbaiki daya dukung tanah tersebut untuk melanjutkan konstruksi *subgrade*.
2. Faktor yang perlu diperhatikan dalam perbaikan struktur tanah yaitu faktor daya dukung tanah itu sendiri atau kemampuan tanah menopang beban yang ada pada timbunan dan kegiatan pengoperasian kereta api di atas jalan rel. Dan yang kedua adalah kadar air pada tanah yang sangat mempengaruhi dalam proses perbaikan tanah karena jika kadar air terlalu tinggi dapat menyebabkan longsoran pada timbunan, serta kuat geser tanah merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan.
3. Tahapan-tahapan pelaksanaan perbaikan dimulai dari pengujian yang dilakukan di laboratorium dan dilanjutkan pengujian langsung ke lapangan untuk memperoleh data data yang diperlukan untuk perbaikan, perbaikan menggunakan cerucuk dolken yang dimasukkan ke dalam tanah dengan maksud menambah nilai daya dukung tanah dan memberikan batuan kapur pada tanah dasar sebagai metode perbaikan tanah. Penggunaan *geotextile* dan sirtu sebagai sistem filtrasi dan separator pada timbunan.

VI.2 Saran

Berdasarkan pembahasan dan penarikan kesimpulan penulis mengajukan beberapa saran sebagai upaya perbaikan sebagai berikut:

1. Rekomendasi perbaikan yang digunakan adalah perbaikan struktur tanah menggunakan cerucuk dolken, *limestone*, *geotextile* dan juga sirtu sebagai perkuatan dan menambah nilai daya dukung tanah.
2. Sebelum lanjut ke proses penimbunan tanah merah, sebaiknya diberikan beberapa hari agar timbunan dibawah yang terdiri dari batuan kapur dan lumpur bisa tercampur dengan sempurna.
3. Sebaiknya dilakukan pengujian kembali untuk mengetahui nilai dari daya dukung tanah (q_u) sudah sesuai.
4. Untuk hasil yang lebih konfrensif sebaiknya penelitian selanjutnya dilakukan analisis pengaruh musim dan cuaca pada tubuh baan.

DAFTAR PUSTAKA

_____,(2007). Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian. Jakarta: Kementrian Perhubungan Republik Indonesia.

_____,(2017). Standar Spesifikasi Teknis Konstruksi Jalan Rel, Bangunan Sipil, Jembatan dan Bangunan Kereta Api. Jakarta: Direktorat prasarana perkeretaapian

_____,(2020). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 26 tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan. Jakarta: Kementrian Perhubungan Republik Indonesia.

_____,(2022). *Laporan Umum Tim PKL Balai Pengelbl Kereta Api Sulawesi Selatan*. Bekasi: PTDI-STTD.

_____,(2022). Pedoman Penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) dan Artikel Ilmiah. Bekasi: Politeknik transportasi Darat Indonesia-STTD.

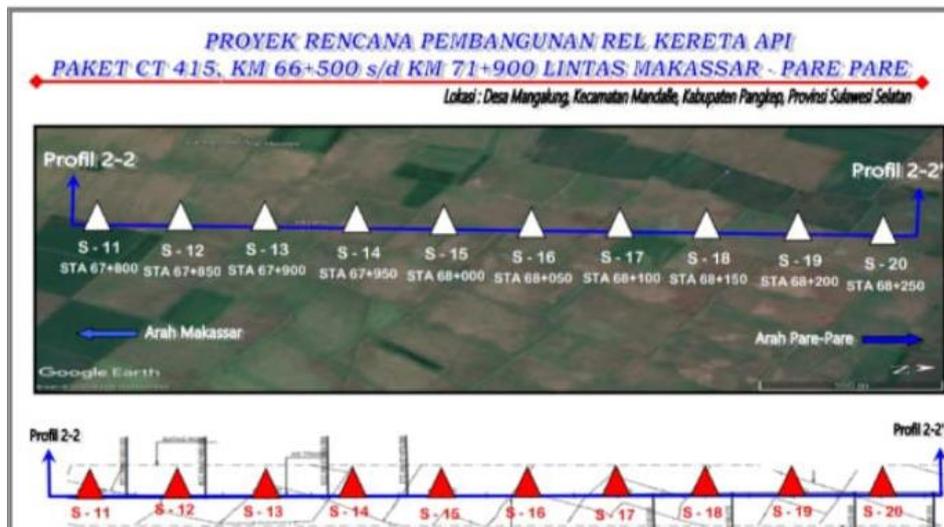
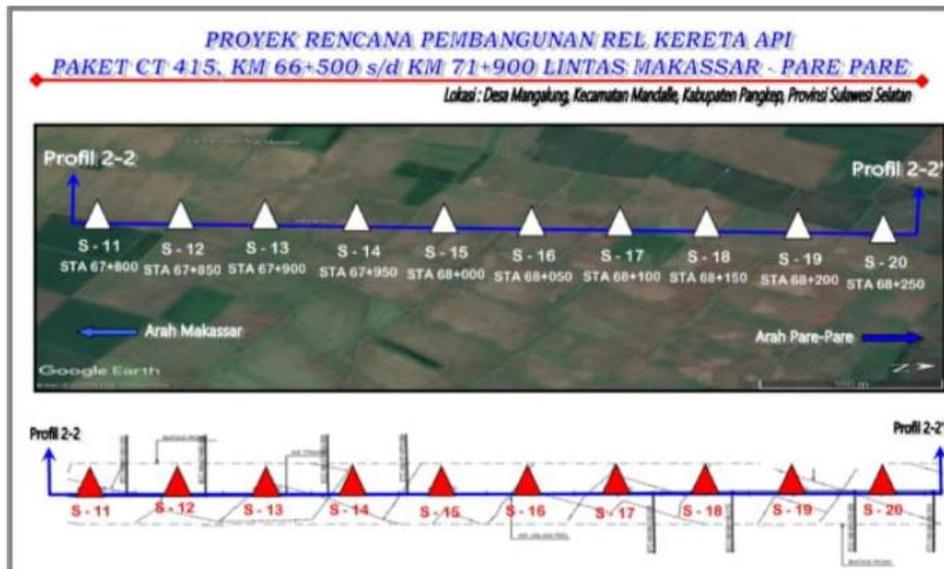
Abdul Hakam. *Rekayasa Pondasi*. Padang: CV. Bintang Grafika, 2008.

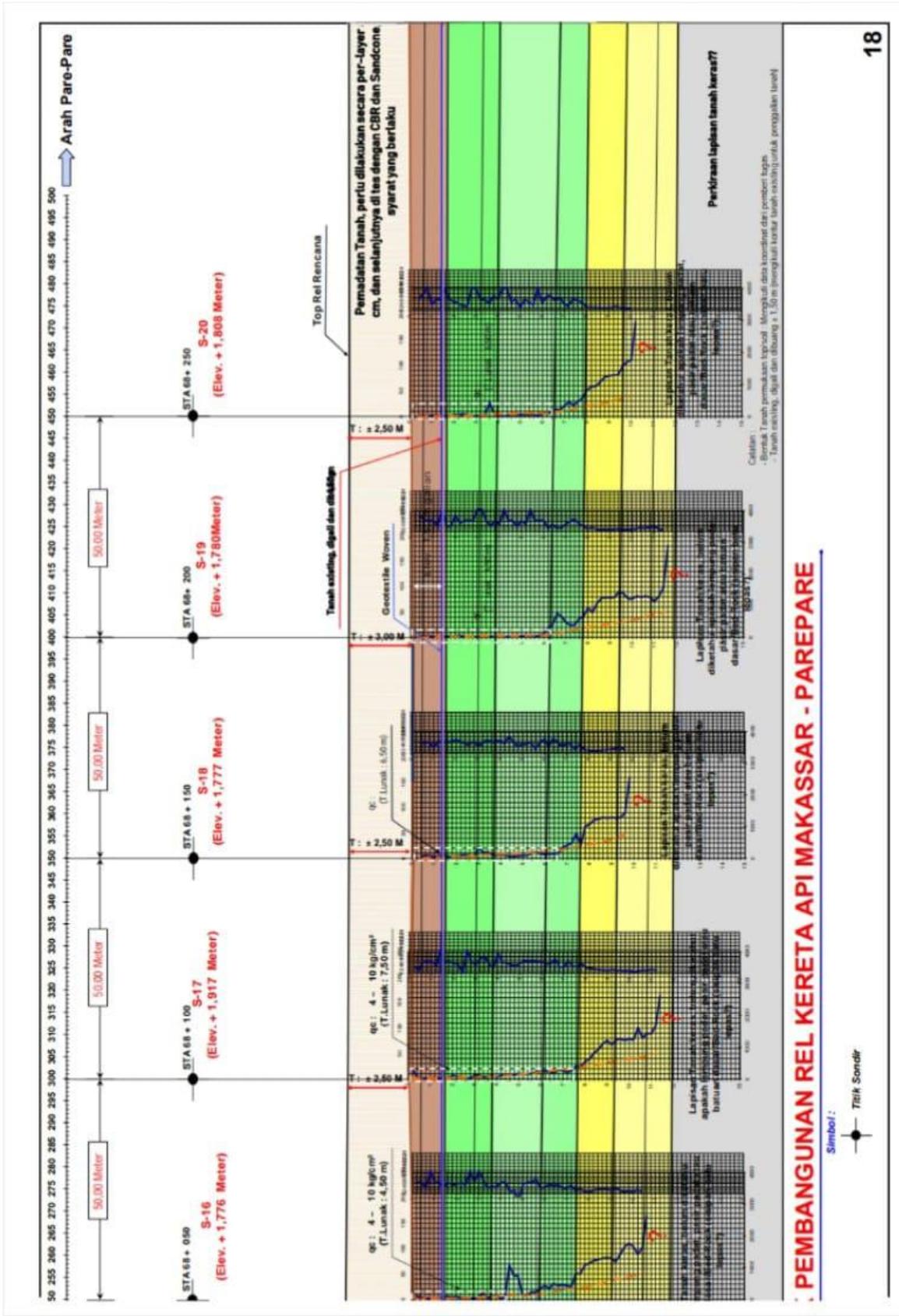
Agus Sugianto, Irna Hendrayani, Gunaedy Utomo, dan Rahmat. "Analisis Stabilitas Tanah Lempung Lunak Menggunakan Material Semen Sebagai bahan Campuran." *Jurnal TRANSUKMA*, 4(2) Juni 2022: 114-123.

Achnad Hafiz, Muhammad Fauzan, Heriansyah Putra, dan Annisa Daniswara Santoso. "Analisis Perubahan Faktor Keamanan Lereng Akibat Hujan." *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(3) Desember 2019: 169-175.

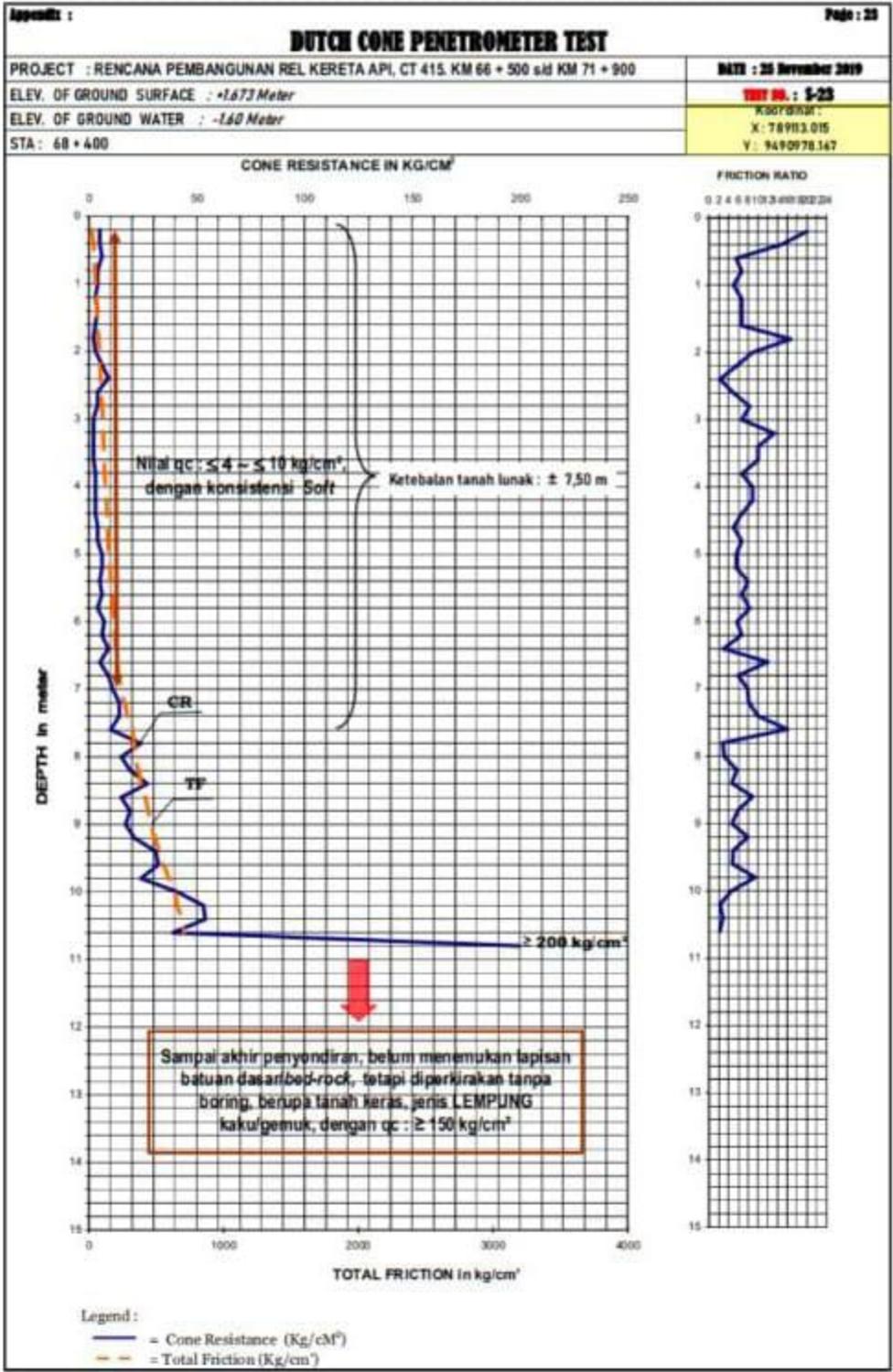
- Andre Renaldi, Muhammad Ikhwan Yani, dan Fatma Sarie. "Pengaruh Campuran Abu Tempurung Kelapa dan Semen Portland Terhadap Daya Dukung dan Kuat Geser Tanah Lempung." *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1) Juni 2022: 9-15.
- Firto Darwis, Elfira Resti Mulya, dan Aswin Laaha. "Tinjauan Mutu Agregat Sirtu Sebatai Sebagai Material Lapis Pondasi Pada Perkerasan Jalan." *Jurnal Teknik*, 1(2) April 2022: 145-155.
- I Gusti Ngurah Nyoman Wismanara, Putu Budiarnaya. "Metode Peningkatan Daya Dukung Tanah Lunak." *Jurnal ilmiah TELSINAS*, 3(2) Desember 2020: 37-40.
- Muhammad Khuzair Lubis, Kamaludin Lubis. "Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan Geotextile Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan." *Jurnal Teknik Sipil, Bangunan dan Transportasi*, 3(2) Maret 2018: 71-81.
- Muhammad Jafri. "Perbaikan Pengembangan Tanah Menggunakan Zat Addiktif Kapur Dengan Pedoman Alat Konsolidasi." *Jurnal Rekayasa*, 13(3) Desember: 272-278.
- Qunik Wiqoyah. "Pengaruh Tras Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung." *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, 7(2) Juli 2007: 157-153.
- Robby Zul Anggara, Yusuf Amran, dan Agus Surandono. "Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung Pada Perkerasan Jalan Tanah Menggunakan Difa *Soil Stabilizer* dan Abu Sekam Padi." *Jurnal TAPAK*, 10(2) Mei 2021: 139-147
- Sulardi, Agus Sugianto. "Membuat Jalan Beton Ditanah Lunak Dengan Metode Cerucuk Kayu Galam." *Jurnal Abdimas Universal*, 4(1) April 2022: 79-83.
- Zainal Abidin Gaffar. "Perkuatan Dengan Cerucuk Galam Diatas Tanah Lunak, Banjarmasin." *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2) Desember 2005: 64-70.

LAMPIRAN





PEMBANGUNAN REL KERETA API MAKASSAR - PAREPARE



DUTCH CONE PENETROMETER TEST

PROJECT : RENCANA PEMBANGUNAN REL KERETA API, CT 415. KM 66 + 500 s/d KM 71 + 900

DATE : 26 November 2019

ELEV. OF GROUND SURFACE : +1.805 Meter

TEST NO. : 1-32

ELEV. OF GROUND WATER : -2.40 Meter

KOORDINAT :

STA : 68 + 800

X : 789155.004

Y : 9491375.957

