



TESIS - RC 185401

ANALISIS DESAIN PENINGKATAN JALAN KAWASAN *FOOD ESTATE* EKS PLG BELANTI KAB.PULANG PISAU

**Studi Kasus: Ruas Sp.3 (Simpang Tiga) Janas - STI
Kab. Pulang Pisau, Kalteng
(Sta. 0+000 - Sta. 6+895)**

**ACHMAD MIRAJ RIDWANSYAH
6012201071**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D**

**Mentor Lapangan
Riwanto Marbun, ST., MT**

**Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ACHMAD MIRAJ RIDWANSYAH

NRP: 6012201071

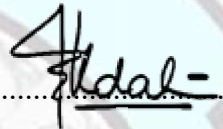
Tanggal Ujian: 25 Januari 2022

Periode Wisuda: Maret 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D
NIP: 19510708 197603 2 001

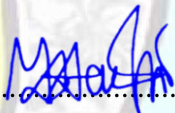
.....


2. Riwanto Marbun, ST., MT.
NIP: 19740806 200312 1 008

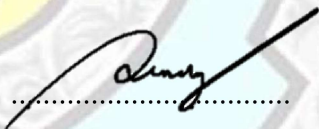
.....


Penguji:

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
NIP: 19770122 200501 2 002

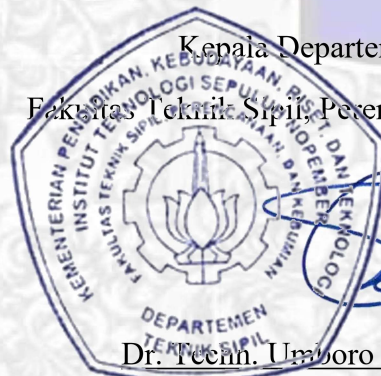
.....


2. Dr. Trihanyndio Rendy S, ST, MT.
NIP: 19841010 200812 1 004

.....


Kepala Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan - ITS



Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

NIP: 19721202 199802 1 001

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

**ANALISIS DESAIN PENINGKATAN JALAN KAWASAN
FOOD ESTATE EKS PLG BELANTI KAB.PULANG PISAU
STUDI KASUS: RUAS SP.3 (SIMPANG TIGA) JANAS – STI KAB.
PULANG PISAU, KALTENG
(STA. 0+000 – STA. 6+895)**

Nama Mahasiswa	: Achmad Miraj Ridwansyah
NRP	: 6012201071
Pembimbing	: Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D
Mentor Lapangan	: Riwanto Marbun, ST., MT

ABSTRAK

Program Food Estate merupakan salah satu dari Proyek Strategis Nasional (PSN) tahun 2020 – 2024 untuk menjadikan lahan eks-pengembangan lahan gambut (eks PLG) di Provinsi Kalimantan Tengah sebagai lumbung pangan baru di luar pulau jawa. Kementerian PUPR melalui Direktorat Jenderal Bina Marga akan meningkatkan konektivitas menuju lokasi kawasan *food estate* tersebut. Peningkatan konektivitas tersebut diantaranya peningkatan ruas Sp.3 Janas - STI sepanjang 6,895 km (Sta. 0+000 – Sta. 6+895). Jalan tersebut telah terbangun 2 segmen eksisting jalan yaitu segmen jalan aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) selebar 3,5 m dan segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) selebar 6,0 m. Ruas jalan tersebut akan ditingkatkan menjadi lebar badan jalan 6,0 m dan lebar bahu jalan (kanan-kiri) 3,8 m untuk segmen jalan aspal satu lapis, dan 3,0 m untuk segmen jalan agregat. Ruas jalan tersebut dibangun diatas lapisan tanah organik yang konsistensinya sangat lunak sampai dengan medium. Oleh sebab itu, pada lapisan tanah dibawah pelebaran jalan direncanakan untuk dipasang 18 buah cerucuk kayu galam (pada satu sisi per meter panjang jalan); panjang dan diameter cerucuk masing-masing 4,0 m dan 0,10 m yang dipasang mulai kedalaman -1,0 meter. Dalam studi ini, perencanaan tersebut akan dianalisis untuk mengetahui apakah cerucuk yang dipasang tersebut sudah cukup menjamin bahwa perkuatan pelebaran jalan tersebut stabil (tidak ambles dan tidak longsor) serta tidak terjadi perbedaan penurunan antara jalan eksisting dan pelebaran jalan.

Untuk itu, besar beban vertikal dan momen dorong yang diakibatkan oleh pelebaran jalan akan dianalisis. Kekuatan satu cerucuk dalam menerima beban vertikal dan horizontal juga akan dihitung. Langkah selanjutnya adalah menganalisis jumlah cerucuk yang dibutuhkan agar pelebaran jalan yang dibangun stabil. Disamping itu, beda penurunan yang akan terjadi antara jalan eksisting dan pelebaran jalan juga akan dianalisis karena perbedaan penurunan yang besar akan membahayakan pemakai jalan.

Dari hasil analisis yang dilakukan diketahui bahwa pemasangan cerucuk sebanyak 18 buah cerucuk kayu galam (pada satu sisi per meter panjang jalan)

untuk perkuatan sudah cukup aman untuk menerima beban vertikal dan beban horizontal akibat pelebaran jalan. Beda penurunan (*differential settlement*) yang terjadi antara pelebaran jalan dan jalan eksisting pada segmen jalan aspal satu lapis adalah sebesar 6,7 cm dan akan berlangsung selama waktu $t = 19,5$ tahun; beda penurunan tersebut akan terjadi sebesar 2,8 cm di akhir tahun pertama. Di segmen jalan agregat, beda penurunan tersebut akan terjadi sebesar 7,4 cm dan akan berlangsung selama waktu $t = 20,7$ tahun; perbedaan penurunan tersebut akan terjadi sebesar 3,7 cm di akhir tahun pertama.

Kata Kunci: cerucuk, food estate, kayu galam, Pulang Pisau, tanah lunak

**DESIGN ANALYSIS OF ROAD IMPROVEMENT IN THE FOOD
ESTATE AREA OF EX-PLG BELANTI KAB. PULANG PISAU
CASE STUDY: SECTION SP.3 (SIMPANG TIGA) JANAS – STI, PULANG
PISAU REGENCY, CENTRAL KALIMANTAN
(Sta. 0+000 – Sta. 6+895)**

By : Achmad Miraj Ridwansyah
NRP/Student Identity Number : 6012201071
Supervisor I (ITS) : Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D
Supervisor II (PUPR) : Riwanto Marbun, ST., MT

ABSTRACT

The Food Estate Program is one of the National Strategic Projects (PSN) in 2020 – 2024 to turn the ex-peatland development land (ex-PLG) in Central Kalimantan Province into a new food source outside Java. The Ministry of Civil Works and Housing (PUPR) through the Directorate General of Highways will improve connectivity to the location of the food estate area. The connectivity improvements include the increase in the Sp.3 Janas - STI section along 6,895 km (Sta. 0+000 – Sta. 6+895). The road has built 2 existing road segments, namely a single layer asphalt road segment (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) with a width of 3.5 m and an aggregate road segment (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) with a width of 6.0 m. The road section will be increased to 6.0 m wide and 3.8 m wide for the single layer asphalt road segment and 3.0 m for the aggregate road segment. The road section is built on a layer of organic soil whose consistency is very soft to medium. Therefore, in the soil layer under the road widening, it is planned to install 18 pieces of galam woodpiles (on one side per meter length of the road); the length and diameter of the woodpile are 4.0 m and 0.10 m, which are installed from a depth of -1.0 m. In this study, the construction design will be analyzed to determine whether the installed woodpiles are sufficient to ensure that the road widening reinforcement is stable (no subsidence and no landslides) and there is no differential settlement between the existing road and road widening.

For this reason, the magnitude of the vertical load and thrust moment caused by road widening will be analyzed. The strength of a single woodpile in receiving vertical and horizontal loads will also be calculated. The next step is to analyze the required number of woodpiles so that the road widening that is built is stable. In addition, the differential settlement that will occur between the existing road and the widening of the road will also be analyzed because a large difference in settlement will endanger road users.

From the results of the analysis, it is known that the installation of 18 pieces of galam woodpiles (on one side per meter of road length) for reinforcement is safe enough to accept vertical loads and horizontal loads due to road widening.

The differential settlement that occurs between the widening of the road and the existing road on the single-layer asphalt road segment is 6.7 cm and will last for a time $t = 19.5$ years; the difference in the decrease will occur by 2.8 cm at the end of the first year. In the aggregate road segment, the difference in settlement will be 7.4 cm and will last for a time $t = 20.7$ years; the difference in the decrease will occur by 3.7 cm at the end of the first year.

Keywords: woodpile, food estate, galam wood, Pulang Pisau, soft soil.

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini tepat pada waktunya. Pada kesempatan kali ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penyelesaian Tesis ini, antara lain:

1. Pihak Keluarga yang senantiasa memberi dukungan baik secara moril maupun non moril.
2. **Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D**, selaku dosen konsultasi penulis atas bimbingan, arahan, saran, kritik serta motivasi yang diberikan sehingga Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik
3. **Riwanto Marbun, ST., MT**, selaku mentor lapangan dari Kementerian PUPR – Ditjen Bina Marga yang telah membimbing, dan memberikan arahan dalam proses penyusunan Tesis.
4. Seluruh rekan – rekan Program Studi Preservasi Jalan pada Kondisi Geoteknik Tanah Sulit yang telah memberikan dukungan, motivasi serta semangatnya dalam penyusunan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tesis ini terdapat kelebihan dan kekurangan. Segala kelebihan pada Tesis ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan – rekan pembaca tentang ilmu Teknik Sipil khususnya bidang geoteknik. Penulis tidak lupa memohon kritik dan saran yang membangun terhadap Tesis ini agar dapat menjadikan penulis lebih baik lagi kedepannya. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Surabaya, 28 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	11
1.3 Tujuan	12
1.4 Batasan Masalah	12
1.5 Manfaat	12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Tanah Lunak Organik	13
2.2 Pemampatan Tanah	15
2.3 Lama Waktu Pemampatan Tanah	16
2.4 Penyelidikan Tanah di Lapangan	17
2.5 Parameter Tanah	19
2.5.1 Penentuan Parameter tanah berdasarkan data sondir dan N-SPT	19
2.5.2 Perubahan parameter tanah yang telah mengalami pemampatan sebelumnya	20
2.6 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Sondir.....	21
2.7 Kayu Galam	22
2.8 Kekuatan Cerucuk Dalam Menahan Beban Horizontal	23
2.9 Distribusi Beban pada Tanah	25
2.10 Perbaikan Tanah Dasar untuk Tanah Gambut dan Tanah Lunak Organik	27
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Tahapan Penelitian	34
3.2 Uraian Tahapan Penelitian	36
3.3 <i>Output</i> Hasil Studi.....	38
BAB 4 DATA DAN ANALISA	39

4.1	Stratigrafi Lapisan Tanah.....	39
4.2	Parameter Tanah di Lokasi Studi.....	39
4.2.1	Parameter Tanah di Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)	42
4.2.2	Parameter Tanah di Segmen Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)	42
4.3	Beban di Pelebaran Jalan dan Jalan Eksisting	43
4.3.1	Beban di Pelebaran Jalan dan Jalan Eksisting Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)	43
4.3.2	Beban di Pelebaran Jalan dan Jalan Eksisting Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895).....	45
4.4	Perubahan Parameter Tanah Dibawah Jalan Eksisting Akibat Pemampatan Sebelumnya	47
4.4.1	Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450).....	47
4.4.2	Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)	49
4.5	Parameter Cerucuk Kayu Galam	49
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
5.1	Jenis Tanah di Lokasi Studi	51
5.2	Kekuatan Cerucuk Kayu Galam Dalam Menerima Beban Vertikal....	52
5.2.1	Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450).....	52
5.2.2	Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)	53
5.3	Kebutuhan Cerucuk Kayu Galam Untuk Menerima Beban Horizontal	54
5.3.1	Kekuatan 1 Cerucuk dalam Menahan Beban Horizontal.....	54
5.3.2	Perhitungan Stabilitas Pelebaran Jalan	55
5.3.3	Stabilitas Pelebaran Jalan pada Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450).....	57
5.3.4	Stabilitas Pelebaran Jalan pada Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895).....	58
5.4	Besar Pemampatan Pada Pelebaran Jalan	59
5.4.1	Pemampatan Tanah pada Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450).....	59
5.4.2	Pemampatan Tanah pada Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)	64

BAB 6 KESIMPULAN	68
6.1 Kesimpulan	68
6.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN 1.....	73
LAMPIRAN 2.....	78
LAMPIRAN 3.....	81
LAMPIRAN 4.....	84
LAMPIRAN 5.....	86
LAMPIRAN 6.....	90
LAMPIRAN 7.....	94
LAMPIRAN 8.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Kawasan Food Estate Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau dan Kawasan Food Estate Eks PLG Dadahup, Kabupaten Kapuas, Kalteng	1
Gambar 1.2 Lokasi Kawasan <i>Food Estate</i> Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau dan Kawasan Food Estate Eks PLG Dadahup, Kabupaten Kapuas, Kalteng	2
Gambar 1.3 Lokasi jalan yang ditingkatkan sepanjang 41,87 km di Kawasan <i>Food Estate</i> Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau, Kalteng	3
Gambar 1.4 Ruas Sp.3 (Simpang Tiga) Janas – STI sepanjang 6,895 km pada Kawasan <i>Food Estate</i> Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau, Prov. Kalimantan Tengah	4
Gambar 1.5. Titik awal Ruas Sp.3 Janas – STI (Sta. 0+000) dan akhir jalan aspal satu lapis (Sta. 2+450).....	5
Gambar 1.6 Titik awal jalan agregat, Ruas Sp.3 Janas – STI (Sta. 2+450) dan akhir dari jalan agregat (Sta. 6+895).....	5
Gambar 1.7 Tipikal rencana peningkatan pada eksisting jalan aspal satu lapis	7
Gambar 1.8 Tipikal rencana peningkatan pada eksisting jalan agregat	7
Gambar 1.9 Detail desain rencana cerucuk kayu galam sebagai perkuatan.....	8
Gambar 1.10 Lokasi titik pengujian sondir dan boring ruas Sp.3 Janas – STI	9
Gambar 2.1 Grafik konus Schmertmann	18
Gambar 2.2 Grafik hubungan koefisien konsolidasi (C_v) dan batas cair (LL) ...	20
Gambar 2.3 Harga f dari berbagai jenis tanah.....	24
Gambar 2.4 Harga F_M	25
Gambar 2.5 Visualisasi dan notasi $\Delta\sigma$ akibat beban timbunan	26
Gambar 2.6 Visualisasi dan notasi $\Delta\sigma$ akibat beban lajur	27
Gambar 2.7 Metode pengelupasan tanah gambut.....	29
Gambar 2.8 Sketsa metode pemberian beban awal dengan menggunakan beban timbunan tanah (<i>preloading with surcharge</i>)	30
Gambar 2.9 Metode perbaikan tanah dengan cerucuk kayu.....	31
Gambar 2.10 Penggunaan kayu galam sebagai pondasi pada gambut.	31
Gambar 2.11 Ilustrasi penggunaan cerucuk untuk <i>embankment</i> jalan	32

Gambar 2.12 Ilustrasi penggunaan cerucuk sebagai perkuatan lereng <i>embankment</i> jalan.....	32
Gambar 2.13 Ilustrasi penggunaan cerucuk sebagai perkuatan lereng yang dapat memotong lingkaran kelongsoran dalam	32
Gambar 2.14 Metode galar kayu (<i>Corduroy</i>)	33
Gambar 3.1 Diagram alir (<i>Flow Chart</i>).....	36
Gambar 4.1. Nilai qc dari hasil tes sondir	40
Gambar 4.2. Nilai JHP (Jumlah Hambatan Pelekat) dari hasil tes sondir	41
Gambar 4.3. Sketsa rencana timbunan bahu jalan, pelebaran jalan, dan badan jalan eksisting.....	43
Gambar 4.4 Sketsa rencana timbunan bahu jalan, bahu jalan, dan badan jalan Eksisting (Sumber: BPJN Kalteng)	45
Gambar 5.1 Sketsa bidang longsor dengan SFmin dan kedalaman bidang longsor terdalam segmen jalan aspal satu lapis	56
Gambar 5.2 Sketsa bidang longsor dengan SFmin dan kedalaman bidang longsor terdalam segmen jalan agregat	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Berbutir Halus Berdasarkan Kadar Organiknya	13
Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Kadar Organiknya.....	14
Tabel 2.3. Parameter Fisik dan Mekanik Tanah Gambut Secara Umum	14
Tabel 2.4 Pengelompokkan Tanah Berdasarkan Konsistensinya.....	18
Tabel 2.5 Pengelompokkan Tanah Berdasarkan Konsistensinya.....	19
Tabel 2.6 Modulus Kenyal (E) Kayu Sejajar Serat	23
Tabel 2.7 Tegangan yang Diperkenankan untuk Kayu Mutu A	23
Tabel 2.8 Klasifikasi Tanah Gambut Berdasarkan Ketebalan Lapisannya	28
Tabel 4.1 Jenis dan Konsistensi Lapisan Tanah Berdasarkan Data Sondir	39
Tabel 4.2 Parameter Fisik Tanah Segmen Aspal Satu Lapis	42
Tabel 4.3 Parameter Teknis Tanah Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450).....	42
Tabel 4.4 Parameter Fisik Lapisan Tanah Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895).....	42
Tabel 4.5 Parameter Teknis Lapisan Tanah Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895).....	43
Tabel 4.6 Timbunan Bahu Jalan Segmen Aspal Satu Lapis	44
Tabel 4.7 Timbunan Pelebaran Badan Jalan Segmen Aspal Satu Lapis	44
Tabel 4.8 Lapis Perkerasan Tambahan Segmen Aspal Satu Lapis	45
Tabel 4.9 Timbunan Bahu Jalan Segmen Agregat	46
Tabel 4.10. Timbunan Lapis Tambahan Perkerasan Jalan Eksisting di Segmen Agregat.....	46
Tabel 4.11 Perubahan Parameter Tanah Setelah Mengalami Pemampatan pada Sta. 0+000 – Sta. 2+450.....	47
Tabel 4.12 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting Pemampatan Akibat Beban Jalan Eksisting dan Beban Lalu Lintas Selama ± 20 tahun	48
Tabel 4.13 Perubahan Parameter Tanah Setelah Mengalami Pemampatan pada Sta. 2+450 – Sta. 6+895.....	49
Tabel 5.1 Perbandingan Parameter Tanah Asli pada Sta. 0+000 –	51

Tabel 5.2 Perbandingan Parameter Tanah Asli pada Sta. 2+450 –	52
Tabel 5.3 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Tanpa Cerucuk).....	61
Tabel 5.4 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Dengan Cerucuk).....	63
Tabel 5.5 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Tanpa Cerucuk).....	65
Tabel 5.6 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Dengan Cerucuk).....	67

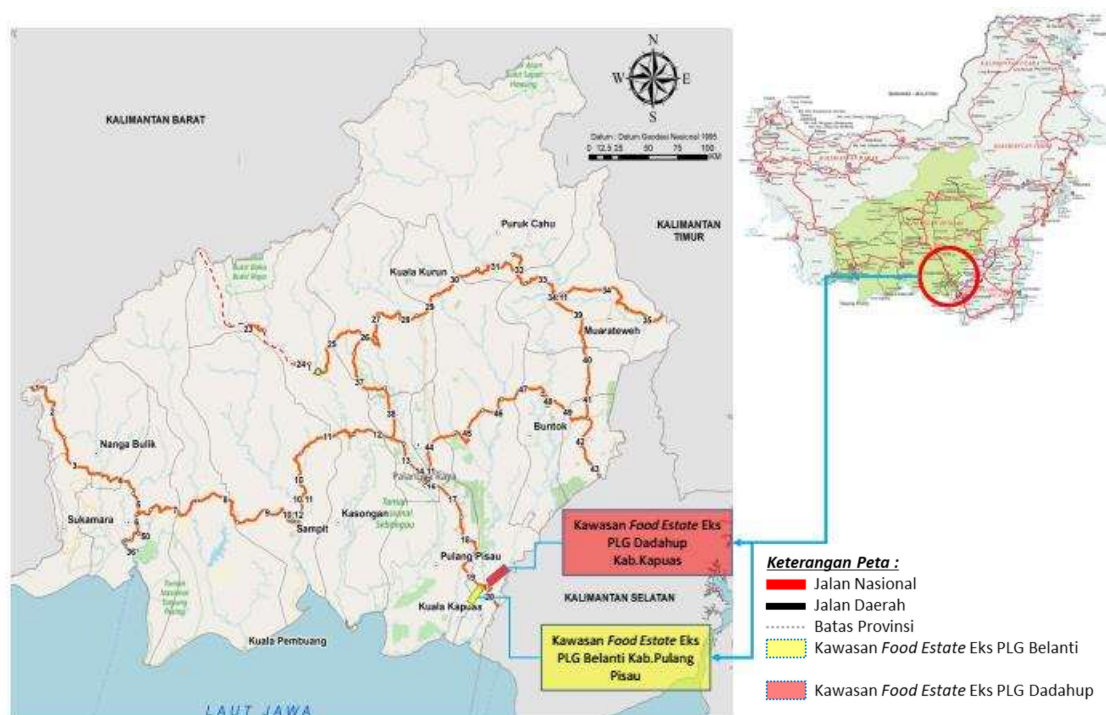
“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 1

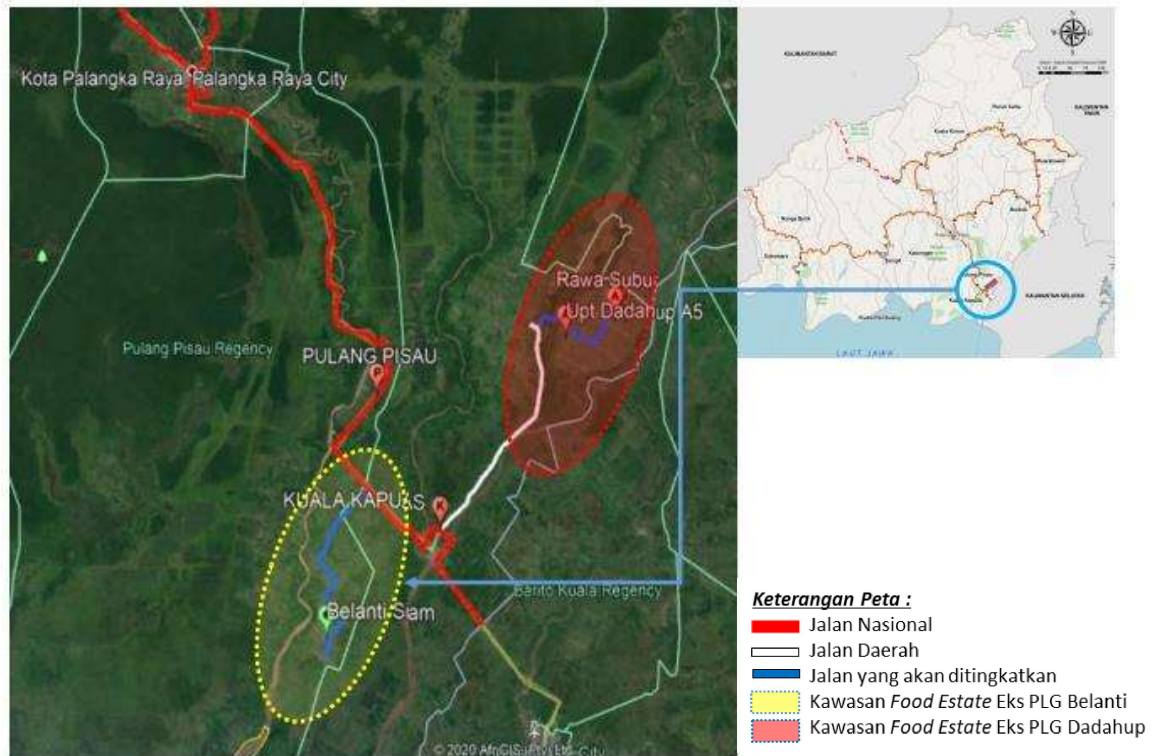
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program *Food Estate* merupakan salah satu dari Proyek Strategis Nasional (PSN) tahun 2020 – 2024 yang bertujuan untuk menjadikan lahan ekspengembangan lahan gambut (eks PLG) di Provinsi Kalimantan Tengah (Kalteng) sebagai bagian rencana dari lokasi program pengembangan tanaman pangan untuk lumbung pangan baru di luar Pulau Jawa. Ada 2 (dua) kawasan *Food Estate* di Kalimantan Tengah yaitu Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau, dan Kawasan *Food Estate* Eks PLG Dadahup, Kabupaten Kapuas. Lokasi dari kawasan *Food Estate* tersebut dapat dilihat pada **Gambar 1.1** dan **Gambar 1.2**. Persiapan lahan *Food Estate* meliputi rehabilitasi saluran irigasi, pintu air dan jembatan, serta peningkatan jalan akses.



Gambar 1.1 Lokasi Kawasan Food Estate Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau dan Kawasan Food Estate Eks PLG Dadahup, Kabupaten Kapuas, Kalteng (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)



Gambar 1.2 Lokasi Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau dan Kawasan *Food Estate* Eks PLG Dadahup, Kabupaten Kapuas, Kalteng (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

Peningkatan jalan akses, yang telah dibangun sekitar tahun 2018, tersebut ditujukan untuk mempermudah konektivitas dari jalan nasional menuju kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau. Program peningkatan jalan tersebut merupakan tanggung jawab Kementerian PUPR melalui Direktorat Jenderal Bina Marga. Panjang jalan akses yang akan ditingkatkan di Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti tersebut adalah 41,87 km seperti ditunjukkan pada **Gambar 1.3**. Salah satu ruas jalan yang ditingkatkan tersebut adalah ruas Simpang Tiga (Sp.3) Janas (Jalan Nasional) – STI sepanjang 6,895 km dimana lapisan tanah dasarnya merupakan tanah lempung organik. Ruas jalan Sp.3 Janas – STI tidak pernah tergenang air (banjir) dikarenakan sungai dan saluran yang ada merupakan saluran buatan sehingga muka air banjir tertinggi berkisar antara 0,5 – 1,0 meter diukur dari tinggi muka air normal pada sungai di bawah Jembatan Muara Tahai.

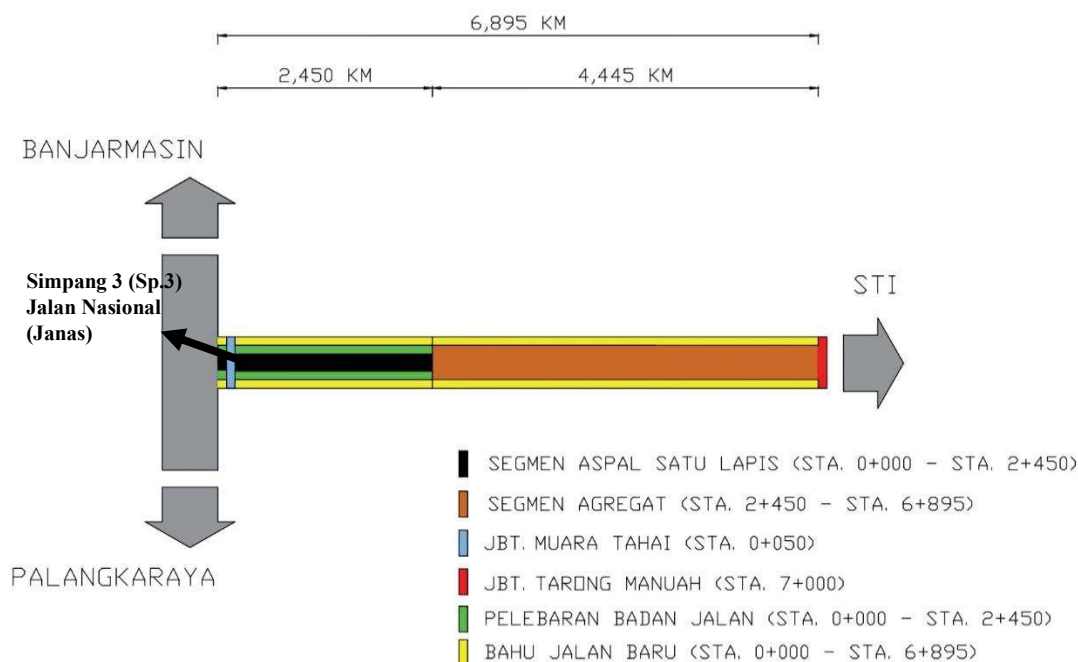


Keterangan Peta :

- Jalan Nasional
- Jalan yang akan ditingkatkan
- Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti

Gambar 1.3 Lokasi jalan yang ditingkatkan sepanjang 41,87 km di Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau, Kalteng (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

Titik awal Ruas Simpang (Sp.3) Janas – STI (Sta. 0+000) terletak di simpang tiga yang merupakan perpotongan antara Jalan Nasional Lintas Selatan Kalimantan dan jalan daerah menuju Muara Tahai. Titik akhir ruas jalan (Sta. 6+895) berbatasan dengan Jembatan kayu Tarong Manuah. Lokasi peningkatan jalan sepanjang 6,895 km menuju Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau, tersebut dapat dilihat pada **Gambar 1.4**. Sebagian ruas jalan yang akan ditingkatkan telah terbangun struktur perkerasan eksisting berupa jalan aspal satu lapis sepanjang 2,45 km pada Sta 0+000 – Sta 2+450 dan jalan agregat (sirtu) sepanjang 4,445 km pada Sta. 2+450 – Sta. 6+895.



Gambar 1.4 Ruas Sp.3 (Simpang Tiga) Janas – STI sepanjang 6,895 km pada Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti, Kabupaten Pulang Pisau, Prov. Kalimantan Tengah (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

Kondisi eksisting segmen jalan aspal satu lapis memiliki lebar 3,5 m dan tidak memiliki bahu jalan. Jalan tersebut dibangun tanpa dilakukan perbaikan tanah dasarnya sehingga proses konsolidasi mungkin masih berlangsung. Pada sisi kiri dan kanan jalan terdapat rumah warga pada jarak sekitar 800 meter dari awal titik segmen (Sta. 0+000 – Sta. 0+800) dan setelah itu kanan kiri jalan masih berupa lahan kosong yang ditumbuhi pohon dan semak belukar. Foto dari kondisi perkerasan eksisting jalan aspal satu lapis ditunjukkan pada **Gambar 1.5**. Pada segmen jalan agregat, lebar jalannya adalah 6,0 meter dan juga tidak memiliki bahu jalan. Segmen jalan agregat tersebut juga dibangun tanpa dilakukan perbaikan tanah dasarnya sehingga proses konsolidasi mungkin masih berlangsung. Pada sisi kiri dan kanan jalan masih berupa lahan kosong yang ditumbuhi pohon dan semak belukar. Foto dari kondisi perkerasan eksisting jalan agregat ditunjukkan pada **Gambar 1.6**. Penanganan yang akan direncanakan pada ruas jalan tersebut adalah peningkatan jalan berupa penambahan lebar badan jalan di kiri-kanan jalan

eksisting, pembangunan bahu jalan, dan peningkatan struktur badan jalan. Perbaikan tanah dasar direncanakan menggunakan konstruksi cerucuk kayu karena kondisi tanah dasar merupakan tanah lunak dan mengandung sisa-sisa organik. Cerucuk yang digunakan adalah kayu galam karena selain jumlahnya yang melimpah, penggunaan kayu galam juga lebih murah dan lebih mudah pengerjaannya.



Gambar 1.5. Titik awal Ruas Sp.3 Janas – STI (Sta. 0+000) dan akhir jalan aspal satu lapis (Sta. 2+450)
(KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)



Gambar 1.6 Titik awal jalan agregat, Ruas Sp.3 Janas – STI (Sta. 2+450) dan akhir dari jalan agregat (Sta. 6+895)
(KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

Pada segmen jalan eksisting yang berupa jalan aspal satu lapis akan dilakukan peningkatan jalan sepanjang 2,45 km (Sta 0+000 – Sta 2+450) yaitu pelebaran badan jalan semula 3,5 m menjadi 6,0 m; selain itu, bahu jalan masing-masing selebar 1,9 m di sebelah kanan-kiri jalan yang dilebarkan. Jadi, total pelebaran jalan (badan dan bahu jalan) menjadi 2 x 3,15 m. Lapisan tanah dasar pada pelebaran jalan tersebut dipasang cerucuk kayu galam sebagai perkuatan. Untuk badan jalan, diatas cerucuk diletakkan lapisan pasir urug, timbunan pilihan, dan pondasi agregat dengan total ketebalan sebesar 80-85 cm. Diatas lapis pondasi dipasang lapis tipis aspal beton (lataston) sebanyak 2 lapis dengan ketebalan total sebesar 6,5 cm; sedang pada bahu jalan diletakkan lapis sirtu (pasir-batu) tebal 12,5 cm diatas lapisan timbunan pilihan (tanpa lapis agregat). Jadi total tinggi jalan diatas cerucuk adalah 92,5 cm. Pada perencanaan ini, lembar geotekstil dipasang di dasar timbunan pilihan untuk bercampurnya lapisan tersebut dengan lapisan dibawahnya. Gambar desain untuk peningkatan jalan di segmen jalan aspal satu lapis bisa dilihat pada **Gambar 1.7**.

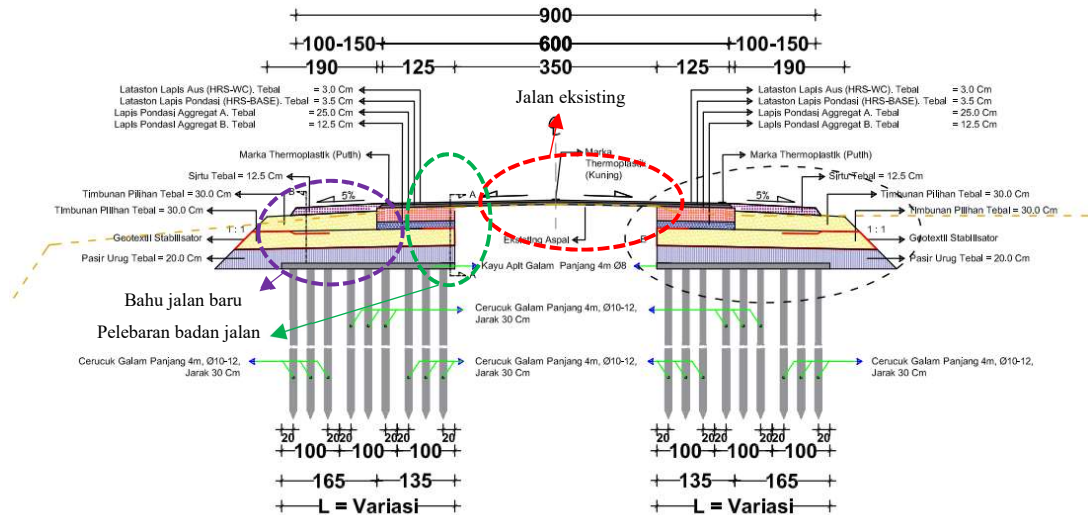
Pada segmen jalan eksisting yang berupa jalan agregat (sirtu) selebar 6,0 m akan dilakukan peningkatan jalan sepanjang 4,445 km (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) yang berupa lapis tipis aspal beton (lataston) dan lapis pondasi agregat pada badan jalan; di sebelah kanan-kiri jalan eksisting diberi timbunan untuk bahu jalan masing-masing selebar 2,0 m. Pada badan jalan, diatas lapis agregat eksisting diletakkan geotekstil untuk stabilisator dan kemudian diberi lapis pondasi agregat setebal 37,5 cm dan selebar 6,2 m. Diatas lapis pondasi dibangun lapis tipis aspal beton (lataston) sebanyak 2 lapis dengan total tebal 6,5 cm dan lebar 6,0 m. Pada bagian bahu jalan, diatas cerucuk kayu galam diberi lapisan pasir urug, timbunan pilihan, dan sirtu dengan ketebalan total sebesar 92,5 cm. Gambar desain untuk peningkatan jalan di segmen jalan agregat bisa dilihat pada **Gambar 1.8**.

Pemasangan cerucuk kayu galam sebagai perkuatan dibagian pelebaran jalan dapat dilihat pada **Gambar 1.9**. Ukuran cerucuk kayu yang dipasang adalah panjang 4,0 m dan diameter Ø10-12 cm; diameter cerucuk pada umumnya tidak sama dari ujung atas sampai bawah dikarenakan cerucuk kayu yang dipakai bukan produk pabrikasi. Dari **Gambar 1.9** dapat dilihat bahwa dalam 1,0 meter panjang jalan (pada masing-masing sisi) dipasang sebanyak 18 buah cerucuk kayu yang

diletakkan dalam 2 baris sejajar, dimana tiap baris terdiri dari 9 buah cerucuk kayu. Jadi untuk peningkatan 1,0 meter panjang jalan diperlukan 36 buah cerucuk kayu galam.

TIPIKAL PENANGANAN EKSISTING ASPAL

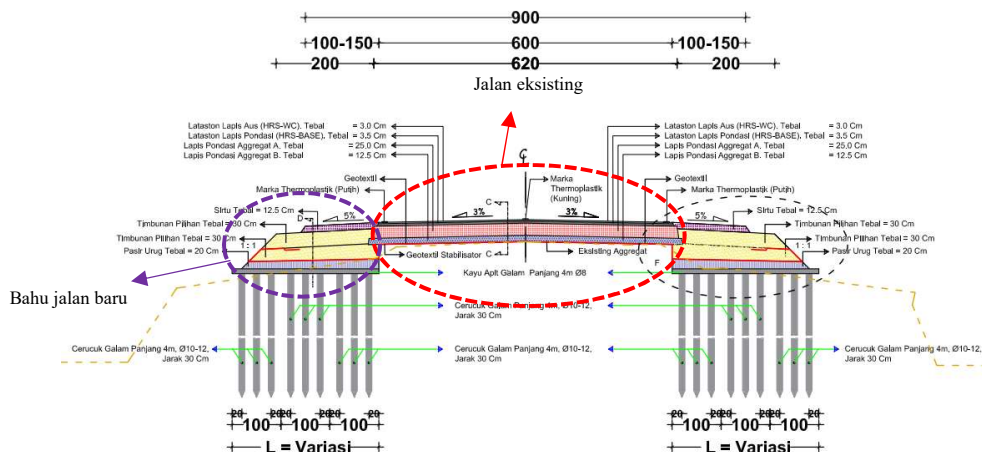
SKALA 1 : 100



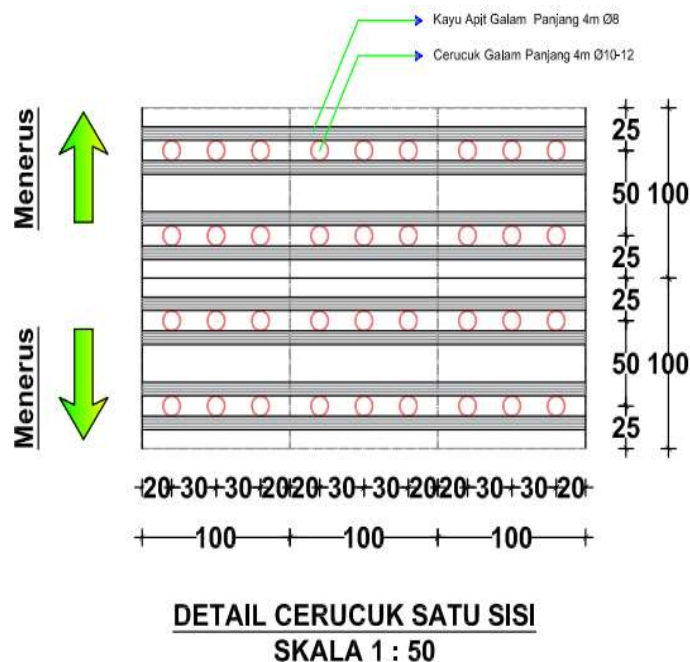
Gambar 1.7 Tipikal rencana peningkatan pada eksisting jalan aspal satu lapis (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

TIPIKAL PENANGANAN EKSISTING AGGREGAT

SKALA 1 : 100



Gambar 1.8 Tipikal rencana peningkatan pada eksisting jalan agregat (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

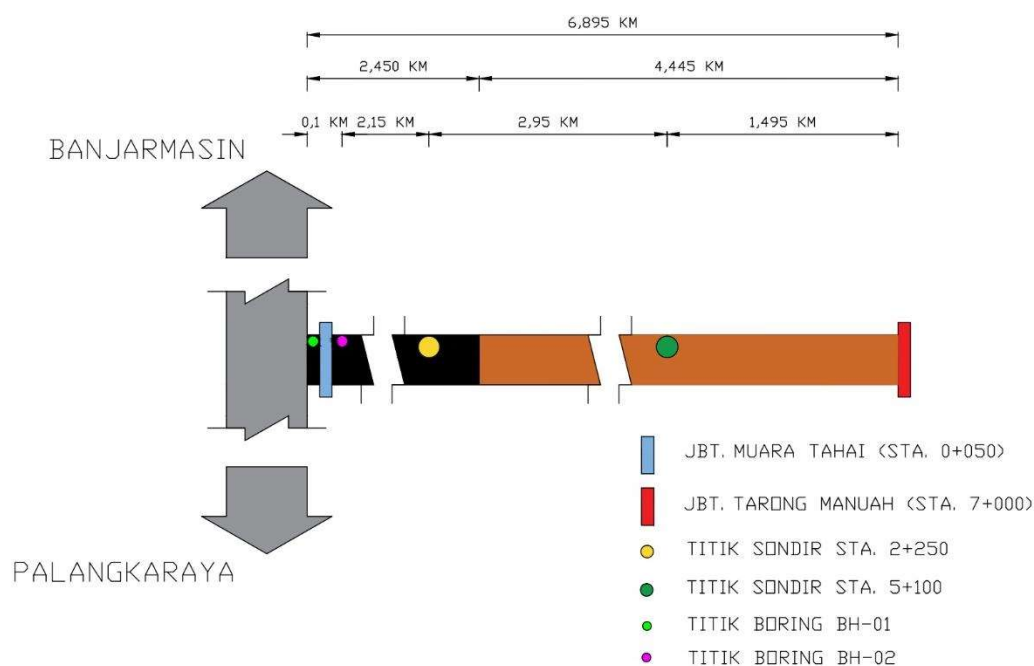


Gambar 1.9 Detail desain rencana cerucuk kayu galam sebagai perkuatan (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

Data tanah pada ruas Sp.3 Janas – STI yang telah tersedia adalah Sondir (*Dutch Cone Penetrometer*) dan data Boring. Pengujian Sondir dilakukan pada titik bahu jalan dan timbunan di Sta. 2+250 dan Sta. 5+100 sampai kedalaman 21 meter. Lokasi pengujian Sondir pada ruas Sp.3 Janas – STI bisa dilihat pada **Gambar 1.10** dan hasil pengujian sondir dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Dari data sondir yang diberikan pada **Lampiran 1** dapat diketahui bahwa pada titik Sta. 2+250 (segmen aspal satu lapis) mulai permukaan tanah s.d kedalaman -12,0 m merupakan lapisan tanah lunak. Konsistensi tanah mulai permukaan tanah s.d kedalaman 6,0 m adalah sangat lunak dengan jenis tanahnya adalah lempung organik ($q_{c\text{rata-rata}} = 5 \text{ kg/cm}^2$ dan $FR_{\text{rata-rata}} = 10\%$); mulai kedalaman 6,0 m s.d kedalaman 10,0 m adalah lunak jenis tanahnya adalah lempung ($q_{c\text{rata-rata}} = 10 \text{ kg/cm}^2$ dan $FR_{\text{rata-rata}} = 4\%$); dan mulai kedalaman 10,0 m s.d kedalaman 12,0 m adalah lunak jenis tanahnya adalah lempung kelanauan ($q_{c\text{rata-rata}} = 33 \text{ kg/cm}^2$ dan $FR_{\text{rata-rata}} = 4\%$). Data sondir pada titik Sta. 5+100 (segmen agregat) menunjukkan bahwa mulai permukaan tanah s.d kedalaman -12,0 m juga merupakan lapisan tanah lunak. Konsistensi tanah mulai permukaan tanah s.d

kedalaman 5,0 m adalah sangat lunak dengan jenis tanahnya adalah lempung organik ($q_{c\text{rata-rata}} = 4 \text{ kg/cm}^2$ dan $FR_{\text{rata-rata}} = 10\%$); mulai kedalaman 5,0 m s.d kedalaman 7,0 m adalah lunak jenis tanahnya adalah lempung ($q_{c\text{rata-rata}} = 10 \text{ kg/cm}^2$ dan $FR_{\text{rata-rata}} = 5\%$); dan mulai kedalaman 7,0 m s.d kedalaman 12,0 m adalah lunak jenis tanahnya adalah lempung kelanauan ($q_{c\text{rata-rata}} = 25 \text{ kg/cm}^2$ dan $FR_{\text{rata-rata}} = 4\%$).



Gambar 1.10 Lokasi titik pengujian sondir dan boring ruas Sp.3 Janas – STI (KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Prov. Kalimantan Tengah, 2020)

Pengujian boring di Jembatan Muara Tahai dilakukan pada titik BH-01 (Sta. 0+100) dan titik BH-02 (Sta. 0+130) sampai dengan kedalaman 30 meter. Muka air tanah di titik BH-01 terletak pada kedalaman 3,0 m dan di titik BH-02 terletak pada kedalaman 3,5 m. Lokasi pengujian boring jembatan Muara Tahai pada titik BH-01 dan BH-02 bisa dilihat pada **Gambar 1.10**. Di titik BH-01, pada kedalaman 0 - 1,5 meter didapatkan nilai N-SPT sebesar 0 dengan jenis tanah lempung kelanauan berwarna abu-abu, mengandung sedikit akar tanaman, agak lunak, agak lembab, dan plastisitas sedang. Pada kedalaman 1,5 - 13,5 meter didapatkan nilai N-SPT sebesar 1 dengan jenis tanah lanau lempungan berwarna abu-abu, agak lembab,

konsistensi sangat lunak, mudah ditekan dengan tangan, dan plastisitas sedang. Pada kedalaman 13,5 - 15,0 meter didapatkan nilai N-SPT sebesar 2 dengan jenis tanah lanau organik berwarna abu kehitaman, agak lembab, konsistensi lunak, mudah ditekan dengan tangan, dan plastisitas sedang. Pada kedalaman 15,0 – 20,40 m didapatkan nilai N-SPT hingga 7-14 dengan jenis tanah lanau kepasiran, berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi lunak sampai teguh, mudah ditekan dengan tangan, dan plastisitas rendah-sedang. Pada kedalaman 20,40 – 25,50 m terjadi penurunan nilai N-SPT hingga mencapai nilai 5 dan kemudian meningkat hingga nilai 15 pada kedalaman 24,0 m dengan jenis lanau lempung berpasir, berwarna coklat kemerahan agak lembab, konsistensi teguh, mudah ditekan dengan tangan, dan plastisitas sedang. Pada kedalaman 25,50-30 m tercapai nilai N-SPT diatas 50 sebanyak 3 kali yang menandakan bahwa alat bor telah mencapai tanah keras. Jenis tanah pada kedalaman 25,50-30 m tersebut adalah pasir halus berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi sangat padat, agak sulit ditekan dengan tangan, dan non-plastis sampai plastisitas rendah.

Di titik BH-02, yang berjarak sekitar 20 meter dari titik BH-01, didapatkan nilai N-SPT sebesar 0 dengan jenis tanah lempung kelanauan berwarna abu-abu kecokelatan, mengandung sedikit akar tanaman, agak lunak, agak lembab, dan plastisitas sedang (pada kedalaman 0 - 0,5 meter). Pada kedalaman 0,5 - 10,40 meter didapatkan nilai N-SPT sebesar 1-2 dengan jenis tanah lanau kepasiran berwarna abu kehitaman, agak lembab, sedikit organik, konsistensi sangat lunak, mudah ditekan dengan tangan, dan plastisitas sedang. Pada kedalaman 10,40 - 18,0 meter didapatkan nilai N-SPT sebesar 9-10 dengan jenis tanah lanau kepasiran berwarna coklat kemerahan, agak lembab, konsistensi teguh, mudah ditekan dengan tangan, dan plastisitas rendah-sedang. Pada kedalaman 18,0 – 23,50 m didapatkan nilai N-SPT hingga 10-12 dengan jenis tanah lanau kepasiran, berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi teguh, mudah ditekan dengan tangan, dan plastisitas sedang. Pada kedalaman 23,50-30 m tercapai nilai N-SPT diatas 50 sebanyak 3 kali di kedalaman 26,0 m yang menandakan bahwa alat bor telah mencapai tanah keras. Jenis tanah pada kedalaman 23,50-30 m tersebut adalah pasir halus berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi sangat padat, agak sulit ditekan dengan tangan, dan non-plastis sampai plastisitas rendah. Hasil uji bor BH-01 dan BH-02 diberikan

pada **Lampiran 2**. Berdasarkan data tanah yang telah diuraikan diatas, diketahui bahwa tanah di wilayah studi adalah tanah lempung kelanauan, lanau kelempungan, dan lanau organik; data tersebut kurang sesuai dengan informasi yang didapatkan selama ini bahwa daerah *Food Estate* merupakan lahan gambut.

Dari perencanaan konstruksi pelebaran jalan dan data tanah yang telah diuraikan diatas, perlu di cek kembali apakah perencanaan konstruksi jalan tersebut cukup kuat terhadap kemungkinan kelongSORan dan beda penurunan tanah (*differential settlement*) akibat kondisi tanah dasar yang berupa tanah lunak. Untuk itu perlu dianalisis stabilitas timbunan pada pelebaran jalan, daya dukung cerucuk dalam memikul beban diatasnya, serta beda penurunan antara jalan eksisting dan pelebaran jalan yang akan menyebabkan keretakan sepanjang jalan dimana hal ini sangat berbahaya bagi pengguna jalan. Untuk itu, dalam studi ini perlu dilakukan analisis agar semua pertanyaan yang diuraikan diatas dapat terjawab.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat diketahui bahwa permasalahan utama yang perlu dicari jawabannya adalah jenis tanah dasar di wilayah studi dapat diklasifikasikan sebagai tanah gambut atau lempung organik dan apakah perencanaan peningkatan jalan Ruas Sp.3 Janas – STI (Sta. 0+000 – Sta. 6+895) yang sudah ada dapat menjamin bahwa tidak akan terjadi pemampatan lanjutan yang akan menyebabkan *differential settlement* pada jalan eksisting serta tidak akan terjadi perbedaan penurunan antara jalan lama dan jalan yang dilebarkan sehingga jalan akan aman untuk para pengguna jalan. Adapun rincian masalahnya adalah:

1. Apakah tanah dasar di ruas Sp.3 Janas – STI (Sta. 0+000 – Sta. 6+895) dapat diklasifikasikan sebagai tanah lempung organik mengingat tanah tersebut memiliki perilaku yang sangat berbeda dengan tanah gambut?
2. Bagaimana daya dukung cerucuk kayu galam dalam menopang beban pelebaran jalan dan lalu lintas diatasnya?
3. Bagaimana stabilitas timbunan pada pelebaran jalan terhadap potensi kelongSORan?

4. Berapa total pemampatan tanah yang akan terjadi pada lapisan tanah di bawah jalan eksisting dan di bawah pelebaran jalan?
5. Apakah ada kemungkinan terjadi beda penurunan tanah (*differential settlement*) antara pelebaran jalan yang telah diberi perkuatan cerucuk kayu galam dan tepi badan jalan eksisting?

1.3 Tujuan

Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui jenis tanah dasar di wilayah studi dan apakah perencanaan peningkatan jalan ruas Sp.3 Janas – STI (Sta. 0+000 – Sta. 6+895) yang sudah ada cukup kuat dalam menerima beban pelebaran jalan serta beda penurunan tanah (*differential settlement*) pada sambungan antara jalan eksisting yang tidak diberi perbaikan tanah dasar dan pelebaran jalan yang diberi perbaikan tanah dasar berupa cerucuk kayu galam.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dari Thesis ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi studi berada di ruas Sp.3 Janas – STI Kabupaten Pulang Pisau (Sta. 0+000 – Sta 6+895).
2. Perencanaan struktur perkerasan pada bahu jalan dan badan jalan tidak dianalisis.
3. Perencanaan dilakukan pada kondisi jalan tanpa saluran drainase jalan seperti yang ada di lapangan.
4. Data perencanaan yang dipakai dalam studi ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Seksi KPIJ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Kalimantan Tengah.

1.5 Manfaat

Hasil analisis yang dilakukan terhadap perencanaan peningkatan jalan ruas Sp.3 Janas – STI Kabupaten Pulang Pisau (Sta. 0+000 – Sta 6+895) diharapkan sangat bermanfaat bagi Direktorat Jenderal Bina Marga untuk mengetahui apakah perencanaan yang ada telah cukup aman atau masih perlu revisi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lunak Organik

Menurut Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak (2002), penggunaan istilah "tanah lunak" mengacu pada tanah yang jika tidak diidentifikasi dan diselidiki dengan hati-hati dapat menyebabkan ketidakstabilan jangka panjang dan masalah yang tidak dapat ditoleransi, memiliki kekuatan geser rendah dan kompresibilitas tinggi. Tanah lunak mengandung mineral-mineral lempung dan mengandung kadar air yang tinggi. Umumnya lapisan tanah yang disebut lapisan yang lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang mempunyai harga pengujian penetrasi standar (*standard penetration test, N*) yang lebih kecil dari 4 atau tanah organik seperti gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi.

Sistem USCS membagi tanah menjadi tiga kelompok utama: tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus, dan tanah dengan kandungan organik yang tinggi. Dalam Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak (2002), tanah berbutir halus dibagi lagi menjadi tiga kelompok berdasarkan kandungannya, sebagaimana terlihat dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Berbutir Halus Berdasarkan Kadar Organiknya

Kadar Organik	Kelompok Tanah
< 25%	Tanah dengan kadar organik rendah
25% - 75%	Tanah Organik
> 75%	Gambut

Sumber: Panduan Geoteknik 1, 2002

Secara rinci, klasifikasi tanah berbutir halus berdasarkan kadar organiknya dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. Tanah dengan kadar organik rendah

Mengacu pada ASTM D4427, tanah dengan kadar organik rendah (2-20%) termasuk dalam tipe tanah lempung, lanau, atau pasir seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Kadar Organiknya

Tipe tanah	Deskripsi	Kadar Organik (%)	Simbol
Lempung atau Lanau atau Pasir	sedikit organik	2-20	O
Tanah organik	-	25% - 75%	O
Gambut	-	> 75%	Pt

Sumber: ASTM D4427-92, 1992

b. Tanah Organik

Tanah organik (O) adalah tanah dimana kandungan organiknya yaitu 25% hingga 75%. Tanah organik ini dikelompokkan menjadi kelompok OL dan OH berdasarkan tingkat plastisitasnya, dimana L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$) dan H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$).

c. Tanah Gambut

Tanah gambut merupakan tanah yang terbentuk dari pelapukan tumbuh-tumbuhan di dataran rendah yang selalu tergenang air sehingga tanah gambut mempunyai kandungan organik lebih dari 75% (ASTM, 1992; Harwadi dan Mochtar, N.E., 2010; Yulianto dan Mochtar, N.E., 2014). Dalam Bahan Ajar Tanah Gambut ITS oleh Prof. Noor Endah Mochtar dijelaskan parameter secara umum ditunjukkan pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3. Parameter Fisik dan Mekanik Tanah Gambut Secara Umum

Jenis Tanah	Parameter Tanah (secara umum)	
Tanah Gambut	e	5,0 – 15,0
	W _c (%)	750 - 1500
	C _v	0,01 – 0,1
	γ (kN/m ³)	9,0 -12,5
	Cu (t/m ²)	0
	G _s	1,3 – 1,5

Sumber: Noor Endah Mochtar, 2021

2.2 Pemampatan Tanah

Pemampatan tanah terjadi akibat keluarnya air yang menempati pori-pori tanah yang disebabkan oleh pembebanan. Pemampatan tanah terjadi dalam 3 tahap pemampatan yaitu pemampatan awal, konsolidasi primer, dan konsolidasi sekunder. Menurut Das Braja (1988) secara umum, pemampatan/*settlement* pada lapisan tanah dasar dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu:

- 1) Pemampatan segera (*immediate settlement*) merupakan penurunan tanah akibat deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.
- 2) Pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*) merupakan hasil pemampatan tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Pada pemampatan ini terjadi tiga tahap pemampatan:

- a. Tahap I : Pemampatan awal (*initial compression*) yang pada umumnya disebabkan oleh pembebanan awal (*preloading*).
- b. Tahap II : Konsolidasi primer (*primary consolidation*) yaitu periode selama tekanan air pori secara lambat dipindahkan ke dalam tegangan efektif, sebagai akibat dari keluarnya air dari pori-pori.
- c. Tahap III : Konsolidasi sekunder (*secondary consolidation*) terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya. Pemampatan yang terjadi disini adalah disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

Jika tanah di lapangan pada suatu kedalaman tertentu yang telah mengalami tekanan efektif maksimum akibat berat tanah di atasnya (*maximum effective overburden pressure*) dalam sejarahnya geologisnya, maka tekanan efektif *overburden* ini mungkin sama dengan atau lebih kecil dari tekanan *overburden* yang ada pada saat pengambilan sampel tanah. Sehingga Das Braja (1988) mendefinisikan hal ini menjadi dua jenis tegangan berdasarkan pada sejarahnya yaitu:

- Terkonsolidasi secara normal (*normally consolidated, NC-Soil*), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini adalah merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu. Sehingga untuk *NC-Soil* dapat dibuat persamaan menjadi:

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

- Terlalu terkonsolidasi (*overconsolidated, OC-Soil*), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini adalah lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh

tanah itu sebelumnya. Tekanan efektif *overburden* maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tekanan prakonsolidasi (*preconsolidatio pressure*). Sehingga untuk *OC-Soil* dapat dibuat persamaan menjadi:

Jika $(Po' + \Delta P) \leq Pc'$, maka

$$S_{ci} = \left[\frac{C_s}{1 + e_0} \log \frac{P'_{i0} + \Delta P}{P'_{i0}} \right] H \dots\dots\dots (2.2)$$

Jika $(Po' + \Delta P) > Pc'$, maka

$$S_{ci} = \left[\frac{C_s}{1 + e_0} \log \frac{P_{c'}}{P'_{i0}} + \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{P'_{i0} + \Delta P}{P_{c'}} \right] H_i \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana,

S_c : pemampatan konsolidasi

H : tebal lapisan tanah (*compressible soil*)

e_0 : angka pori awal dari lapisan tanah

C_c : *compression index* dari lapisan tanah i

C_s : *swelling index* dari lapisan tanah i

P_o : tekanan tanah vertikal efektif disuatu titik di tengah-tengah lapisan tanah akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut

P_c : *effective past overburden pressure*, tegangan konsolidasi efektif dimasa lampau yang lebih besar dari P_o ; tanah lunak di Indonesia umumnya termasuk *OC-Soil*, sehingga:

$$P_c = P_o + P_f,$$

dimana P_f adalah tegangan yang terjadi akibat fluktuasi muka air tanah sehingga $P_f = \gamma_w \times h_{\text{fluktuasi}}$

ΔP : tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan

2.3 Lama Waktu Pemampatan Tanah

Menurut Terzaghi dalam Das (1985), lama waktu konsolidasi (t) dapat dihitung dengan persamaan:

$$t = \frac{T_v \cdot (H_{dr})^2}{C_v} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

T_v : faktor waktu, tergantung dari derajat konsolidasi U

H_{dr} : tebal lapisan yang mengalami konsolidasi (panjang aliran yang harus ditempuh air pori). Pada perumusanya hal ini dibedakan menjadi dua jenis,

$1/2 H_{dr}$: arah aliran air pori dua arah (ke atas dan ke bawah)

- Hdr : arah aliran air posi satu arah (ke atas atau ke bawah)
- Cv : koefisien konsolidasi untuk aliran air pori arah vertical
- t : lama waktu untuk menyelesaikan konsolidasi

Untuk jenis tanah heterogen, yang memiliki jenis tanah dan nilai Cv yang berbeda antar lapisannya harus diperhitungkan koefisien rata-ratanya. Menurut ABSI (1965) dalam Wahyudi (1997), hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Cv \text{ rata - rata} = \frac{(\sum hi)^2}{(\sum \frac{hi}{\sqrt{Cvi}})^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

hi : tebal lapisan i

Cvi : harga Cv dilapisan i

Untuk menentukan derajat konsolidasi akibat aliran air pori secara vertikal, digunakan persamaan berikut:

- Untuk U_v antara 0 s/d 60%

$$\bar{U}_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

- Untuk $U_v > 60\%$

$$\bar{U}_v = (100 - 10^a)\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$$a = \frac{1,781 - T_v}{0,933} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$T_v = \frac{t \times Cv}{Hdr^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.4 Penyelidikan Tanah di Lapangan

Penyelidikan tanah yang dilakukan di lokasi studi adalah pengujian sondir. Tes sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*cone resistance*) dan hambatan lekat (*local friction*) secara langsung di lapangan. Hasil sondir disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (qc) serta jumlah hambatan pelekak (JHP).

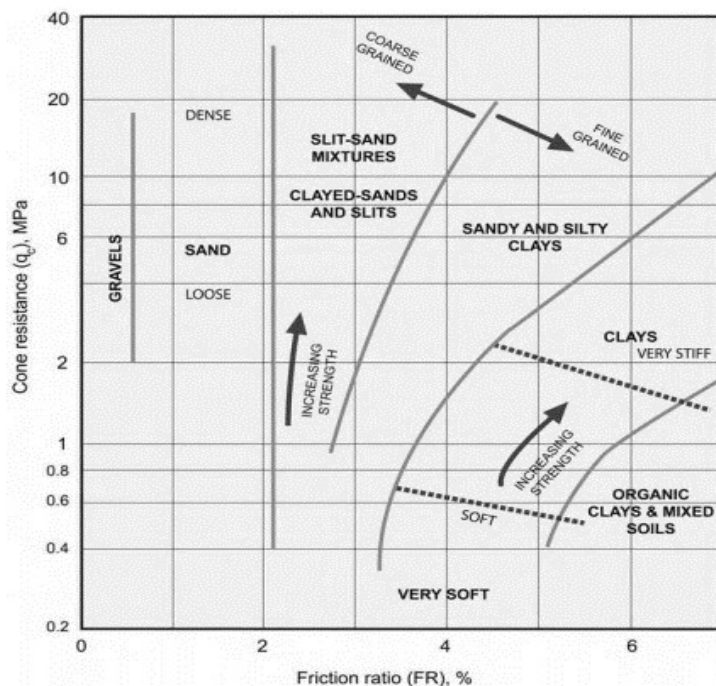
Tahapan yang perlu dilakukan sebelum menentukan nilai parameter tanah dari data sondir adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan tebal lapisan tiap kedalaman tanah berdasarkan harga tahanan konus, q_c .
- 2) Mendeskripsikan jenis lapisan tanah berdasarkan harga perlawanan penetrasi konus (q_c) dan *friction ratio* (FR) seperti pada **Gambar 2.1**.
- 3) Menentukan konsistensi tanah berdasarkan harga tahanan konus menggunakan **Tabel 2.4** (untuk tanah dominan lanau dan lempung).

Tabel 2.4 Pengelompokkan Tanah Berdasarkan Konsistensinya

Konsistensi Tanah	C_u (Kg/cm ²)	SPT, N	Sondir, q_n (Kg/cm ²)
Sangat Lunak (<i>very soft</i>)	< 0,125	< 2,5	< 7,5
Lunak (<i>soft</i>)	0,125 – 0,5	2,5 – 5	7,5 – 15
Sedang (<i>medium stiff</i>)	0,25 – 0,5	5 – 10	15 – 30
Kaku (<i>stiff</i>)	0,5 – 1,0	10 - 20	30 – 60
Sangat kaku (<i>stiff</i>)	1,0 – 2,0	20 – 40	60 – 120
Keras (<i>hard</i>)	> 2,0	> 40	> 120

Sumber: Bahan Ajar Mekanika Tanah ITS, 2020



Gambar 2.1 Grafik konus Schmertmann (Schmertmann, 1978)

2.5 Parameter Tanah

2.5.1 Penentuan Parameter tanah berdasarkan data sondir dan N-SPT

Setelah didapatkan hasil konsistensi dan jenis lapisan tanah dasar seperti yang diuraikan sebelumnya, selanjutnya adalah melakukan pendekatan korelasi untuk mendapatkan nilai-nilai parameter tanah yang akan digunakan dalam perencanaan seperti berat volume tanah (γ), kohesi (C_u), dan *internal friction* (ϕ) seperti yang dijelaskan pada uraian berikut.

- 1) Berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) diperoleh dari korelasi berdasarkan konsistensi lapisan tanah dasar yang didapatkan dengan menggunakan **Tabel 2.4**. Untuk mendapatkan data parameter tanah kohesif (dominan lempung atau lanau) menggunakan tabel *Korelasi N-SPT dengan Karakteristik Tanah* yang bersumber dari J.E Bowles (1984) dalam Wahyudi (1999) seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Pengelompokkan Tanah Berdasarkan Konsistensinya

<i>Cohesionless Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	0 - 3	4 - 10	11 - 30	31 - 50	> 50
γ_{sat} (kN/m ³)	-	12 - 16	14 - 18	16 - 20	18 - 23
Φ (°)	-	25 - 32	28 - 36	30 - 40	> 35
Kondisi	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
<i>Cohesive Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	< 4	4 - 6	6 - 15	16 - 25	> 25
γ_{sat} (kN/m ³)	14 - 18	16 - 18	16 - 18	16 - 20	> 20
Φ (°)	< 25	20 - 50	30 - 60	40 - 200	> 100
Konsistensi	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Sumber: Bowles (1984) dalam Wahyudi (1999)

- 2) Kohesi (C_u) diperoleh dari korelasi berdasarkan konsistensi lapisan tanah dasar dengan menggunakan menggunakan **Tabel 2.4**.
- 3) Nilai kadar air (ω), angka pori (e), dan LL (*Liquid Limit*) didapatkan dari pengujian sampel tanah *undisturbed* di laboratorium.
- 4) Indeks pemampatan (C_c) didapatkan dengan menggunakan rumus dari Kosasih dan Mochtar (1997) yaitu:

$$C_c = 0,006 LL + 0,13 eo^2 - 0,13 \dots\dots\dots(2.10)$$

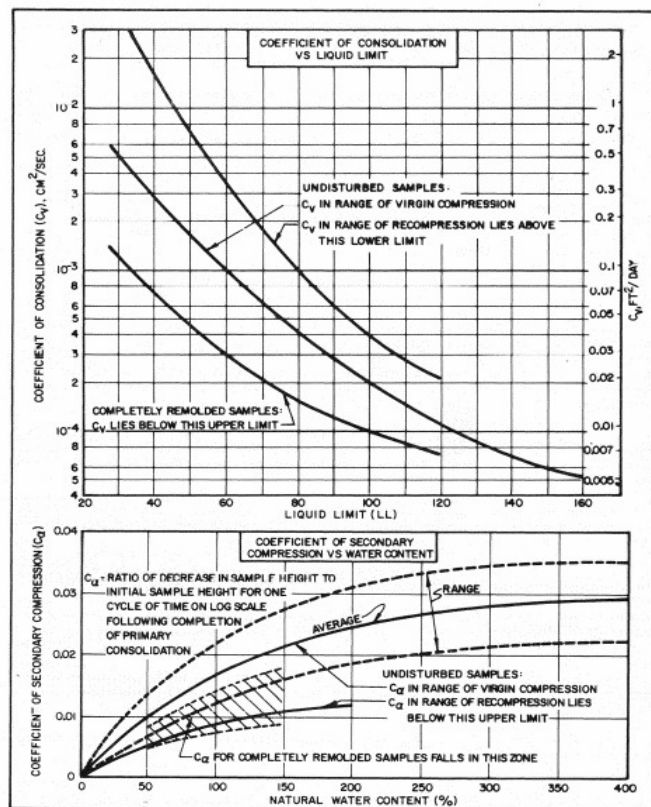
Nilai LL (dalam prosentase, %) didapatkan dari hasil pengujian sampel tanah *undisturbed* dari lokasi yang ditinjau atau sampel tanah pada lokasi proyek terdekat.

- 5) Indeks mengembang (C_s) didapatkan dengan menggunakan rumus dari Kosasih dan Mochtar (1997) yaitu:

$$C_s = 0,002 LL + 0,02 e o^2 - 0,05 \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai LL (dalam prosentase, %) didapatkan dari hasil pengujian sampel tanah *undisturbed* dari lokasi yang ditinjau atau sampel tanah pada lokasi proyek terdekat.

- 6) Indeks konsolidasi tanah (C_v) didapatkan dengan melihat korelasi antara LL dan nilai C_v pada grafik C_v vs LL pada NAVFAC 1986 (**Gambar 2.2**).



Gambar 2.2 Grafik hubungan koefisien konsolidasi (C_v) dan batas cair (LL) (NAVFAC, 1986)

2.5.2 Perubahan parameter tanah yang telah mengalami pemampatan sebelumnya

Tanah yang mengalami pemampatan sebelumnya akan mengalami perubahan beberapa parameternya, diantaranya angka pori (e), kadar air (W_c), berat volume

saturated (γ_{sat}), indeks Kompresi (C_c), dan indeks mengembang (C_s). Untuk parameter tanah G_s , LL , IP , dan S_r tidak berubah. Cara untuk mendapatkan perubahan parameter tersebut adalah sebagai berikut:

- Menghitung besar pemampatan yang telah terjadi sebesar S_c (ΔH).
- Menghitung perubahan angka pori (Δe) dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{1+e_0} \dots\dots\dots (2.12)$$

- Menghitung angka pori baru (e_{baru}) = $e_0 - \Delta e$
- Menentukan kadar air baru (W_{baru}) dengan menggunakan persamaan:

$$W_{baru} = \frac{e_{baru}}{G_s} \dots\dots\dots (2.13)$$

- Menentukan berat volume *saturated* baru (γ_{sat}) dengan menggunakan persamaan:

$$\gamma_{sat} = \frac{(1+W_{baru}) \times G_s \times \gamma_w}{1+e_{baru}} \dots\dots\dots (2.14)$$

2.6 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Sondir

Analisis daya dukung tiang atau cerucuk berdasarkan data sondir adalah menggunakan data tahanan konus (q_c) dan jumlah hambatan pelekat (JHP) untuk mendapatkan daya dukung tiang (q_u). Data tahanan konus (q_c) yang digunakan adalah tahanan konus rata-rata ujung tiang (sepanjang $-8D$ s.d $+4D$ dari ujung tiang) yang dihitung menggunakan formula yang dikembangkan oleh Schmertmann (1975) yang dikalikan dengan luasan tiang untuk mendapatkan nilai daya dukung ujung tiang (q_p). Data JHP digunakan untuk mendapatkan daya dukung selimut ujung (q_s) yang dikalikan dengan keliling tiang. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mendapatkan daya dukung tiang (q_u).

- Persamaan Schmertmaan (1975):

$$q_c \text{ rata - rata ujung} = \frac{1/2 (Cn_1 + Cn_2) + Cn_3}{2} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

Cn_1 = harga konus rata-rata dihitung mulai dari ujung cerucuk sampai $4D$ kebawah

Cn_2 = harga rata-rata dari konus-minimum dihitung mulai dari ujung cerucuk sampai $4D$ kebawah

Cn_3 = harga rata-rata dari konus-minimum dihitung mulai dari ujung cerucuk sampai $8D$ keatas

- Persamaan untuk mendapatkan daya dukung 1 tiang:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana

Q_u : daya dukung 1 tiang

Q_p : daya dukung ujung tiang, $Q_p = Q_c \times A$

Q_s : daya dukung selimut, $Q_s = JHP \times O$

Jika tiang diletakkan secara berkelompok, maka perlu di cek efisiensi masing-masing dari tiang tersebut. Untuk itu, penentuan besar efisiensi tiang dalam kelompok digunakan formula yang dikembangkan oleh Converse-Labarre (1968), yaitu:

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi S)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

ϕ = diameter sebuah cerucuk

S = jarak as ke as antar cerucuk dalam grup

m = jumlah baris cerucuk dalam group

n = jumlah kolom cerucuk dalam group

Besar daya dukung 1 tiang dalam kelompok didapatkan dengan persamaan:

$$Q_u \text{ 1 tiang (dalam kelompok)} = Q_u \times C_e$$

Setelah nilai daya dukung tiang dalam kelompok telah diketahui maka perlu dicari besar daya dukung ijin tiang dengan persamaan:

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u \text{ 1 tiang}}{SF} \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan nilai SF pada perencanaan perkuatan tiang sebesar 3.

2.7 Kayu Galam

Kalimantan memiliki banyak jenis kayu yang dapat dijadikan sebagai bahan konstruksi bangunan, salah satunya adalah kayu galam. Kayu galam (*Melaleuca sp.*) termasuk kelas kuat II dan kelas awet III (Kementerian Kehutanan, 2013) yang tumbuh pada dataran rendah berawa, dijual dengan harga yang relatif murah dan mudah didapat. Umumnya kayu galam yang memiliki diameter kecil dipakai sebagai steger pada konstruksi bangunan dengan dasar beton, sedangkan yang diameter besar biasa dipakai untuk cerucuk pada pekerjaan sungai dan jembatan (Supriyati dkk, 2014). Berdasarkan

Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5 (1961), nilai tegangan yang diperkenankan pada kayu terbagi pada beberapakelas seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.6** dan **Tabel 2.7**.

Tabel 2.6 Modulus Kenyal (E) Kayu Sejajar Serat

Kelas Kuat Kayu	E // (kg/cm ²)
I	125000
II	100000
III	80000
IV	60000

Sumber: PKKI NI-5, 1961

Tabel 2.7 Tegangan yang Diperkenankan untuk Kayu Mutu A

		Kelas Kuat					Jati (Tectograndis)
		KI I	KI II	KI III	KI IV	KI V	
$\sigma_{tk} \parallel =$	$\bar{\sigma}_{lt}$ (kg/cm ²)	150	100	75	50	-	130
	$\bar{\sigma}_{tr}$ (kg/cm ²)	130	85	60	45	-	110
	$\bar{\sigma}_{tk \perp}$ (kg/cm ²)	40	25	15	10	-	30
	$\bar{\tau}_{,}$ (kg/cm ²)	20	12	8	5	-	15

Sumber: PKKI NI-5, 1961

2.8 Kekuatan Cerucuk Dalam Menahan Beban Horizontal

Selain untuk menahan beban vertikal seperti beban timbunan dan lalu lintas, cerucuk juga digunakan untuk meningkatkan stabilitas timbunan terhadap potensi kelongsoran seperti yang ditunjukkan **Gambar 2.13**. Kebutuhan cerucuk dihitung berdasarkan kebutuhan momen penahan sesuai dengan angka keamanan (*Safety Factor*) yang direncanakan. Persamaan umum untuk menghitung gaya yang diterima 1 cerucuk yaitu:

$$P = \frac{Mp}{F_M \times T} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

P = gaya horizontal yang diterima cerucuk

Mp = momen lentur yang bekerja pada cerucuk

F_M = koefisien momen akibat gaya lateral P

T = faktor kekakuan relatif

Faktor kekakuan relatif (T) dihitung dengan menggunakan persamaan dari NAVFAC DM-7 (1986). Persamaan untuk menghitung haktor kekakuan relatif (T) adalah:

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots(2.19)$$

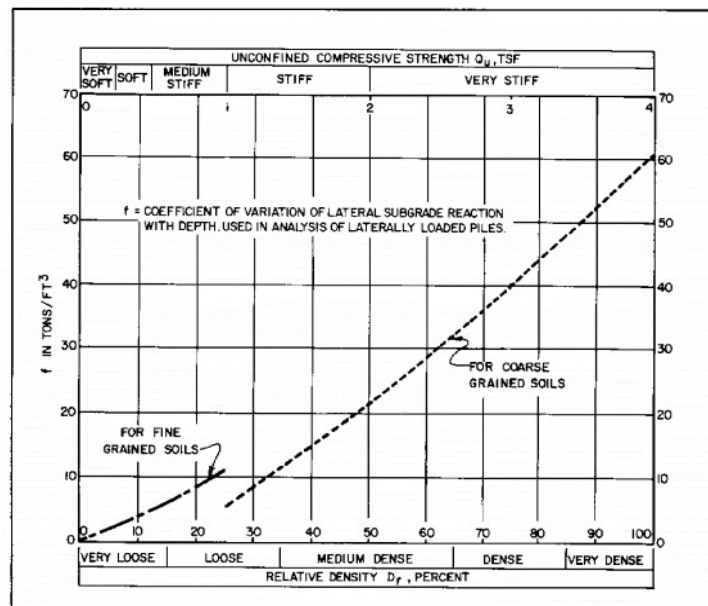
Dimana:

T = faktor kekuatan relatif/faktor kekakuan

E = modulus elastisitas tiang

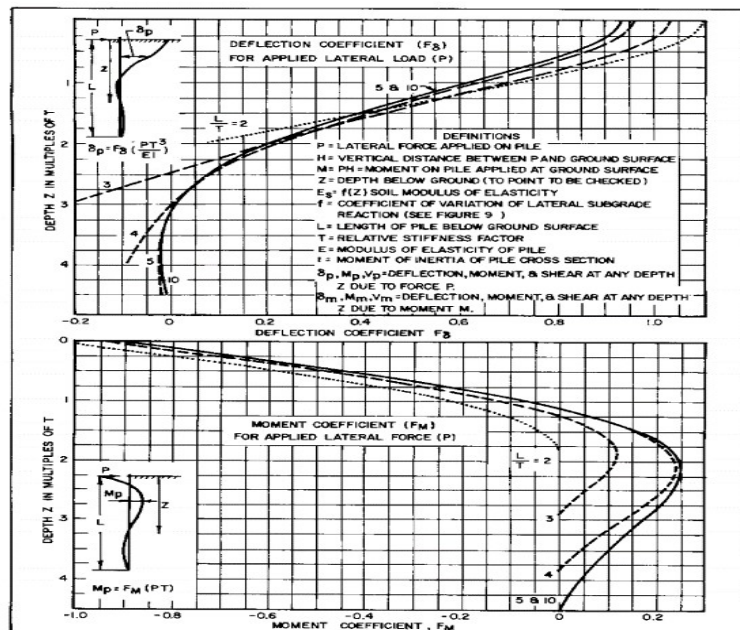
I = momen inersia tiang

f = koefisien dari variasi modulus tanah; Nilai f dapat dicari menggunakan grafik pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Harga f dari berbagai jenis tanah (NAVFAC, 1986)

Harga F_M ditentukan menggunakan grafik pada **Gambar 2.4** dengan panjang sisa cerucuk di bawah bidang longsor (L_b).



Gambar 2.4 Harga F_M
(NAVFAC, 1986)

Berdasarkan besar nilai P yang dapat ditahan 1 cerucuk dapat diketahui jumlah cerucuk (n) yang dibutuhkan untuk meningkatkan tahanan terhadap gaya horizontal yang terjadi dengan persamaan berikut:

$$n = \frac{\Delta M r}{P_{1 \text{ cerucuk}} \times R_{(\text{jari-jari})}} \dots \dots \dots (2.20)$$

2.9 Distribusi Beban pada Tanah

Beban yang bekerja di atas tanah akan menghasilkan tambahan tegangan (ΔP) hingga di kedalaman tertentu pada tanah. Besarnya tambahan tegangan di dalam tanah ini tergantung dari sifat tanah saat mengalami pembebanan dan bentuk dari beban yang bekerja. Umumnya tegangan yang diakibatkan oleh beban di permukaan tanah, akan berkurang bila kedalaman tanah bertambah. Berikut adalah diagram tegangan tanah akibat beban diatasnya.

- a. Penambahan tegangan tanah akibat beban timbunan

Menurut Braja M. Das (1986), dalam bukunya “*Principles of Foundation Engineering, Second Edition*” diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah sebagai berikut:

$$\Delta P = \frac{q_0}{180} \left[\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right] \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana,

q_0 : beban timbunan ($\gamma_{\text{timbunan}} \times h_{\text{timbunan}}$)

$\Delta\sigma$: besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan

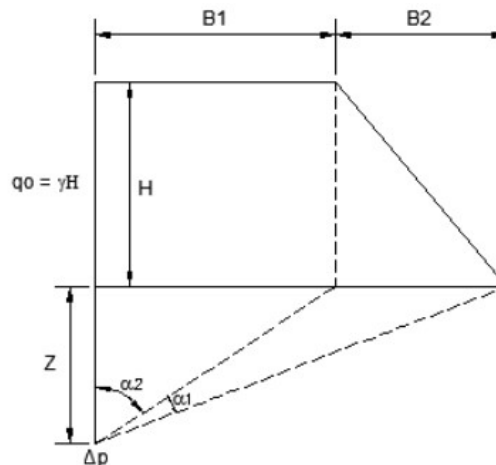
$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1 + B_2}{Z} \text{rad} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{Z} \text{rad} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{Z} \text{rad} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

B_1 : lebar timbunan (setengah lebar timbunan jika ditinjau dari tengah timbunan)

B_2 : panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

Harga $\Delta\sigma$ yang diperoleh akibat beban setengah timbunan seperti yang divisualisasikan pada **Gambar 2.5**, sehingga untuk timbunan yang simetris, nilai $\Delta\sigma$ harus dikalikan 2.



Gambar 2.5 Visualisasi dan notasi $\Delta\sigma$ akibat beban timbunan
(Bahan Ajar Metode Perbaikan Tanah ITS, 2020)

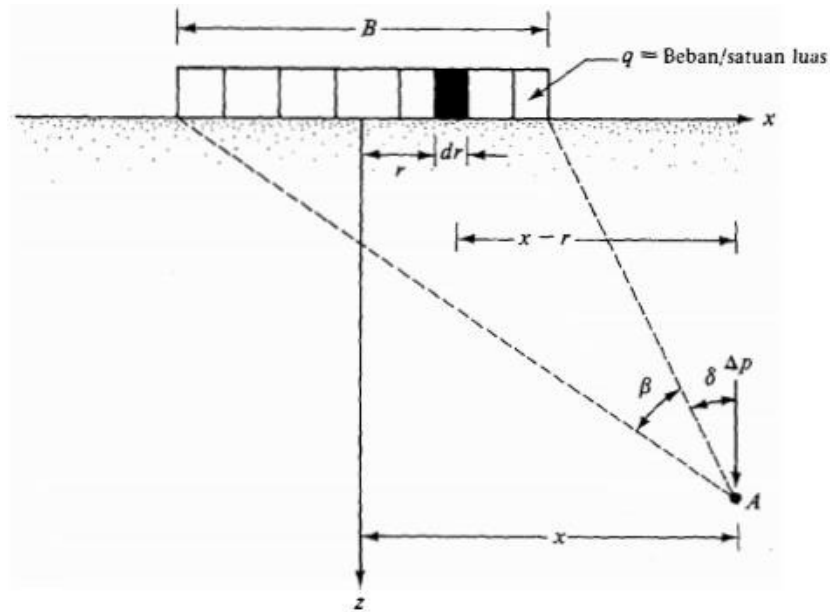
- b. Penambahan tegangan tanah akibat beban lajur (lebar terbatas dan panjang tak terhingga)

Persamaan dasar untuk kenaikan tegangan vertikal pada sebuah titik dalam suatu massa tanah yang diakibatkan oleh beban garis dapat digunakan juga untuk menentukan tegangan vertikal pada sebuah titik akibat beban lajur yang lentur dengan lebar B seperti yang terlihat pada **Gambar 2.6**. Berdasarkan Braja M. Das (1986), persamaan untuk menghitung $\Delta\sigma$ adalah sebagai berikut.

$$\Delta P = \frac{q_0}{180} \left\{ \tan^{-1} \left[\frac{z}{x-(B/2)} \right] - \tan^{-1} \left[\frac{z}{x+(B/2)} \right] - \frac{Bz[x^2-z^2-(B^2/4)]}{[x^2+z^2-(B^2/4)]+B^2z^2} \right\} \dots\dots\dots (2.24)$$

Persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi:

$$\Delta P = \frac{q_0}{180} [\beta + \sin\beta \cos(\beta + \delta)] \dots\dots\dots (2.25)$$



Gambar 2.6 Visualisasi dan notasi $\Delta\sigma$ akibat beban lajur (Braja M. Das (terjemahan), 1995)

2.10 Perbaikan Tanah Dasar untuk Tanah Gambut dan Tanah Lunak Organik

Tanah gambut merupakan tanah yang membutuhkan perlakuan khusus dalam pengembangan untuk infrastruktur. Bukan hanya karena sifat fisik dan teknisnya yang tidak mendukung sebagai pondasi bangunan sipil, tapi tanah gambut juga mempunyai fungsi yang sangat penting bagi lingkungan hidup (Wibowo, 2009; Kieley, et.all., 2002), yaitu:

1. Perlindungan pada fungsi hidrologi wilayah atau tata air sebagai kawasan resapan, penyimpanan air, dan pencegah banjir;
2. Sebagai daerah penyimpan karbon dan gas metan serta gas lainnya yang dapat dengan mudah terlepas jika lahan gambut mengalami penurunan kadar air;
3. Daerah perlindungan pada pemanfaatan hutan gambut dan ekosistemnya.

Berdasarkan hal tersebut, aplikasi perbaikan tanah gambut untuk meningkatkan parameternya sebagai pondasi bangunan sipil harus mampu meminimalkan dampak lingkungan yang disebabkan metode perbaikan tanah tersebut. Mochtar, NE (2000) serta Yulianto dan Harwadi (2009) memberikan dua faktor yang perlu diperhatikan untuk memilih metode perbaikan tanah dasar pada tanah gambut yang tepat, yaitu:

- Ketebalan lapisan tanah gambut merupakan faktor terpenting dalam menentukan metode perbaikan tanah yang tepat. Semakin tebal lapisan gambut maka pemampatan yang akan terjadi juga semakin besar. Wetlands Indonesia (2004) mengelompokkan gambut berdasarkan ketebalan lapisan gambutnya (**Tabel 2.8**).

Tabel 2.8 Klasifikasi Tanah Gambut Berdasarkan Ketebalan Lapisannya

Dasar Klasifikasi	Kategori	Keterangan
Tebal Lapisan Gambut	• < 1,0 m	Sangat Dangkal
	• 1,0 – 2,0 m	Dangkal
	• > 2,0 m	Dalam

Sumber: Wetlands Indonesia, 2004

- Jenis lapisan tanah dibawah lapisan tanah gambut: lempung lunak atau pasir (Jelistic and Lappanen, 2001; Mochtar, NE., 2000). Jika lapisan dibawah tanah gambut merupakan pasir maka pemampatan yang terjadi hanya pada lapisan gambut saja. Apabila lapisan tanah dibawah lapisan gambut adalah lempung lunak, maka penting untuk memperhitungkan pemampatan yang akan terjadi pada lapisan lempung lunak terlebih dahulu dan kemudian menghitung pemampatan pada lapisan tanah gambut; metode perhitungan besar pemampatan pada gambut berserat dan lempung sangat berbeda.

Pemilihan metode perbaikan tanah untuk diaplikasikan dilapangan bergantung pada teknologi yang dapat digunakan di lokasi dimana perbaikan tanah akan dilakukan dan nilai ekonomis dari metode perbaikan tanah yang diterapkan. Salah satu metode perbaikan tanah untuk tanah gambut dan tanah lunak organik adalah metode mekanis. Metode mekanis pada tanah gambut dan tanah lunak organik merupakan suatu usaha memberikan energi mekanik dengan tujuan untuk meningkatkan daya dukung suatu

tanah, mengurangi pemampatan yang terjadi dan nilai permeabilitasnya, sehingga tanah mampu mendukung beban yang bekerja di atasnya dengan baik.

Beberapa metode mekanik yang banyak diaplikasikan antara lain:

a. Pengelupasan lapisan tanah (*Replacement Method*)

Metode pengelupasan tanah gambut (**Gambar 2.7**) dapat dilakukan pada tanah gambut dengan tebal lapisan tidak lebih dari 1 meter. Tanah gambut dan tanah lunak organik dikupas dan digantikan dengan tanah urug yang berkualitas baik. Kelebihan metode ini adalah mudah dilaksanakan namun memerlukan volume tanah urug yang cukup besar. Metode ini tidak dapat dilakukan pada lapisan tanah gambut yang tebal karena volume buangan gambut yang dikupas sangat besar dan gambut kering yang tertumpuk mudah terbakar (Yulianto & Mochtar, NE., 2012). Selain itu, penerapan metode tersebut untuk gambut tebal memerlukan bahan urugan pengganti yang sangat besar sehingga dapat merusak lingkungan pada daerah penambangan bahan urugan.

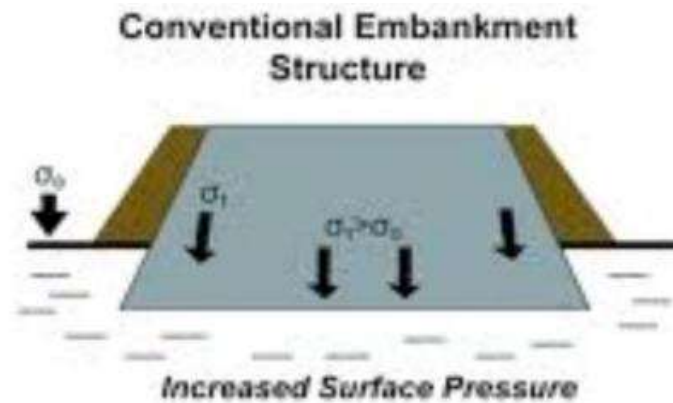


Gambar 2.7 Metode pengelupasan tanah gambut
(Ma'ruf & Yulianto, 2016)

b. Pembebanan awal dengan menggunakan timbunan (*Preloading with Surcharge*)

Pemberian beban awal dengan menggunakan beban timbunan tanah (**Gambar 2.8**) dapat diterapkan pada gambut dengan ketebalan lapisan tidak lebih dari 3 meter (Jesilic & Lappanen, 2001; Harwadi & Mochtar, NE., 2010). Hal ini disebabkan gambut dengan tebal lapisan lebih dari 3 meter akan mengakibatkan pemampatan lapisan gambut yang besar. Bahkan penggunaan metode pemberian beban awal dengan menggunakan beban timbunan tanah pada ruas jalan trans kalimantan di daerah Tumbang Nusa menyebabkan pemampatan lebih dari 4 meter selama kurang lebih 1 tahun dan timbunan tanah (embankment) yang ada turut tenggelam karena

ketebalan lapisan gambut lebih dari 16 meter. Selain itu, penggunaan metode pembebanan awal (*preloading*) dimungkinkan terjadinya pelepasan karbon pada gambut akibat penurunan kadar air lapisan gambut dibawah embankment.

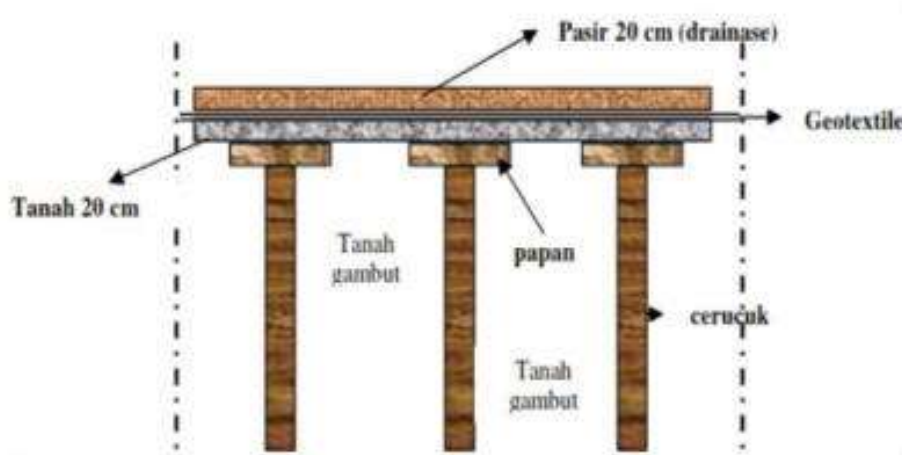


Gambar 2.8 Sketsa metode pemberian beban awal dengan menggunakan beban timbunan tanah (*preloading with surcharge*)
(Ma'ruf & Yulianto, 2016)

c. Cerucuk kayu (*Mini Wood Pile*)

Metode cerucuk kayu (**Gambar 2.9**) sangat efektif digunakan pada gambut yang mempunyai tebal lapisan 3,0-4,0 meter dengan lapisan pasir dibawahnya (Yulianto & Harwadi, 2009; Yulianto & Mochtar, NE., 2012). Hal ini dikarenakan beban dari struktur bagian atas dapat dipindahkan dengan baik pada lapisan pasir dibawah gambut (**Gambar 2.10**). Bahkan, pada beberapa kasus seperti di kota Banjarmasin penggunaan kayu galam sebagai cerucuk mampu menahan beban dari gedung berlantai dua. Hanya saja, metode ini memerlukan kayu dengan jumlah yang sangat besar sehingga akan berdampak pada kerusakan hutan. Penggunaan material pengganti lainnya seperti bambu maupun tiang beton mini sangat dianjurkan agar metode cerucuk ini lebih berwawasan lingkungan. Perlu diingat bahwa material pengganti juga harus mempunyai ketahanan terhadap keasaman tanah gambut. Fungsi cerucuk pada tanah gambut untuk menahan kelongsoran timbunan, menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam/lapisan tanah di ujung cerucuk, dan mengurangi penurunan akibat beban diatas tanah gambut. Pada *embankment* jalan, cerucuk digunakan sebagai pengaku yang berfungsi untuk menaikkan stabilitas tanah. Adanya cerucuk di bawah *embankment* jalan (**Gambar 2.11**) dapat meningkatkan

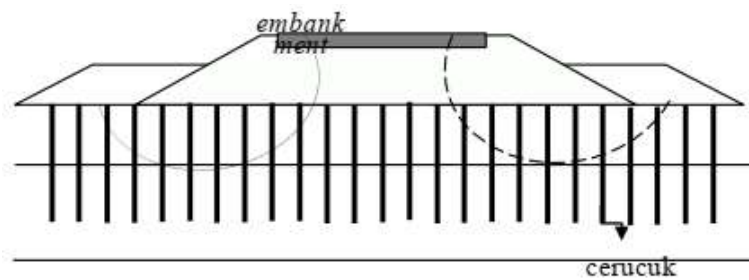
daya dukung tanah dasar dan mengurangi pemampatan yang akan terjadi di lapisan tanah yang diberi cerucuk tersebut. Sebagai perkuatan lereng, cerucuk sangat efektif berfungsi sebagai pasak/tulangan yang dapat menghasilkan hambatan terhadap keruntuhan geser (**Gambar 2.12** dan **Gambar 2.13**). Jadi, tambahan gaya geser yang dihasilkan oleh cerucuk tersebut dapat meningkatkan angka keamanan (*safety factor*) stabilitas lereng.



Gambar 2.9 Metode perbaikan tanah dengan cerucuk kayu
(Ma'ruf & Yulianto, 2016)



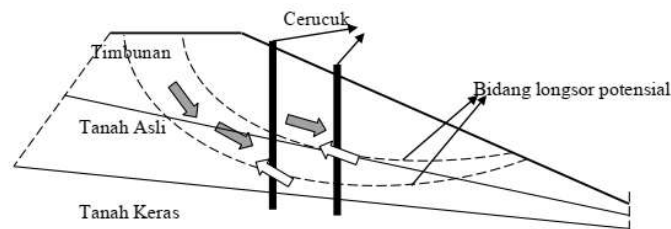
Gambar 2.10 Penggunaan kayu galam sebagai pondasi pada gambut.
(Video Pekerjaan pondasi cerucuk dolken
https://www.youtube.com/watch?v=8Rg3CW_sgOs; 2016)



Gambar 2.11 Ilustrasi penggunaan cerucuk untuk *embankment* jalan
(Rusdiansyah, 2016)



Gambar 2.12 Ilustrasi penggunaan cerucuk sebagai perkuatan lereng *embankment* jalan
(Sumber: Rusdiansyah, 2016)



Gambar 2.13 Ilustrasi penggunaan cerucuk sebagai perkuatan lereng yang dapat memotong lingkaran kelongsoran dalam
(Rusdiansyah, 2016)

d. Galar Kayu (*Corduroy*)

Metode ini menggunakan kayu berdimensi 7,0 – 10,0 cm sebagai landasan konstruksi jalan raya yang dipasang secara melintang jalan pada gambut dengan ketebalan maksimum 3,0 meter (**Gambar 2.14**). Metode ini banyak diterapkan di daerah Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat. Hanya saja metode ini banyak mengalami kegagalan pada gambut dengan tebal lapisan lebih dari 3,0 meter. Seperti halnya metode cerucuk kayu, metode ini memerlukan volume kayu sangat besar sehingga kerusakan hutan lebih mungkin terjadi akibat penggunaan metode galar kayu (Mochtar,

NE., dkk., 2014). Fungsi dari galar kayu (*corduroy*) adalah untuk meningkatkan daya dukung, meratakan pemampatan, dan sebagai jalan kerja saat pekerjaan penimbunan.



Gambar 2.14 Metode galar kayu (*Corduroy*)
(Ma'ruf & Yulianto, 2016)

Pada beberapa kasus perbaikan tanah gambut dengan tebal lapisan gambut yang sangat dalam (> 8 meter) masih belum ditemukan metode yang efektif selain penggunaan tiang pancang (kasus jalan Tumbang Nusa, Palangka Raya). Hanya saja, penggunaan tiang pancang beton maupun baja harus dilapisi material yang mampu bertahan pada kondisi keasaman rendah ($\text{pH}-3$) agar sifat korosif gambut tidak berdampak buruk pada konstruksi tiang pancang.

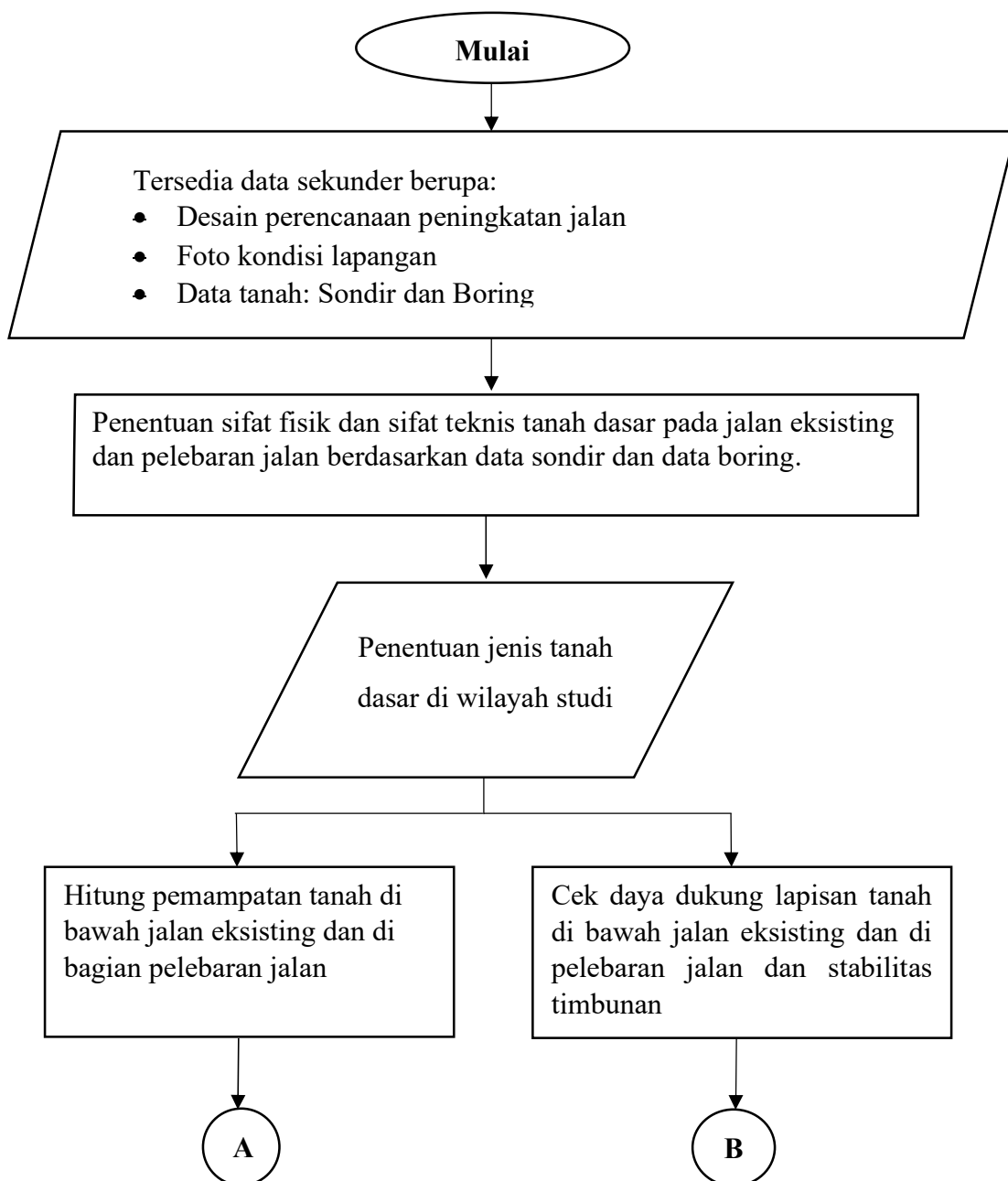
Dalam pemilihan metode perbaikan tanah gambut yang tepat untuk meningkatkan daya dukung dan menghilangkan pemampatannya, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengecek jenis tanah gambutnya di lapangan masuk dalam kategori tanah gambut berserat atau tidak berserat. Karena tanah gambut tidak berserat memiliki perilaku hampir sama dengan lempung lunak tetapi bila tanah gambutnya masuk dalam kategori gambut berserat maka penanganannya sangat berbeda.

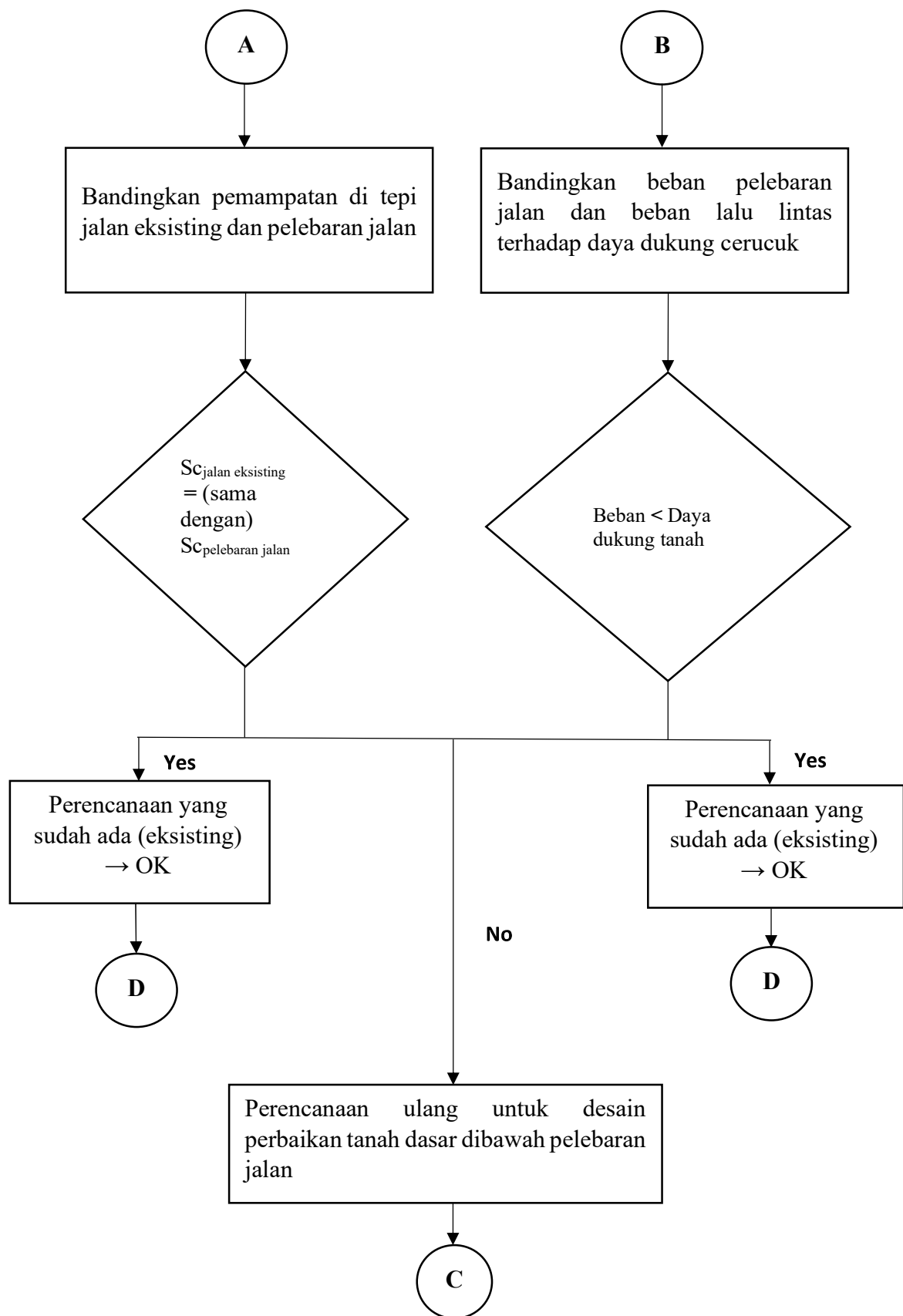
BAB 3

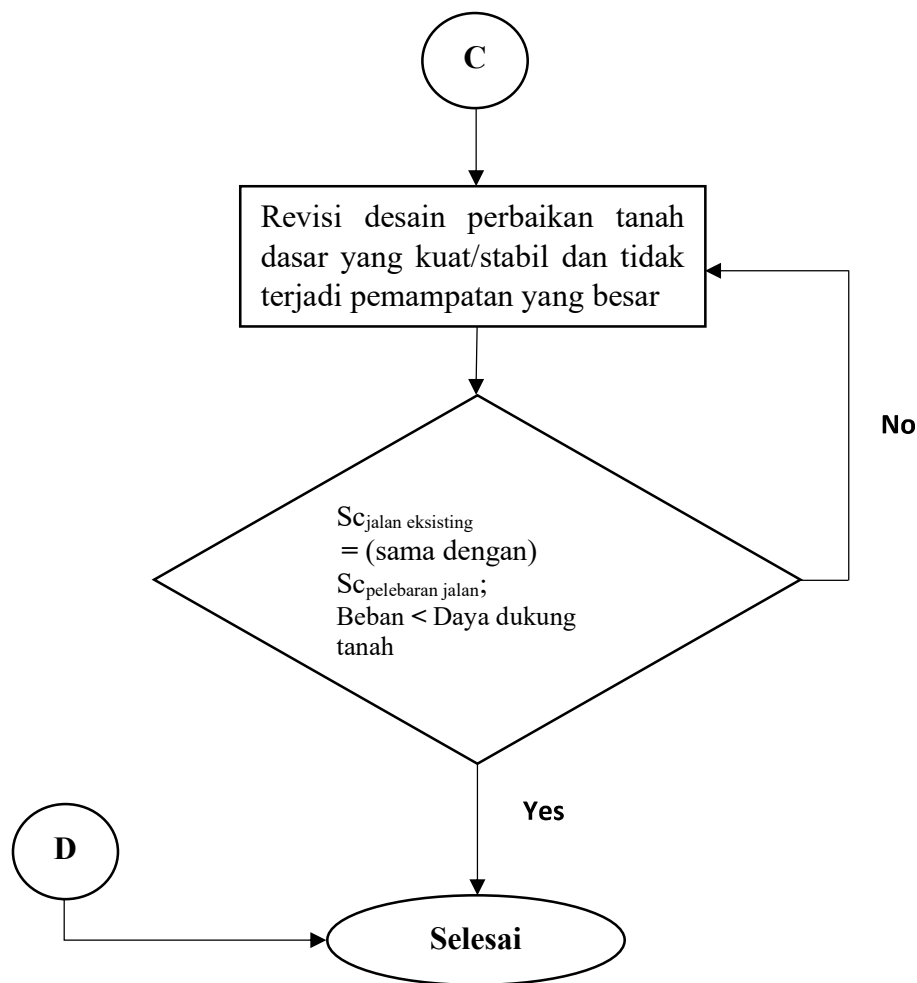
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir (*Flow Chart*) Tahapan Penelitian

Diagram alir tahapan studi analisis desain ruas Sp.3 Janas – STI Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti Kab. Pulang Pisau, Kalteng, diberikan pada **Gambar 3.1**.







Gambar 3.1 Diagram alir (*Flow Chart*)

3.2 Uraian Tahapan Penelitian

Dari diagram alir diatas, metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Data sekunder diperoleh dari Seksi KPIJ BPJN Kalteng, Satuan kerja PJJ Wilayah II Kalteng, dan Satuan kerja P2JN Kalteng. Satuan Kerja PJJ berfungsi dalam pemantauan pelaksanaan pekerjaan fisik di lapangan dan Satuan Kerja P2JN berfungsi dalam pemantauan perencanaan dan pengawasan dari proyek peningkatan jalan Kawasan *Food Estate* Eks PLG Belanti Kab. Pulang Pisau, Kalteng. Berikut data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah:

- a. Hasil perencanaan yang sudah ada berupa gambar desain dan *cross section* peningkatan jalan berupa pelebaran badan jalan dan penambahan bahu jalan serta perbaikan tanah dasar dengan cerucuk kayu galam.
- b. Laporan penyelidikan tanah, meliputi :
 - Data hasil bor-dalam beserta nilai *SPT*.
 - Data Sondir

2. Penentuan parameter tanah pada jalan eksisting dan pada bagian pelebaran jalan

Penentuan parameter fisik dan teknik tanah dasar yang dibutuhkan untuk menghitung karakteristik tanah dasar, pemampatan yang terjadi, dan daya dukungnya. Berikut parameter tanah yang ditentukan.

- e (Angka Pori);
- w (Kadar air);
- γ_{sat} (berat volume tanah jenuh)
- C_c (indeks pemampatan / *compression index*), C_s (indeks mengembang / *swelling index*), dan C_v (koefisien konsolidasi);
- c (nilai kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam).

3. Cek daya dukung tanah di jalan eksisting dan di bagian pelebaran jalan dan stabilitas timbunan pelebaran jalan

Pada tahap ini, daya dukung pada tanah dasar yang diberi perkuatan cerucuk kayu galam di bagian pelebaran jalan di cek nilai dan parameternya untuk mengetahui besar beban yang dapat dipikul oleh cerucuk kayu serta stabilitas timbunan yang berada diatas lapisan tanah dasar tersebut. Hal tersebut untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kelongSORan jika tanah tersebut diberi beban berupa timbunan dan beban lalu lintas. Jika besar beban yang dapat dipikul oleh tanah dasar yang diberi perkuatan cerucuk kayu lebih kecil daripada daya dukung tanah tersebut maka fungsi cerucuk kayu tersebut adalah untuk mengurangi terjadinya beda penurunan tanah yang besar, tetapi jika daya dukungnya lebih rendah maka perencanaan yang sudah ada (desain eksisting) harus dicek kembali (*di-review*).

4. Perhitungan pemampatan tanah dan perbandingannya antara jalan eksisting dan pelebaran jalan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan pada pemampatan tanah dasar yang terjadi di tanah dasar jalan eksisting dan tanah dasar di bagian pelebaran jalan. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan untuk mengetahui beda pemampatan yang terjadi. Jika pemampatan yang terjadi di jalan eksisting sama dengan yang terjadi pada bagian pelebaran jalan maka tidak perlu dilakukan perbaikan tanah dasar, tetapi jika beda penurunan yang terjadi cukup besar maka perencanaan yang sudah ada (desain eksisting) harus dicek kembali (*di-review*).

5. Cek perencanaan (desain) eksisting perbaikan tanah dasar pada pelebaran dan bahu jalan

Setelah diketahui pemampatan dan daya dukung tanah dasar pada bagian pelebaran jalan maka desain eksisting perbaikan tanah dasar harus dicek kembali. Apabila desain eksisting perbaikan tanah dasar menggunakan cerucuk sudah sesuai dengan kaidah perencanaan yaitu aman dan stabil maka desain eksisting perbaikan tanah dasar tidak perlu direvisi ulang. Jika ternyata tidak memenuhi kaidah perencanaan maka desain eksisting perbaikan tanah dasar harus direvisi ulang dengan mengecek jumlah, jarak pemasangan, dan panjang cerucuk kayu galam.

3.3 Output Hasil Studi

Studi ini menganalisis pemampatan tanah dasar antara jalan eksisting dan bagian pelebaran jalan, juga daya dukung tanah dasarnya. Berikut adalah rincian *output* pada studi ini :

1. Jenis tanah di wilayah studi;
2. Daya dukung cerucuk kayu galam dalam menopang beban pelebaran jalan dan beban lalu lintas di atasnya;
3. Stabilitas timbunan pada pelebaran jalan terhadap potensi kelongsoran;
4. Total pemampatan tanah yang akan terjadi pada lapisan tanah di bawah jalan eksisting dan di bawah pelebaran jalan;
5. Beda penurunan tanah yang mungkin terjadi (*differential settlement*) pada sambungan pelebaran jalan yang telah diberi perkuatan cerucuk kayu galam dan tepi jalan eksisting.

BAB 4

DATA DAN ANALISA

4.1 Stratigrafi Lapisan Tanah

Data tanah yang diperoleh dari instansi terkait berupa data sondir dan data boring. Pengujian sondir dilapangan dilakukan di segmen perkerasan eksisting aspal satu lapis (Sta. 2+250) dan segmen perkerasan eksisting agregat (Sta. 5+100) seperti ditunjukkan pada **Gambar 1.10 (Bab 1)**. Hasil sondir dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2; sedang data lengkapnya diberikan pada **Lampiran 1**. Dari data sondir tersebut ditentukan harga *friction ratio* (FR), kemudian ditentukan jenis lapisan tanahnya dengan menggunakan grafik Schmertmann (1978); sedang konsistensi lapisan tanahnya ditentukan dengan menggunakan korelasi antara harga tekanan ujung sondir (q_c), nilai N-SPT yang dikonversi dari nilai q_c , dan konsistensi yang dikembangkan oleh Mochtar (2006, 2012). Jenis tanah dan konsistensinya di Sta. 2+250 dan Sta. 5+100 diberikan pada **Tabel 4.1**.

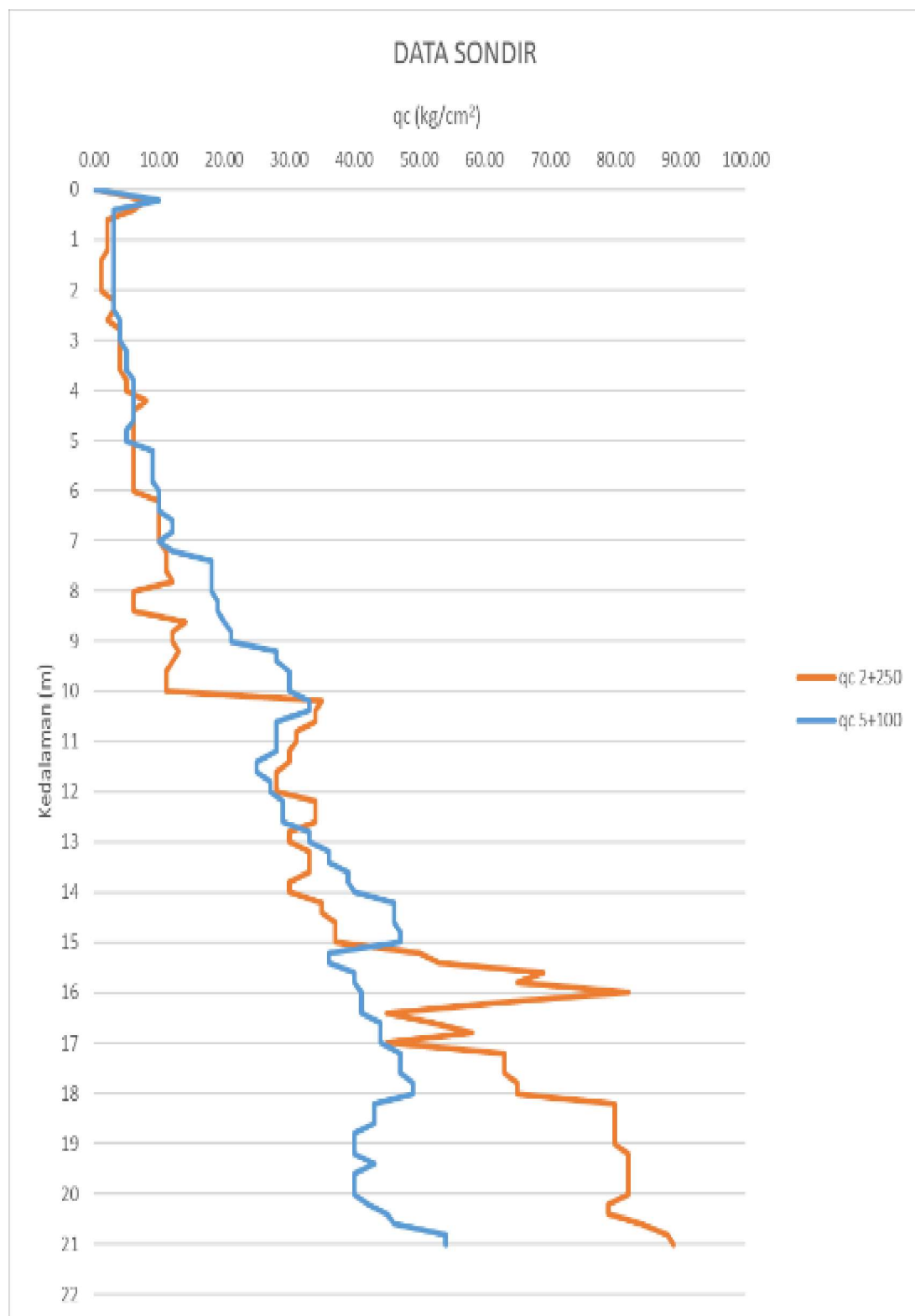
Tabel 4.1 Jenis dan Konsistensi Lapisan Tanah Berdasarkan Data Sondir

Titik Lokasi (Sta)	Kedalaman (m)	q_c rata-rata (kg/cm^2)	FR rata-rata (%)	N-SPT (Hasil Konversi)	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah
Sta. 2+250	0 - 6	5	10	0	Lempung Organik	Sangat Lunak
	6 - 10	10	4	4	Lempung	Lunak
	10 - 15	33	4	8	Lempung Kelanauan	Medium-Kaku
	15 - 21	60	2	7	Pasir Lepas	Renggang
Sta. 5+100	0 - 5	4	10	0	Lempung Organik	Sangat Lunak
	5 - 7	10	5	1	Lempung	Sangat Lunak
	7 - 12	25	4	7	Lempung Kelanauan	Medium
	12 - 21	45	2	3	Pasir Lepas	Sangat Renggang

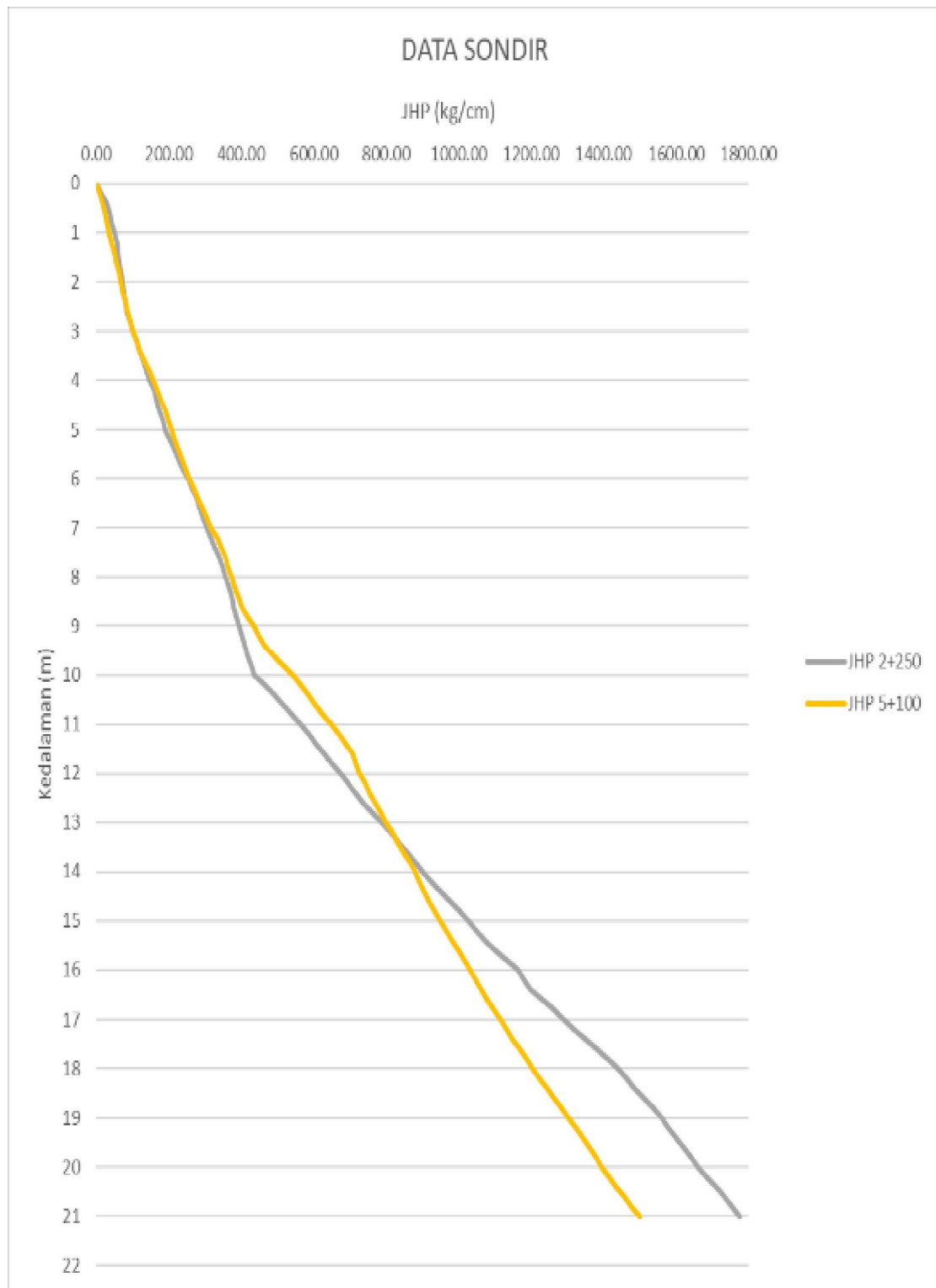
Sumber: Hasil Analisa & Data BPJN Kalteng

4.2 Parameter Tanah di Lokasi Studi

Mengingat pengujian yang dilakukan di tempat studi hanya tes sondir, maka parameter fisik dan teknis lapisan tanah diperoleh dari korelasi empiris dan data boring pada pekerjaan pembangunan Jembatan Muara Tahai yang lokasinya berjarak sekitar 2,0 km dari tempat studi. Data parameter fisik dan teknik tersebut dibutuhkan untuk menghitung stabilitas timbunan pelebaran jalan, pemampatan pada bagian pelebaran jalan dan beda penurunan antara pelebaran jalan dan jalan eksisting.



Gambar 4.1. Nilai q_c dari hasil tes sondir
(Sumber: BPJN Kalteng)



Gambar 4.2. Nilai JHP (Jumlah Hambatan Pelekat) dari hasil tes sondir
(Sumber: BPJN Kalteng)

4.2.1 Parameter Tanah di Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Parameter fisik dan teknis tanah pada Sta. 0+000 – Sta. 2+450 masing-masing diberikan pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3**.

Tabel 4.2 Parameter Fisik Tanah Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	γ_{sat} kN/m ³	e	Wc %	Gs	LL %	IP %
0 - 6	Lempung Organik	13,0	2,21	85	2,3	59,30	25,30
6 - 10	Lempung	14,5	2,08	75	2,6	50,50	16,50
10 - 12	Lempung Kelanauan	16,0	1,6	60	2,65	46,5	12,50

Sumber: BPJN Kalteng

Tabel 4.3 Parameter Teknis Tanah Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Cu t/m ²	Cc	Cs	Cv
0 - 6	Lempung Organik	1,2	0,8612	0,166	0,0012
6 - 10	Lempung	2,1	0,7345	0,137	0,0018
10 - 12	Lempung Kelanauan	3,5	0,4817	0,094	0,0021

Sumber: Hasil Analisa dan Data BPJN Kalteng

4.2.2 Parameter Tanah di Segmen Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

Parameter fisik dan teknis tanah pada Sta. 2+450 – Sta. 6+895 masing-masing diberikan pada **Tabel 4.4** dan **Tabel 4.5**.

Tabel 4.4 Parameter Fisik Lapisan Tanah Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	γ_{sat} kN/m ³	e	Wc %	Gs	LL %	IP %
0 - 5	Lempung Organik	13,0	2,21	85	2,3	59,30	25,30
5 – 7	Lempung	13,0	2,21	85	2,3	59,30	12,50
7 – 12	Lempung Kelanauan	16,0	1,60	60	2,4	46,50	12,50

Sumber: BPJN Kalteng

Tabel 4.5 Parameter Teknis Lapisan Tanah Segmen Agregat
(Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

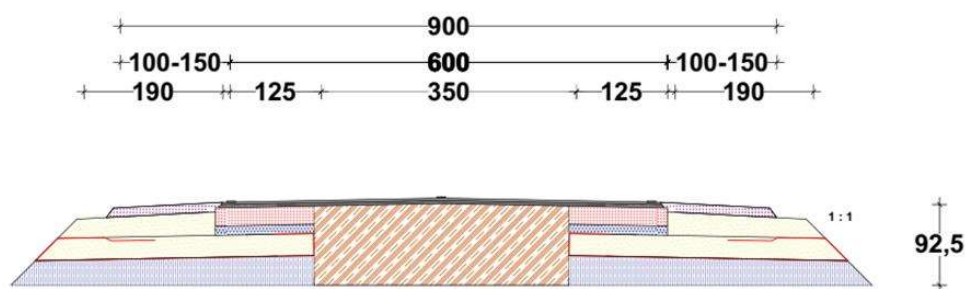
Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Cu t/m ²	Cc	Cs	Cv
0 - 5	Lempung Organik	1,2	0,8612	0,166	0,0012
5 - 7	Lempung	1,2	0,8612	0,166	0,0012
7 - 12	Lempung Kelanauan	1,8	0,4817	0,094	0,002

Sumber: Hasil Analisa dan Data BPJN Kalteng

4.3 Beban di Pelebaran Jalan dan Jalan Eksisting

4.3.1 Beban di Pelebaran Jalan dan Jalan Eksisting Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Perencanaan peningkatan ruas jalan Sp.3 Janas – STI pada segmen eksisting aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) dilakukan dengan memberi lapis perkerasan aspal tambahan pada jalan eksisting dan melebarkan sisi kiri dan kanan jalannya sehingga lebar total tubuh jalan yang ditingkatkan menjadi 6,0 meter. Di sebelah kanan dan kiri tubuh jalan juga dibangun bahu jalan masing-masing selebar 1,5 meter. Sketsa potongan melintang jalan eksisting dan pelebarannya beserta bahu jalannya dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. Timbunan pelebaran jalan dipasang diatas lapisan tanah asli yang telah digali sedalam 92,5 cm dari permukaan tanah asli.



Gambar 4.3. Sketsa rencana timbunan bahu jalan, pelebaran jalan, dan badan jalan eksisting
(Sumber: BPJN Kalteng)

Beban yang akan diperhitungkan untuk cek stabilitas jalan dan pemampatan yang mungkin akan terjadi yaitu:

a) Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang diperhitungkan dalam studi ini adalah:

- Beban terbagi rata sebesar $1,0 \text{ t/m}^2 \approx 10 \text{ kN/m}^2$ (Panduan Geoteknik 4, 2002)
- Beban gandar truk sebesar 225 kN (SNI 1725:2016)

b) Beban pelebaran jalan di Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

- Timbunan akibat pelebaran (badan dan bahu) jalan (**Gambar 4.3**)

Tinggi timbunan = 0,925 m

Lebar timbunan = 3,15 m

Tabel 4.6 Timbunan Bahu Jalan Segmen Aspal Satu Lapis

No	Jenis Material	Lebar	Tebal	Berat Volume
		m	m	t/m ³
1	Pasir Urug (Timbunan Biasa)	2,0	0,2	1,670
2	Timbunan pilihan	2,0	0,6	1,689
3	Sirtu	1,5	0,125	1,670

Sumber: BPJN Kalteng

Berat volume lapisan sirtu disamakan dengan berat volume lapisan pasir urug karena tidak tersedia stok material sirtu di lokasi pekerjaan. Oleh sebab itu struktur lapisan sirtu di lapangan nantinya akan menggunakan material pasir urug. Berat volume rata-rata bahu jalan adalah sebesar $1,676 \text{ t/m}^3 \approx 16,76 \text{ kN/m}^3$.

Tabel 4.7 Timbunan Pelebaran Badan Jalan Segmen Aspal Satu Lapis

No	Jenis Material	Lebar	Tebal	Berat Volume
		m	m	t/m ³
1	Pasir Urug (Timbunan Biasa)	1,25	0,2	1,670
2	Timbunan pilihan	1,25	0,6	1,689
4	Agregat A	1,25	0,25	2,200
5	Agregat B	1,25	0,125	2,172
6	HRS-BASE	1,25	0,035	2,249
7	HRS-WC	1,25	0,03	2,239

Sumber: BPJN Kalteng

Berat volume rata-rata badan jalan adalah sebesar $2,037 \text{ t/m}^3 \approx 20,37 \text{ kN/m}^3$.

- c) Beban Jalan Eksisting di Segmen Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Tabel 4.8 Lapis Perkerasan Tambahan Segmen Aspal Satu Lapis

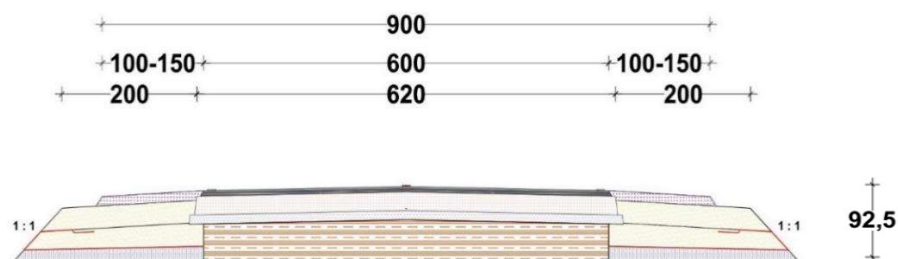
No	Jenis Material	Lebar	Tebal	Berat Volume
		m	m	t/m^3
1	HRS-BASE	3,5	0,035	2,249
2	HRS-WC	3,5	0,03	2,239

Sumber: BPJN Kalteng

Total berat volume lapis perkerasan tambahan jalan adalah sebesar 2,244 $\text{t/m}^3 \approx 22,440 \text{ kN/m}^3$.

4.3.2 Beban di Pelebaran Jalan dan Jalan Eksisting Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

Perencanaan peningkatan ruas jalan Sp.3 Janas – STI pada eksisting agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) dilakukan dengan memberi lapis pondasi agregat dan perkerasan aspal tambahan pada jalan eksisting. Di sebelah kanan dan kiri tubuh jalan juga dibangun bahu jalan masing-masing selebar 1,5 meter. Sketsa potongan melintang jalan eksisting dan bahu jalannya dapat dilihat pada **Gambar 4.4**. Timbunan pelebaran jalan dipasang diatas lapisan tanah asli yang telah digali sedalam 92,5 cm dari permukaan tanah asli.



Gambar 4.4 Sketsa rencana timbunan bahu jalan, bahu jalan, dan badan jalan Eksisting (Sumber: BPJN Kalteng)

Beban yang akan diperhitungkan untuk cek stabilitas jalan dan pemampatan yang mungkin akan terjadi yaitu:

a) Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang digunakan dalam studi ini adalah:

- Beban terbagi rata sebesar $1,0 \text{ t/m}^2 \approx 10 \text{ kN/m}^2$ (Panduan Geoteknik 4, 2002)
- Beban gandar truk sebesar 225 kN (SNI 1725:2016)

b) Beban Akibat Pelebaran Jalan di Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

- Timbunan Bahu Jalan

Tinggi Timbunan = 0,925 m

Lebar Timbunan = 2,0 m

Kemiringan Slope = 1 : 1

Tabel 4.9 Timbunan Bahu Jalan Segmen Agregat

No	Jenis Material	Lebar	Tebal	Berat Volume
		m	m	t/m ³
1	Pasir Urug (Timbunan Biasa)	2,0	0,2	1,670
2	Timbunan pilihan	2,0	0,6	1,689
3	Sirtu	1,5	0,125	1,670

Sumber: BPJN Kalteng

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa berat volume lapisan sirtu disamakan dengan berat volume lapisan pasir urug karena tidak tersedia stok material sirtu di lokasi pekerjaan. Oleh sebab itu struktur lapisan sirtu di lapangan nantinya akan menggunakan material pasir urug. Total berat volume timbunan bahu jalan adalah sebesar $1,676 \text{ t/m}^3 \approx 16,76 \text{ kN/m}^3$.

c) Beban Jalan Eksisting di Segmen Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

Tabel 4.10. Timbunan Lapis Tambahan Perkerasan Jalan Eksisting di Segmen Agregat

No	Jenis Material	Lebar	Tebal	Berat Volume
		m	m	t/m ³
1	Agregat A	6,2	0,25	2,2
2	Agregat B	6,2	0,125	2,172
3	HRS-BASE	6,0	0,35	2,249
4	HRS-WC	6,0	0,03	2,239

Sumber: BPJN Kalteng

Total berat volume lapis perkerasan tambahan jalan adalah sebesar 2,215 t/m³
 $\approx 22,150 \text{ kN/m}^3$.

4.4 Perubahan Parameter Tanah Dibawah Jalan Eksisting Akibat Pemampatan Sebelumnya

4.4.1 Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa jalan ekisting ini dibangun diatas tanah yang sangat lunak sekitar 20 tahun yang lalu. Sebagai akibatnya, lapisan tanah dibawahnya telah mengalami pemampatan akibat jalan ekisting tersebut dan lalu lintas yang lewat diatasnya. Besar pemampatan yang telah terjadi seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.12**. Adanya pemampatan tanah tersebut akan berakibat terjadinya perubahan parameter dari lapisan tanah yang bersangkutan seperti harga e , w_c , γ_{sat} , C_c , dan C_s seperti yang telah dijelaskan pada **Subbab 2.5.2**. Nilai parameter tanah yang berubah tersebut diberikan pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Perubahan Parameter Tanah Setelah Mengalami Pemampatan pada Sta. 0+000 – Sta. 2+450

Kedalaman	γ_{sat} kN/m ³	w_c %	e	C_c	C_s	C_v
1 – 2	14.120	93.70	2.155	0.830	0.161	0.0012
2 – 3	14.084	94.91	2.183	0.845	0.164	0.0012
3 – 4	14.069	95.43	2.195	0.852	0.165	0.0012
4 – 5	14.061	95.69	2.201	0.855	0.165	0.0012
5 – 6	14.056	95.88	2.205	0.858	0.166	0.0012
6 - 10	15.204	79.89	2.075	0.732	0.137	0.0018
10 - 12	16.349	60.36	1.599	0.481	0.094	0.0021

Sumber: Hasil Analisa

Apabila data tanah pada **Tabel 4.11** tersebut dibandingkan dengan data tanah yang belum mengalami pemampatan (**Tabel 4.2** dan **4.3**) dapat dilihat bahwa parameter tanah pada kedalaman 6,0 s.d 12,0 m tidak berubah. Hal ini berarti pemampatan tanah akibat beban jalan eksisting terjadi hanya sampai dengan kedalaman 6,0 m saja; perubahan parameter terbesar terjadi di lapisan tanah yang dekat dengan muka tanah dan semakin mengecil dengan bertambahnya kedalaman.

Tabel 4.12 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting Pemampatan Akibat Beban Jalan Eksisting dan Beban Lalu Lintas Selama ± 20 tahun

Kedalaman (m)	Jalan Eksisting Sta. 0+000 – Sta. 2+450					Jalan Eksisting Sta. 2+450 – Sta. 6+895				
	$\Delta\sigma$ kN/m ²	σ_0' kN/m ²	$\sigma_0' + \Delta\sigma$ kN/m ²	σ_c' kN/m ²	Sc m	$\Delta\sigma$ kN/m ²	σ_0' kN/m ²	$\sigma_0' + \Delta\sigma$ kN/m ²	σ_c' kN/m ²	Sc m
1 - 2	11.395	1.500	12.895	21.500	0.0484	12.311	1.500	13.811	21.500	0.050
2 - 3	7.547	6.500	14.047	26.500	0.0173	9.814	6.500	16.314	26.500	0.021
3 - 4	5.459	11.500	16.959	31.500	0.0087	7.698	11.500	19.198	31.500	0.012
4 - 5	4.121	16.500	20.621	36.500	0.0050	6.200	16.500	22.700	36.500	0.007
5 - 6	3.203	21.500	24.703	41.500	0.0031	5.098	21.500	26.598	41.500	0.005
6 - 7	2.672	27.250	29.922	47.250	0.0018	4.442	26.500	30.942	46.500	0.003
7 - 8	2.252	34.500	36.752	54.500	0.0012	3.755	33.000	36.755	53.000	0.002
8 - 9	2.097	41.750	43.847	61.750	0.0009	3.320	42.500	45.820	62.500	0.001
9 - 10	1.722	49.000	50.722	69.000	0.0007	3.057	52.000	55.057	72.000	0.001
10 - 11	1.680	57.000	58.680	77.000	0.0005	2.655	61.500	64.155	81.500	0.001
11 - 12	1.466	66.500	67.966	86.500	0.0003	2.484	71.000	73.484	91.000	0.001
	Σ Sc Lapisan tanah 1 – 12 m					Σ Sc Lapisan tanah 1 – 12 m				
						8,8 cm				

Sumber: Hasil Analisa

4.4.2 Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa jalan ekisting ini dibangun diatas tanah yang sangat lunak sekitar 20 tahun yang lalu. Sebagai akibatnya, lapisan tanah dibawahnya telah mengalami pemampatan akibat jalan ekisting tersebut dan lalu lintas yang lewat diatasnya. Adanya pemampatan tersebut akan berakibat terjadinya perubahan parameter dari lapisan tanah yang bersangkutan seperti harga e , w_c , dan γ_{sat} . Nilai parameter tanah yang berubah tersebut diberikan pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13 Perubahan Parameter Tanah Setelah Mengalami Pemampatan pada Sta. 2+450 – Sta. 6+895

Kedalaman	γ_{sat} kN/m ³	w_c %	e	C_c	C_s	C_v
1 – 2	14.134	89.15	2.144	0.824	0.161	0.0012
2 – 3	14.096	93.23	2.174	0.840	0.163	0.0012
3 – 4	14.078	94.52	2.188	0.848	0.164	0.0012
4 – 5	14.068	95.12	2.196	0.852	0.165	0.0012
5 – 6	14.063	95.46	2.200	0.855	0.165	0.0012
6 - 7	14.054	95.64	2.206	0.859	0.166	0.0012
7 – 10	16.355	60.30	1.597	0.480	0.094	0.0018
10 - 12	16.350	60.36	1.598	0.481	0.094	0.0021

Sumber: Hasil Analisa

Apabila data tanah pada **Tabel 4.13** tersebut dibandingkan dengan data tanah yang belum mengalami pemampatan (**Tabel 4.4** dan **4.5**) dapat dilihat bahwa parameter tanah pada kedalaman 7,0 s.d 12,0 m tidak berubah. Hal ini berarti pemampatan tanah akibat beban jalan eksisting terjadi hanya sampai dengan kedalaman 7,0 m saja; perubahan parameter terbesar terjadi di lapisan tanah yang dekat dengan muka tanah dan semakin mengecil dengan bertambahnya kedalaman.

4.5 Parameter Cerucuk Kayu Galam

Pada studi ini, perbaikan tanah dasar yang digunakan adalah cerucuk kayu galam yang direncanakan seperti yang telah diuraikan pada **Subbab 1.1**. Cerucuk kayu galam merupakan kayu kelas kuat II dan kelas awet III (Kementerian Kehutanan, 2013), sehingga parameter yang dimiliki oleh kayu galam adalah:

- Modulus Kenyal kayu sejajar serat, $(E) = 100.000 \text{ kg/cm}^2$
- Kuat lentur kayu, $\sigma_{lt} = 100 \text{ kg/cm}^2$

Cerucuk kayu galam yang digunakan berukuran diameter 9,0-12,0 cm dengan panjang cerucuk 4,0 m. Cerucuk kayu dipasang pada kedalaman 0,925 m dari permukaan timbunan dikarenakan tanah asli sebelumnya digali kemudian diganti oleh timbunan setinggi 0,925 m.

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Jenis Tanah di Lokasi Studi

Berdasarkan analisis data hasil pengujian sondir dan boring di lapangan seperti yang telah diberikan pada **Bab 4**, diketahui bahwa jenis tanah di ruas Sp.3 Janas – STI pada segmen jalan aspal satu lapis (Sta.0+000 – Sta. 2+450) dan segmen jalan agregat (Sta. 2+450 - 6+895) sampai dengan kedalaman 12,0 meter merupakan lapisan tanah lempung organik, lempung, dan lempung kelanauan dengan konsistensi sangat lunak dan lunak. Perbandingan antara parameter tanah yaitu angka pori (e), kadar air (w_c), indeks kompresi (C_c), dan koefisien konsolidasi (C_v) di lokasi studi yang dibandingkan dengan parameter tanah gambut dapat dilihat pada **Tabel 5.1** dan **Tabel 5.2**.

Tabel 5.1 Perbandingan Parameter Tanah Asli pada Sta. 0+000 – Sta. 2+450 dengan Tanah Gambut

Parameter Tanah	Jenis Tanah (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)			
	Lempung Organik	Lempung	Lempung Kelanauan	Tanah Gambut (secara umum)
e	2,3	2,6	2,65	5,0 – 15,0
W_c (%)	85	75	60	750 – 1500
C_c	0,861	0,735	0,482	Non
C_v	0,0012	0,0018	0,0021	0,01 – 0,1
γ (kN/m ³)	13,0	14,5	16,0	9,0 – 12,5
C_u	1,2	2,1	3,5	0
G_s	2,3	2,6	2,65	1,3 – 1,5
LL	59,30	50,50	46,5	Non
IP	25,30	16,50	12,50	Non

Sumber: Hasil Analisa

Dari harga parameter tersebut dapat diketahui bahwa nilai parameter angka pori (e), kadar air (w_c), indeks kompresi (C_c), dan koefisien konsolidasi (C_v) lebih kecil dibandingkan dengan nilai parameter yang sama untuk tanah gambut. Disamping itu, nilai parameter tanah yang lain seperti berat volume *saturated* (γ_{sat}), *specific gravity* (G_s), plastisitas (LL dan IP), dan kohesi (C_u) sangat tinggi jika dibandingkan dengan nilai

parameter sama yang dimiliki oleh tanah gambut. Jadi tanah di lokasi studi dapat disimpulkan **bukan tanah gambut** seperti yang diasumsikan sebelumnya.

Tabel 5.2 Perbandingan Parameter Tanah Asli pada Sta. 2+450 – Sta. 6+895 dengan Tanah Gambut

Parameter Tanah	Jenis Tanah (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)			
	Lempung Organik	Lempung	Lempung Kelanauan	Tanah Gambut (secara umum)
e	2,21	2,21	1,60	5,0 – 15,0
W _c (%)	85	85	60	750 – 1500
C _c	0,861	0,861	0,482	Non
C _v	0,0012	0,0012	0,0021	0,01 – 0,1
γ_{sat} (kN/m ³)	13,0	13,0	16,0	9,0 – 12,5
C _u	1,2	1,2	1,8	0
G _s	2,3	2,3	2,4	1,3 – 1,5
LL	59,30	59,30	46,50	Non
IP	25,30	12,50	12,50	Non

Sumber: Hasil Analisa

5.2 Kekuatan Cerucuk Kayu Galam Dalam Menerima Beban Vertikal

Pada perencanaan peningkatan ruas jalan Sp.3 Janas – STI pada segmen jalan aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) dan segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895), salah satu tujuan digunakannya kelompok cerucuk kayu galam adalah untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar dalam menerima beban akibat timbunan pelebaran jalan dan beban lalu lintas di atasnya. Oleh karena itu, diperlukan analisis kekuatan cerucuk kayu galam dalam menahan beban vertikal untuk mengetahui apakah pemasangan cerucuk sebanyak 18 buah per meter panjang pada satu sisi pelebaran jalan sudah cukup kuat untuk menerima beban di atasnya.

5.2.1 Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Perhitungan daya dukung cerucuk menggunakan data hasil data sondir yang berupa nilai tahanan konus (q_c) pada ujung cerucuk dan jumlah hambatan pelek (JHP) sepanjang cerucuk diberikan secara rinci pada **Lampiran 4**. Dengan menggunakan **Persamaan 2.15** yang dikembangkan oleh Schmertmann (1975) didapatkan nilai konus

rata-rata pada ujung cerucuk di segmen jalan aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) sebesar 6,0 kg/cm². Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai daya dukung di ujung cerucuk (Q_p), daya dukung selimut sepanjang tiang (Q_s), dan daya dukung ultimate 1 cerucuk (Q_u) pada segmen aspal satu lapis yaitu sebesar:

- $Q_p = 381,70 \text{ kg}$
- $Q_s = 5445,64 \text{ kg}$
- $Q_u = Q_p + Q_s = 5827,34 \text{ kg} \approx 5,827 \text{ ton}$
- $Q_u = 5,827 \text{ ton}$.

Nilai daya dukung 1 cerucuk dalam kelompok didapatkan dengan cara mengoreksi nilai daya dukung 1 cerucuk (Q_u) dengan nilai efisiensi $C_e = 0,979$ sehingga didapatkan daya dukung 1 cerucuk dalam kelompok di segmen jalan aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) sebesar:

- $Q_u = 5,705 \text{ ton}$,

Apabila diambil harga $SF = 3$, maka daya dukung 18 buah cerucuk yaitu:

- $Q_{ijin-18 \text{ cerucuk}} = 34,229 \text{ ton}$

Total beban timbunan pelebaran jalan dan beban lalu lintas pada segmen jalan aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) adalah sebesar:

- $Q_{timb} = 31,017 \text{ ton}$,

sehingga

- $Q_{timb} < q_{ijin-18 \text{ cerucuk}}$

Jadi, 18 cerucuk galam yang dipasang pada pelebaran (bahu dan badan) jalan segmen jalan aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) aman untuk menerima beban vertikal.

5.2.2 Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

Seperti yang telah diuraikan pada **Subbab 5.2.1** maka didapatkan nilai konus rata-rata pada ujung cerucuk di segmen agregat didapatkan nilai konus rata-rata pada ujung cerucuk sebesar 5,67 kg/cm² dan nilai daya dukung 1 cerucuk (Q_u) pada segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) sebesar:

- $Q_p = 360,5 \text{ kg}$
- $Q_s = 5903,68 \text{ kg}$
- $Q_u = Q_p + Q_s = 6264,18 \text{ kg} \approx 6,264 \text{ ton}$
- $Q_u = 6,264 \text{ ton}$.

Nilai daya dukung 1 cerucuk dalam kelompok didapatkan dengan cara mengoreksi nilai daya dukung 1 cerucuk (Q_u) dengan nilai efisiensi $C_e = 0,979$ sehingga didapatkan daya dukung 1 cerucuk dalam kelompok di segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) sebesar:

- $Q_u = 6,133 \text{ ton}$

Apabila diambil harga $SF = 3$, maka daya dukung 18 buah cerucuk yaitu:

- $Q_{ijin-18 \text{ cerucuk}} = 36,795 \text{ ton.}$

Total beban timbunan bahu jalan dan beban lalu lintas pada segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) sebesar:

- $Q_{timb} = 28,008 \text{ ton, sehingga}$
- $Q_{timb} < Q_{ijin-18 \text{ cerucuk}}$

Jadi, 18 cerucuk galam yang dipasang pada pelebaran (bahu dan badan) jalan segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) aman untuk menerima beban vertikal.

5.3 Kebutuhan Cerucuk Kayu Galam Untuk Menerima Beban Horizontal

5.3.1 Kekuatan 1 Cerucuk dalam Menahan Beban Horizontal

Perhitungan kekuatan 1 cerucuk dalam menahan beban horizontal secara rinci diberikan dalam **Lampiran 6**. Sedangkan contoh perhitungan secara singkat diberikan dibawah ini:

- Parameter cerucuk kayu galam adalah:
 - Panjang Cerucuk Galam (L) = 4.00 m
 - Diameter Cerucuk Galam (d) = 10.00 cm
 - Jari-jari Cerucuk Galam (r) = 5.00 cm
 - σ_{lt} cerucuk kayu galam = 100.00 kg/cm²
 - Modulus Kenyal, E = 100000 kg/cm²
 - Lapisan tanah pertama, C_u = 0,12 kg/cm²
 - $q_u = 2 \times C_u$ = 0,223t/ft²
 - $I = 490,87 \text{ cm}^4$

Untuk mendapatkan faktor kekakuan relatif (T) dibutuhkan nilai faktor modulus tanah (f) dan momen inersia bahan (I). Harga f ditentukan dengan menggunakan kurva yang diberikan pada **Gambar 2.3**, yaitu, sebesar:

- $f = 2 \text{ ton/ft}^3 \approx 0.064 \text{ kg/cm}^3$

Perhitungan kekuatan 1 cerucuk dalam menerima gaya horizontal (P_h) membutuhkan nilai koefisien momen akibat gaya lateral (F_m) dan momen maksimum lentur (M_p). Nilai F_m didapatkan dengan mengetahui panjang sisa cerucuk dibawah bidang longsor (L_b) yang dibagi nilai T . Berdasarkan kurva kurva yang diberikan pada **Gambar 2.4** didapatkan nilai F_m sebesar 0,9. Untuk nilai M_p didapatkan dengan mengkalikan nilai *section modulus* (w) dan kuat lentur (σ_{lt}) kayu galam sehingga didapatkan:

- $c = \frac{1}{2} D = 5,0 \text{ cm}$
- $w = I / c = 98,17 \text{ cm}^3$
- $M_p = w \times \sigma_{lt} = 14726,22 \text{ kg-cm}$

Dari **Persamaan 2.18** didapatkan kekuatan 1 cerucuk dalam menerima gaya horizontal (P_h) sebesar:

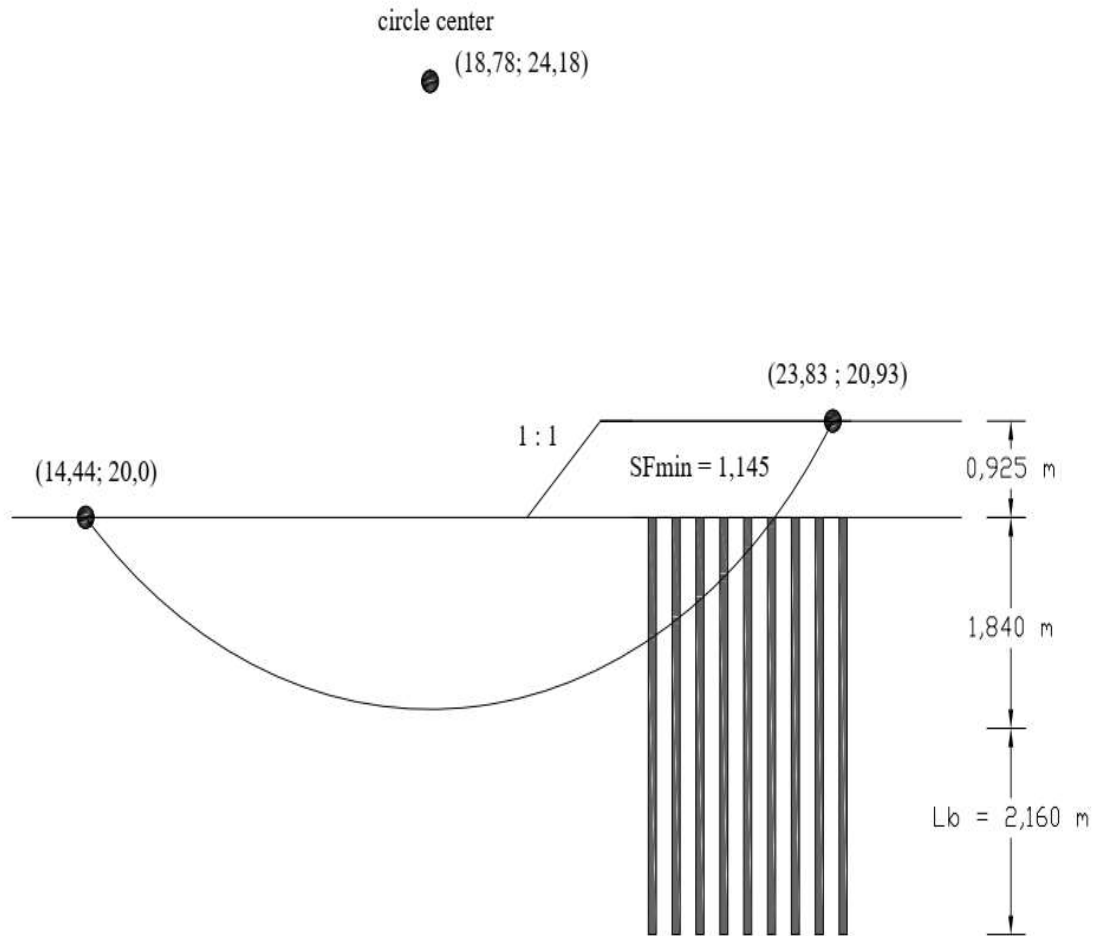
- $P_h = 2,73 \text{ kN}$

5.3.2 Perhitungan Stabilitas Pelebaran Jalan

Untuk mencari nilai SF minimum pada timbunan pelebaran jalan digunakan program bantu. Berdasarkan penampang struktur peningkatan jalan (**Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**) dan beban timbunan serta beban lalu lintas maka didapatkan hasil nilai keamanan (SF) minimum, momen penahan (M_{res}), radius bidang kelongsoran, dan koordinat pusat bidang kelongsoran. Gambar bidang longsor untuk angka keamanan terkecil dan bidang longsor terdalam dengan angka keamanan $SF < 1,5$ diberikan pada **Gambar 5.1** dan **Gambar 5.2**. Sedangkan semua hasil SF minimum yang telah dicoba sebanyak 50 buah bidang longsor diberikan pada **Lampiran 5**. Untuk perhitungan kebutuhan jumlah cerucuk kayu galam akan digunakan harga SF_{min} , sedang untuk perhitungan panjang cerucuknya digunakan bidang longsor terdalam dengan angka keamanan $SF < 1,5$.

1) Segmen Eksisting Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

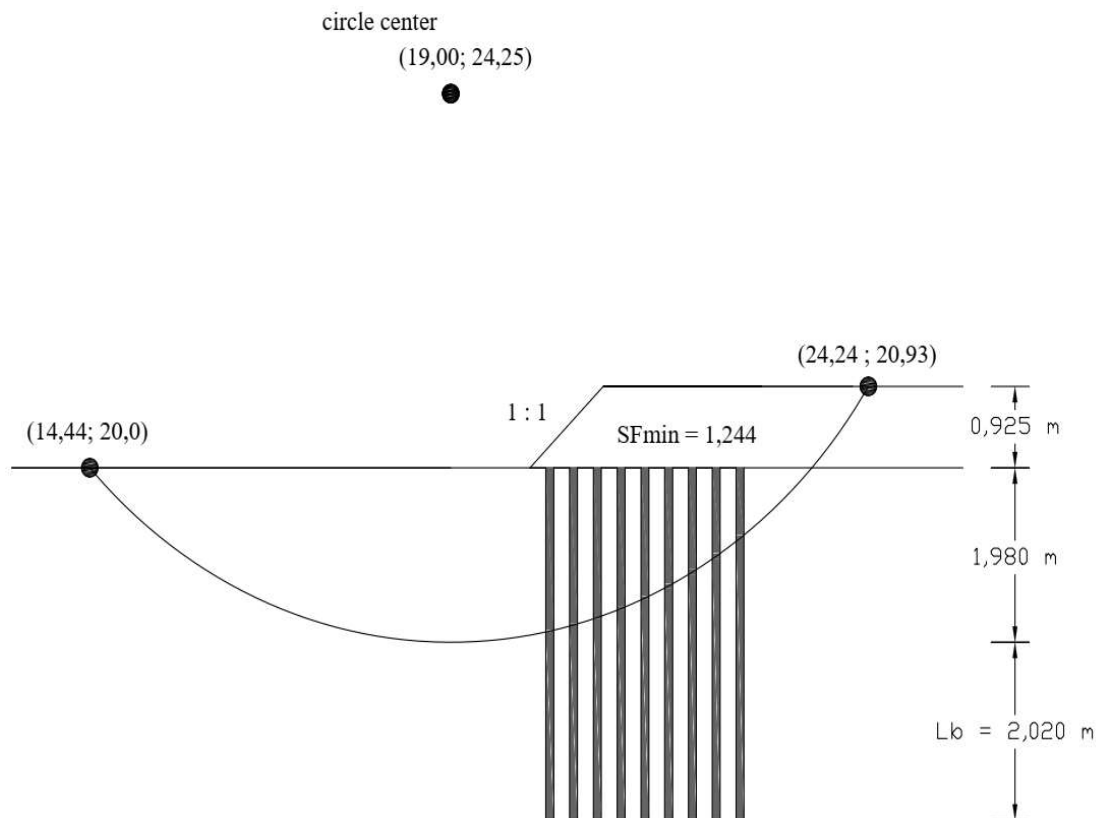
- Jari-jari kelongsoran:
 $R_{(jari-jari)} = 6,02 \text{ m}$
- Momen Penahan (M_{res}):
 $M_{res_{min}} = 721,0 \text{ kN.m}$
- $SF_{min} = 1,145$



Gambar 5.1 Sketsa bidang longsor dengan SFmin dan kedalaman bidang longsor terdalam segmen jalan aspal satu lapis
(Sumber: Hasil Analisa)

2) Segmen Eksisting Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

- Jari-jari kelongsoran:
 $R_{(\text{jari-jari})} = 6,23 \text{ m}$
- Momen Penahan (Mres):
 $M_{\text{res}_{\text{min}}} = 786,30 \text{ kN.m}$
- SFmin = 1,244



Gambar 5.2 Sketsa bidang longsor dengan SF_{min} dan kedalaman bidang longsor terdalam segmen jalan agregat
(Sumber: Hasil Analisa)

5.3.3 Stabilitas Pelebaran Jalan pada Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Stabilitas pelebaran jalan akibat beban timbunan dan beban gandar truk sebesar 225 kN pada segmen jalan aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) dihitung dengan menggunakan program bantu. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- $SF_{min} = 1,145$
- Momen Penahan (M_{res}) = 721,0 kN.m
- Jari-jari kelongsoran (R) = 6,02 m

Dari hasil tersebut diatas dapat dihitung momen dorong (M_d) yaitu sebesar:

- $M_d = 629,7$ kN-m.

Apabila angka keamanan rencana adalah $SF_{rencana} = 1,5$ maka diperlukan tambahan momen penahan (ΔM_r) yaitu sebesar:

- $\Delta M_r = 223,55 \text{ kN-m}$.

Untuk memenuhi tambahan momen $\Delta M_r = 223,55 \text{ kN-m}$, kebutuhan cerucuk dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2.20**. Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa jumlah cerucuk yang diperlukan adalah sebanyak:

- $n = 14$ buah cerucuk

Jadi jumlah cerucuk yang dipasang sebanyak 18 buah pada satu sisi jalan per meter panjang jalan segmen aspal satu lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450) sudah cukup. Jadi perencanaan konstruksi pelebaran jalan yang telah dibuat adalah stabil atau tidak longsor walau jalan dilewati truk.

5.3.4 Stabilitas Pelebaran Jalan pada Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

Seperti yang telah diuraikan pada **Subbab 5.3.2**, hasil yang diperoleh dari program bantu adalah:

- $SF_{min} = 1,244$
- Momen Penahan (M_{res}) = $786,30 \text{ kN.m}$
- Jari-jari kelongsoran (R) = $6,23 \text{ m}$

Dari hasil tersebut diatas dapat dihitung momen dorong (M_d) yaitu sebesar:

- $M_d = 632,1 \text{ kN-m}$.

Apabila angka keamanan rencana adalah $SF_{rencana} = 1,5$ maka diperlukan tambahan momen penahan (ΔM_r) yaitu sebesar:

- $\Delta M_r = 161,81 \text{ kN-m}$.

Untuk memenuhi tambahan momen $\Delta M_r = 161,81 \text{ kN-m}$, kebutuhan cerucuk dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2.20**. Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa jumlah cerucuk yang diperlukan adalah sebanyak:

- $n = 10$ buah cerucuk

Jadi jumlah cerucuk yang dipasang sebanyak 18 buah pada satu sisi jalan per meter panjang jalan segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) sudah cukup. Jadi perencanaan konstruksi pelebaran jalan yang telah dibuat adalah stabil atau tidak longsor walau jalan dilewati truk.

5.4 Besar Pemampatan Pada pelebaran Jalan

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa cerucuk kayu galam dipasang pada lapisan tanah dibawah pelebaran jalan untuk meningkatkan stabilitas konstruksi jalan yang dilebarkan. Selain itu, perlu juga dianalisis sejauh mana cerucuk tersebut dapat mengurangi pemampatan lapisan tanah dibawah pelebaran jalan. Untuk itu, besar pemampatan yang terjadi pada lapisan tanah lunak akibat beban timbunan dan lalu lintas pada pelebaran jalan (badan jalan dan bahu jalan) dan jalan eksisting juga dianalisis. Dari besar pemampatan yang terjadi dapat diketahui beda penurunan tanah (*differential settlement*) yang terjadi antara jalan eksisting dan pelebaran jalan. Parameter tanah yang digunakan untuk menghitung pemampatan tanah dibawah pelebaran jalan seperti yang telah diberikan pada **Tabel 4.2 dan Tabel 4.3** (untuk segmen jalan Sta. 0+000 – Sta. 2+450); sedang parameter tanah yang digunakan untuk menghitung pemampatan tanah dibawah pelebaran jalan seperti yang telah diberikan pada **Tabel 4.4 dan Tabel 4.5** (untuk segmen jalan Sta. 2+450 – Sta. 6+895).

5.4.1 Pemampatan Tanah pada Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

Untuk mengetahui fungsi cerucuk dalam mengurangi pemampatan lapisan tanah dibawah pelebaran jalan dan perbedaan penurunannya dengan jalan eksisting, maka akan dianalisis beda penurunan (*differential settlement*) untuk **kondisi tanpa dan dengan cerucuk** dibawah pelebaran jalan.

A. Pemampatan jalan eksisting dan pelebaran jalan tanpa cerucuk

Pemampatan pada sisi pelebaran jalan dan jalan eksisting dihitung dengan parameter tanah yang berbeda karena lapisan tanah dibawah jalan eksisting (-1,0 m s.d -5,0 m) telah mengalami pemampatan; jadi parameter yang digunakan seperti yang diberikan pada **Tabel 4.11**. Seding parameter lapisan tanah dibawah pelebaran jalan adalah data eksisting (**Tabel 4.2 dan Tabel 4.3**). Hasil perhitungan pemampatan tiap lapisan tanah di sisi pelebaran jalan dan jalan eksisting mulai -1,0 meter s.d -5,0 meter diberikan pada **Tabel 5.3**.

Dari **Tabel 5.3** tersebut dapat dilihat bahwa total pemampatan yang akan terjadi adalah:

- Dibawah jalan eksisting $S_c = 16,2$ cm

- Dibawah pelebaran jalan $S_c = 16,9$ cm
- Beda penurunan (*differential settlement*) $\Delta S_c = 0,7$ cm

Beda penurunan (*differential settlement*) tersebut menunjukkan bahwa pelebaran jalan akan turun sebesar 0,7 cm dibandingkan dengan jalan eksisting walaupun tanpa dipasang cerucuk.

Tabel 5.3 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Tanpa Cerucuk)

Kedalaman (m)	Pelebaran Jalan					Jalan Eksisting				
	$\Delta\sigma$	σ_0'	$\sigma_0' + \Delta\sigma$	σ_c'	Sc	$\Delta\sigma$	σ_0'	$\sigma_0' + \Delta\sigma$	σ_c'	Sc
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	m
1 - 2	24.965	1.500	26.465	21.500	0.081	24.965	2.060	27.025	22.060	0.076
2 - 3	20.784	6.500	27.284	26.500	0.026	20.784	8.722	29.506	28.722	0.030
3 - 4	17.837	11.500	29.337	31.500	0.021	17.837	15.341	33.178	35.341	0.017
4 - 5	15.349	16.500	31.849	36.500	0.015	15.349	21.941	37.291	41.941	0.012
		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 5 m			0,143		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 5 m			0.135
5 - 12		Σ Sc Lapisan tanah 5 – 12 m			0.026		Σ Sc Lapisan tanah 5 – 12 m			0.027
1 - 12		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 12 m			0,169		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 12 m			0,162

Sumber: Hasil Analisa

B. Pemampatan jalan eksisting dan pelebaran jalan dengan cerucuk

Mengingat cerucuk dipasang pada kedalaman -1,0 m s.d -5,0 m maka lapisan tanah setebal 4,0 meter dibawah pelebaran jalan tidak mengalami pemampatan; beban diatas pelebaran jalan langsung diteruskan oleh cerucuk ke kedalaman -5,0 meter. Dengan demikian maka pemampatan dibawah jalan eksisting setebal 4 meter (-1,0 m s.d -5,0 m) tidak dipengaruhi oleh beban akibat pelebaran jalan. Pemampatan pada kedalaman -5,0 s.d -12,0 m (setebal 7,0 m) disebabkan oleh beban gabungan jalan eksisting dan pelebaran jalan. Hasil perhitungan pemampatan tersebut diberikan pada **Tabel 5.4**.

Dari **Tabel 5.4** tersebut dapat dilihat bahwa total pemampatan yang akan terjadi adalah:

- Dibawah jalan eksisting $S_c = 17,3$ cm
- Dibawah pelebaran jalan $S_c = 10,6$ cm
- Beda penurunan (*differential settlement*) $\Delta S_c = 6,7$ cm

Beda penurunan (*differential settlement*) tersebut menunjukkan bahwa jalan eksisting akan turun sebesar 6,7 cm dibandingkan dengan pelebaran jalan. Hal ini terjadi karena lapisan tanah setebal 4,0 meter (-1,0 m s.d -5,0 m) dibawah jalan eksisting masih mengalami pemampatan sedang lapisan tanah setebal 4,0 m dibawah pelebaran jalan telah dipasang cerucuk kayu galam sehingga tidak mengalami pemampatan. Beda penurunan tanah sebesar 6,7 cm tersebut akan terjadi dalam waktu $t = 19,5$ tahun dimana pada tahun ke-1 akan terjadi sebesar 2,8 cm atau pada tahun ke-2 akan terjadi sebesar 5,5 cm.

Tabel 5.4 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Dengan Cerucuk)

Kedalaman (m)	Beban $\Delta\sigma$ akibat:		Beban Jalan $\Delta\sigma$ Gabungan	σ_0'	$\sigma_0' + \Delta\sigma$	σ_c'	Sc Jalan Eksisting	Sc Pelebaran Jalan
	Jalan Eksisting kN/m ²	Pelebaran Jalan kN/m ²						
1 - 2	11.395	0.000	11.395	2.060	13.455	22.060	0.042	0.000
2 - 3	7.547	0.000	7.547	8.722	16.270	28.722	0.014	0.000
3 - 4	5.459	0.000	5.459	15.341	20.801	35.341	0.007	0.000
4 - 5	4.121	0.000	4.121	21.941	26.062	41.941	0.004	0.000
5 - 6	3.203	27.444	30.647	28.531	59.177	48.531	0.035	0.035
6 - 7	2.672	26.769	29.440	35.688	65.129	55.688	0.025	0.025
7 - 8	2.252	25.032	27.283	43.994	71.277	63.994	0.018	0.018
8 - 9	2.097	22.708	24.804	52.297	77.101	72.297	0.013	0.013
9 - 10	1.722	20.326	22.047	60.598	82.645	80.598	0.008	0.008
10 - 11	1.680	18.154	19.834	69.472	89.306	89.472	0.004	0.004
11 - 12	1.466	16.270	17.737	79.495	97.231	99.495	0.003	0.003
Sc =							0.173	0.106

Sumber: Hasil Analisa

5.4.2 Pemampatan Tanah pada Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

A. Pemampatan jalan eksisting dan pelebaran jalan tanpa cerucuk

Pemampatan pada sisi pelebaran jalan dan jalan eksisting dihitung dengan parameter tanah yang berbeda karena lapisan tanah dibawah jalan eksisting (-1,0 m s.d -5,0 m) telah mengalami pemampatan; jadi parameter yang digunakan seperti yang diberikan pada **Tabel 4.13**. Sedang parameter lapisan tanah dibawah pelebaran jalan adalah data eksisting (**Tabel 4.4 dan Tabel 4.5**). Hasil perhitungan pemampatan tiap lapisan tanah di sisi pelebaran jalan dan jalan eksisting mulai -1,0 meter s.d -5,0 meter diberikan pada **Tabel 5.5**.

Dari **Tabel 5.5** tersebut dapat dilihat bahwa total pemampatan yang akan terjadi adalah:

- Dibawah jalan eksisting $S_c = 16,2 \text{ cm}$
- Dibawah pelebaran jalan $S_c = 18,1 \text{ cm}$
- Beda penurunan (*differential settlement*) $\Delta S_c = 1,9 \text{ cm}$

Beda penurunan (*differential settlement*) tersebut menunjukkan bahwa pelebaran jalan akan turun sebesar 1,9 cm dibandingkan dengan jalan eksisting walaupun tanpa dipasang cerucuk.

Tabel 5.5 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Tanpa Cerucuk)

Kedalaman (m)	Pelebaran Jalan					Jalan Eksisting				
	$\Delta\sigma$	σ_0'	$\sigma_0' + \Delta\sigma$	σ_c'	Sc	$\Delta\sigma$	σ_0'	$\sigma_0' + \Delta\sigma$	σ_c'	Sc
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	m
1 - 2	25.018	1.500	26.518	21.500	0.083	25.018	2.067	27.085	22.067	0.076
2 - 3	21.698	6.500	28.198	26.500	0.039	21.698	8.749	30.448	28.749	0.033
3 - 4	18.024	11.500	29.524	31.500	0.021	18.024	15.384	33.409	35.384	0.017
4 - 5	14.959	16.500	31.459	36.500	0.014	14.959	21.997	36.956	41.997	0.012
		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 5 m			0,157		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 5 m			0.138
5 - 12		Σ Sc Lapisan tanah 5 – 12 m			0.024		Σ Sc Lapisan tanah 5 – 12 m			0.024
1 - 12		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 12 m			0,181		Σ Sc Lapisan tanah 1 – 12 m			0,162

Sumber: Hasil Analisa

B. Pemampatan jalan eksisting dan pelebaran jalan dengan cerucuk

Mengingat cerucuk dipasang pada kedalaman -1,0 m s.d -5,0 m maka lapisan tanah setebal 4,0 meter dibawah pelebaran jalan tidak mengalami pemampatan; beban diatas pelebaran jalan langsung diteruskan oleh cerucuk ke kedalaman -5,0 meter. Dengan demikian maka pemampatan dibawah jalan eksisting setebal 4 meter (-1,0 m s.d -5,0 m) tidak dipengaruhi oleh beban akibat pelebaran jalan. Pemampatan pada kedalaman -5,0 s.d -12,0 m (setebal 7,0 m) disebabkan oleh beban gabungan jalan eksisting dan pelebaran jalan.

Dari **Tabel 5.6** tersebut dapat dilihat bahwa total pemampatan yang akan terjadi adalah:

- Dibawah jalan eksisting $S_c = 16,8$ cm
- Dibawah pelebaran jalan $S_c = 9,4$ cm
- Beda penurunan (*differential settlement*) $\Delta S_c = 7,4$ cm

Beda penurunan (*differential settlement*) tersebut menunjukkan bahwa jalan eksisting akan turun sebesar 7,4 cm dibandingkan dengan pelebaran jalan. Hal ini sama dengan kondisi jalan pada segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) dimana lapisan tanah setebal 4,0 meter (-1,0 m s.d -5,0 m) dibawah jalan eksisting masih mengalami pemampatan sedang lapisan tanah setebal 4,0 m dibawah pelebaran jalan telah dipasang cerucuk kayu galam sehingga tidak mengalami pemampatan. Beda penurunan tanah sebesar 7,4 cm tersebut akan terjadi dalam waktu $t = 20,7$ tahun dimana pada tahun ke-1 akan terjadi sebesar 3,7 cm atau pada tahun ke-2 akan terjadi sebesar 5,2 cm.

Tabel 5.6 Pemampatan Lapisan Tanah Dibawah Jalan Eksisting dan Dibawah Pelebaran Jalan (Kondisi Dengan Cerucuk)

Kedalaman (m)	Beban $\Delta\sigma$ akibat:		Beban Jalan $\Delta\sigma$ Gabungan	σ_0'	$\sigma_0' + \Delta\sigma$	σ_c'	Sc Jalan Eksisting	Sc Pelebaran Jalan
	Jalan Eksisting kN/m ²	Pelebaran Jalan kN/m ²						
1 - 2	12.311	0.000	12.311	2.067	14.378	22.067	0.043	0.000
2 - 3	9.814	0.000	9.814	8.749	18.564	28.749	0.017	0.000
3 - 4	7.698	0.000	7.698	15.384	23.082	35.384	0.009	0.000
4 - 5	6.200	0.000	6.200	21.997	28.197	41.997	0.006	0.000
5 - 6	5.098	26.479	31.577	28.596	60.174	48.596	0.037	0.037
6 - 7	4.442	24.764	29.206	35.186	64.392	55.186	0.028	0.028
7 - 8	3.755	21.518	25.273	42.918	68.190	62.918	0.012	0.012
8 - 9	3.320	18.252	21.572	52.949	74.521	72.949	0.007	0.007
9 - 10	3.057	15.536	18.593	62.977	81.570	82.977	0.004	0.004
10 - 11	2.655	13.391	16.046	73.003	89.049	93.003	0.003	0.003
11 - 12	2.484	11.703	14.187	83.027	97.214	103.027	0.002	0.002
Sc =							0.168	0.094

Sumber: Hasil Analisa

BAB 6

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan dan disajikan dalam **Bab 4** dan **Bab 5**, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jenis tanah di lokasi studi yaitu ruas Sp.3 Janas – STI (Sta.0+000 – Sta. 6+895) berturut-turut dari permukaan adalah tanah lempung organik, lempung, dan lempung kelanauan; jadi **bukan tanah gambut** seperti yang diasumsikan sebelumnya.
2. Daya dukung ijin 18 buah cerucuk kayu galam di pelebaran jalan segmen jalan aspal satu lapis (Sta.0+000 – Sta. 2+450) dan segmen jalan agregat (Sta. 2+450 - 6+895) sudah cukup aman dalam menerima beban pelebaran jalan dan beban lalu lintas.
3. Cerucuk kayu galam sebanyak 18 buah yang dipasang pada satu sisi pelebaran jalan per-meter panjang jalan sudah aman terhadap kelongsoran karena kebutuhan riil cerucuk yang diperlukan pada masing-masing segmen jalan yaitu segmen jalan aspal satu lapis (Sta.0+000 – Sta. 2+450) sebanyak 14 buah cerucuk dan segmen jalan agregat (Sta. 2+450 - 6+895) sebanyak 10 buah cerucuk.
4. Total pemampatan pada lapisan tanah dibawah jalan eksisting di segmen jalan aspal satu lapis (Sta.0+000 – Sta. 2+450) setebal 11,0 m (-1,0 s.d -12,0 m) adalah 17,3 cm; sedang total pemampatan pada lapisan tanah dibawah pelebaran jalan setebal 11,0 m (-1,0 s.d -12,0 m) adalah 10,6 cm. Total pemampatan pada lapisan tanah dibawah jalan eksisting di segmen jalan agregat (Sta. 2+450 - 6+895) setebal 11,0 m (-1,0 s.d -12,0 m) adalah 16,8 cm; sedang total pemampatan pada lapisan tanah dibawah pelebaran jalan setebal 11,0 m (-1,0 s.d -12,0 m) adalah 9,4 cm.
5. Beda penurunan tanah yang terjadi di ruas jalan Sp.3 Janas – STI (Sta. 0+000 – Sta. 6+895) adalah sebagai berikut:
 - a. Jalan eksisting pada segmen jalan aspal satu lapis (Sta.0+000 – Sta. 2+450) akan turun 6,7 cm lebih besar dibandingkan dengan penurunan di pelebaran jalan; jadi beda penurunan (*differential settlement*) adalah sebesar 6,7 cm; beda penurunan tersebut akan terjadi dalam waktu $t = 19,5$ tahun. Di akhir tahun ke-1 akan terjadi

beda penurunan sebesar 2,8 cm; sedang beda penurunan total tahun 1+2 adalah sebesar 5,5 cm.

- b. Hal yang sama terjadi pada segmen jalan agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895) dimana jalan eksisting akan turun 7,4 cm lebih besar dibandingkan dengan penurunan di pelebaran jalan; jadi beda penurunan (*differential settlement*) adalah sebesar 7,4 cm; beda penurunan tersebut akan terjadi dalam waktu $t = 20,7$ tahun. Di akhir tahun ke-1 akan terjadi beda penurunan sebesar 3,7 cm; sedang penurunan total tahun 1+2 adalah sebesar 5,2 cm.

6.2 Saran

Dari analisis yang dilakukan dalam studi ini ada hal-hal perlu diperhatikan yaitu:

1. Kayu galam apit yang digunakan untuk mengapit ujung cerucuk kayu galam (yang berada di permukaan tanah) harus dibuat kaku sehingga dapat berfungsi seperti poer pada pondasi. Hal tersebut untuk menjadikan kelompok kayu galam menjadi satu kesatuan dalam menahan beban vertikal diatasnya.
2. Geotextile woven harus dipasang di dasar timbunan pelebaran jalan yang berfungsi sebagai separator agar tanah timbunan tidak tercampur masuk kedalam tanah dasar yang konsistensinya sangat lembek.

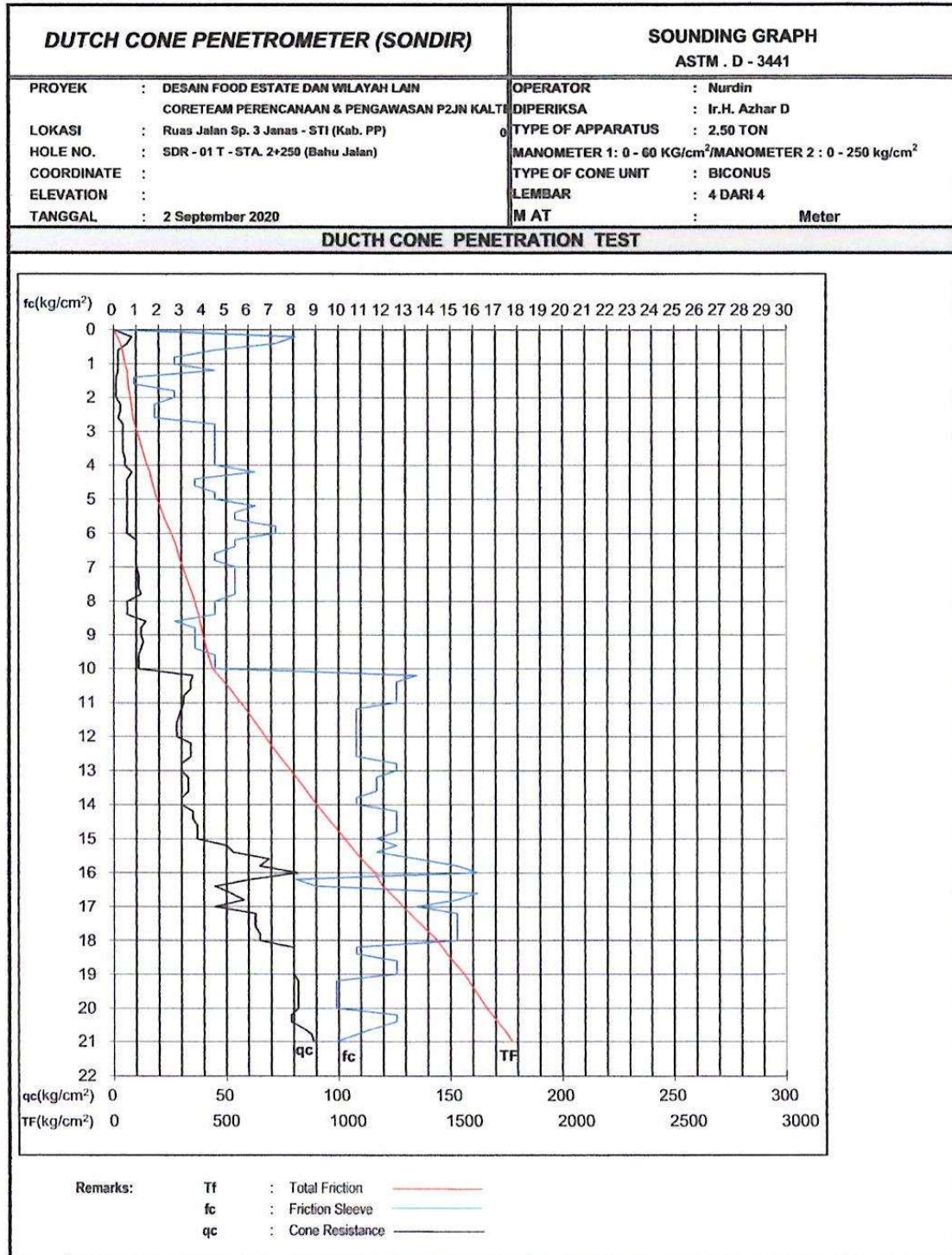
DAFTAR PUSTAKA

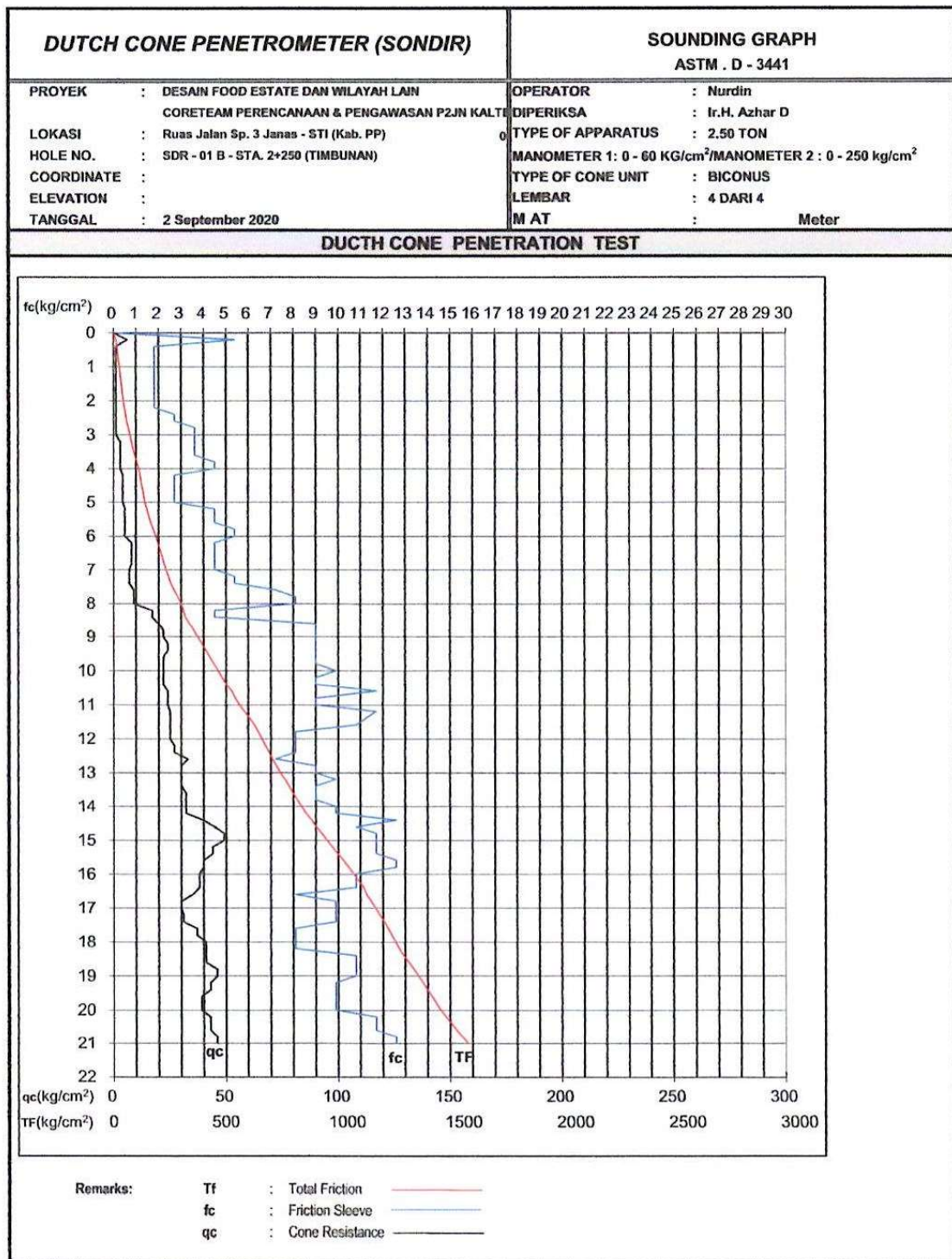
- Aditya, Bimo W. 2017. *Alternatif Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dan Timbunan pada Proyek Jalan Tol Pemalang - Batang Seksi IV Sta. 362+550 - Sta. 362+625*. Surabaya: Tugas Akhir (RC-14-1501) Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi 10 Nopember
- Anonim, 1971. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, PKKI 1961*. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Bowles, Joseph. E. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* - Diterjemahkan oleh Noor Endah Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* - Diterjemahkan oleh Noor Endah Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta: Erlangga
- Desiani, Asriwijanti. 2017. *Kajian Pengaruh Materi Organik Pada Sifat Fisis Tanah Lunak*. Jurnal Teknik Sipil Vol 13 (No. 1): 21-48
- Haq, Muhammad Faisal. 2017. *Perencanaan Timbunan dan Konstruksi Penahan Tanah Untuk Terminal Penumpang di Pelabuhan Bima, Nusa Tenggara Barat*. Surabaya: Tugas Akhir (RC-14-1501) Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi 10 Nopember
- Kosasih, Agustina dan Mochtar. 1997. *Pengaruh Kadar Air, Angka Pori, dan Batas Cair Tanah Lempung terhadap Harga Indeks Pemampatan Konsolidasi, Cc, dan Indeks Pengembangan, Cs*. Surabaya: Master Thesis Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi 10 Nopember
- Ma'ruf, dkk. 2016. *Tanah Gambut Berserat : Solusi Dan Permasalahannya Dalam Pembangunan Infrastruktur Yang Berwawasan Lingkungan*. Prosiding Seminar Nasional Geoteknik PS S1 Teknik Sipil Unlam Banjarmasin: ISBN : 978-602-6483-02-7

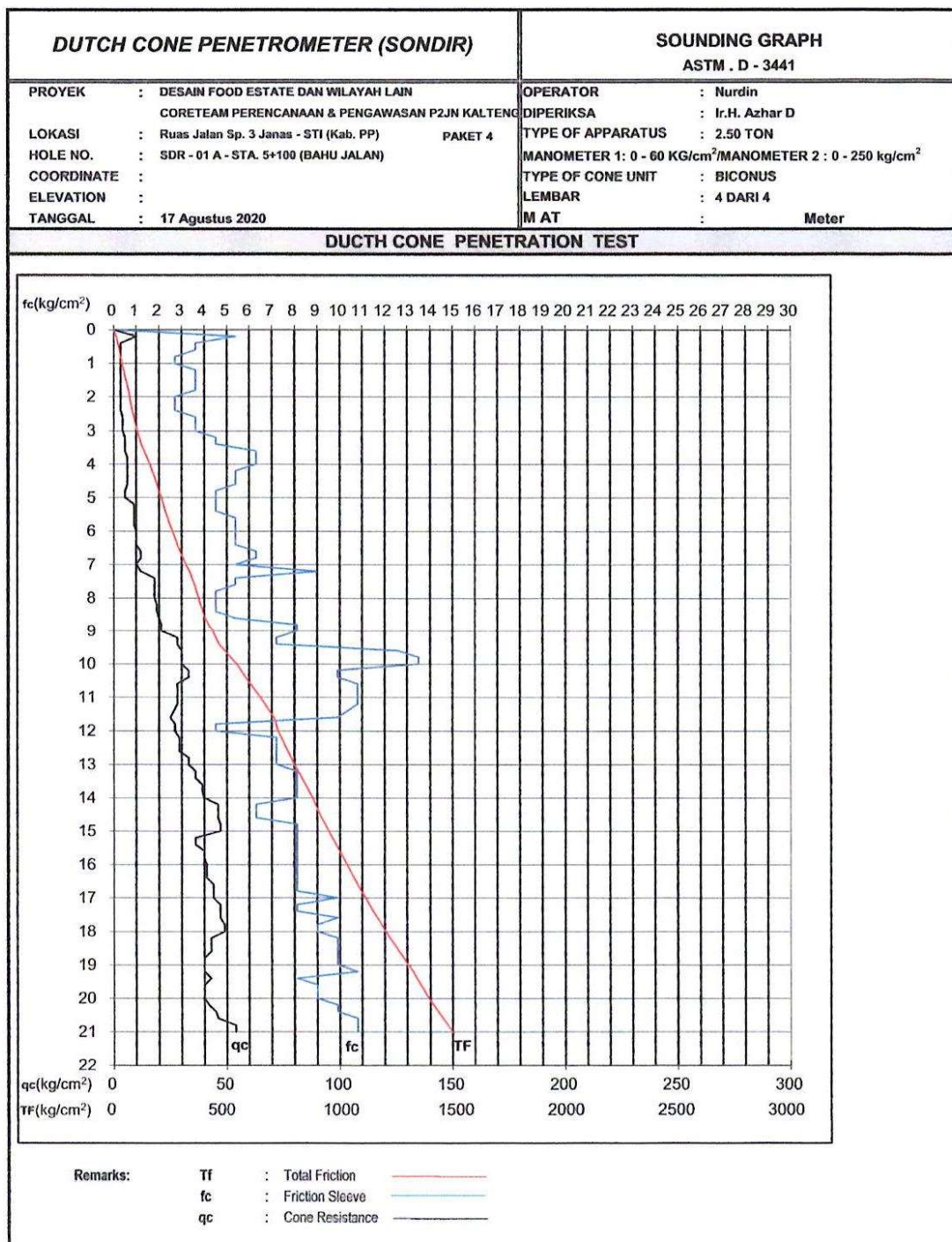
- Mochtar, Noor Endah. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah (RC09-1402)*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi 10 Nopember
- Mochtar, Noor Endah. *Handout Kuliah Metode Perbaikan Tanah*. Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi 10 Nopember
- Naval Facilities Engineering Command. 1986. *NAVFAC Design Manual 7.02 - Foundations & Earth Structures*. U.S. Government Printing Office
- Pedoman Kimpraswil. 2002. *Panduan Geoteknik 1 (Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak)*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Pedoman Kimpraswil. 2002. *Panduan Geoteknik 4 (Desain dan Konstruksi)*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta
- Standar Nasional Indonesia. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan, SNI-1725-2016*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional
- Siahaan, Logiray Pratikno. 2017. *Alternatif Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Timbunan pada Jalan Tol Palembang – Indralaya (Sta. 8+750 S/D Sta. 10+750)*. Surabaya: Tugas Akhir (RC-14-1501) Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi 10 Nopember
- Wahyuni, Fitria. 2016. *Pengaruh Filtrasi Terhadap Perilaku Tanah Gambut Yang Distabilisasi Dengan Fly Ash Dan Kapur Ca(OH)_2* . Tesis (RC-142501) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Wildan, Hamdi. 2010. *Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar Lunak dengan Pemakaian Cerucuk dan Geotextile untuk Konstruksi Jalan Akses Bandara Lombok*. Surabaya: Tugas Akhir (RC-09-1380) Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi 10 Nopember

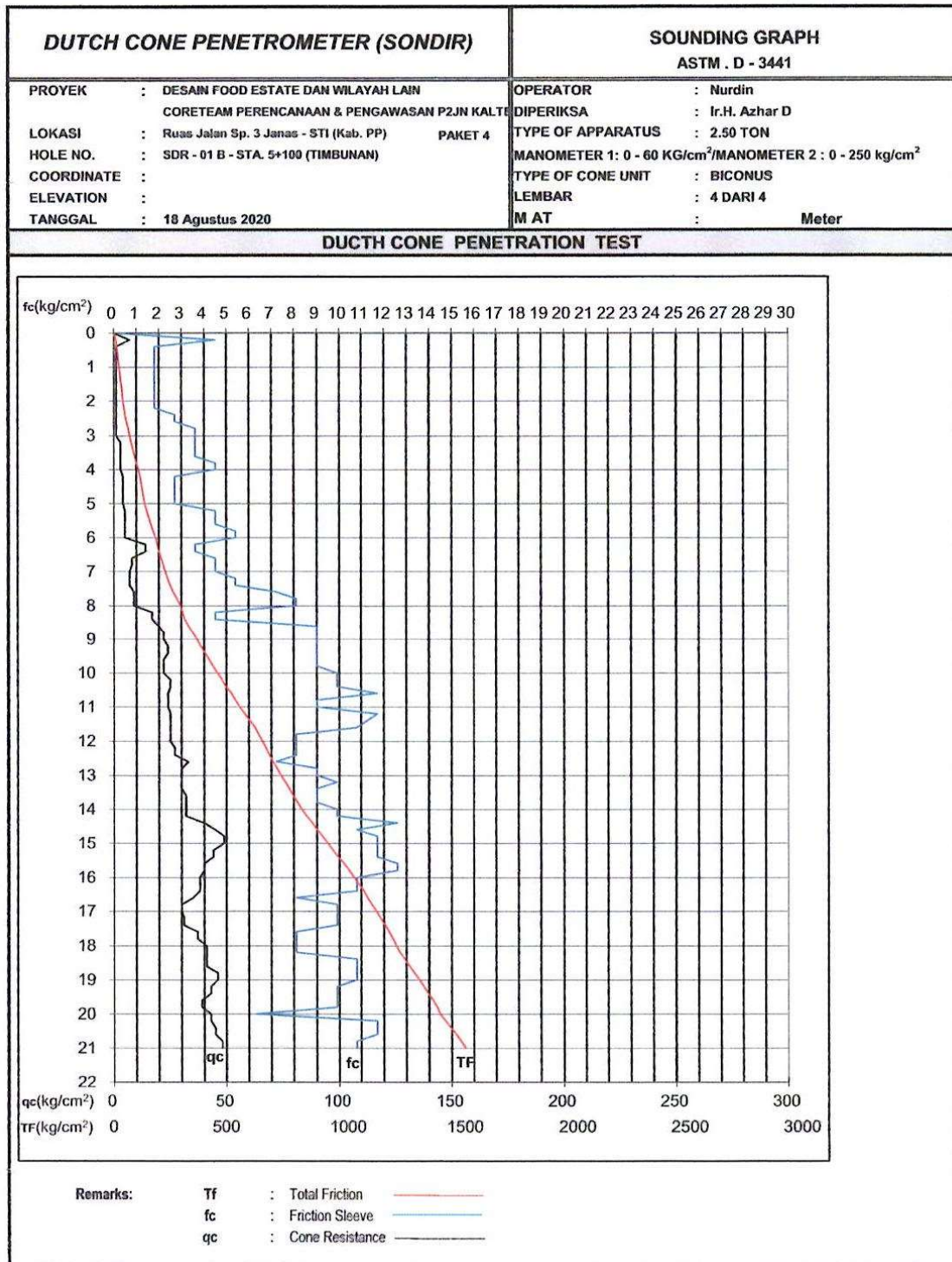
LAMPIRAN 1

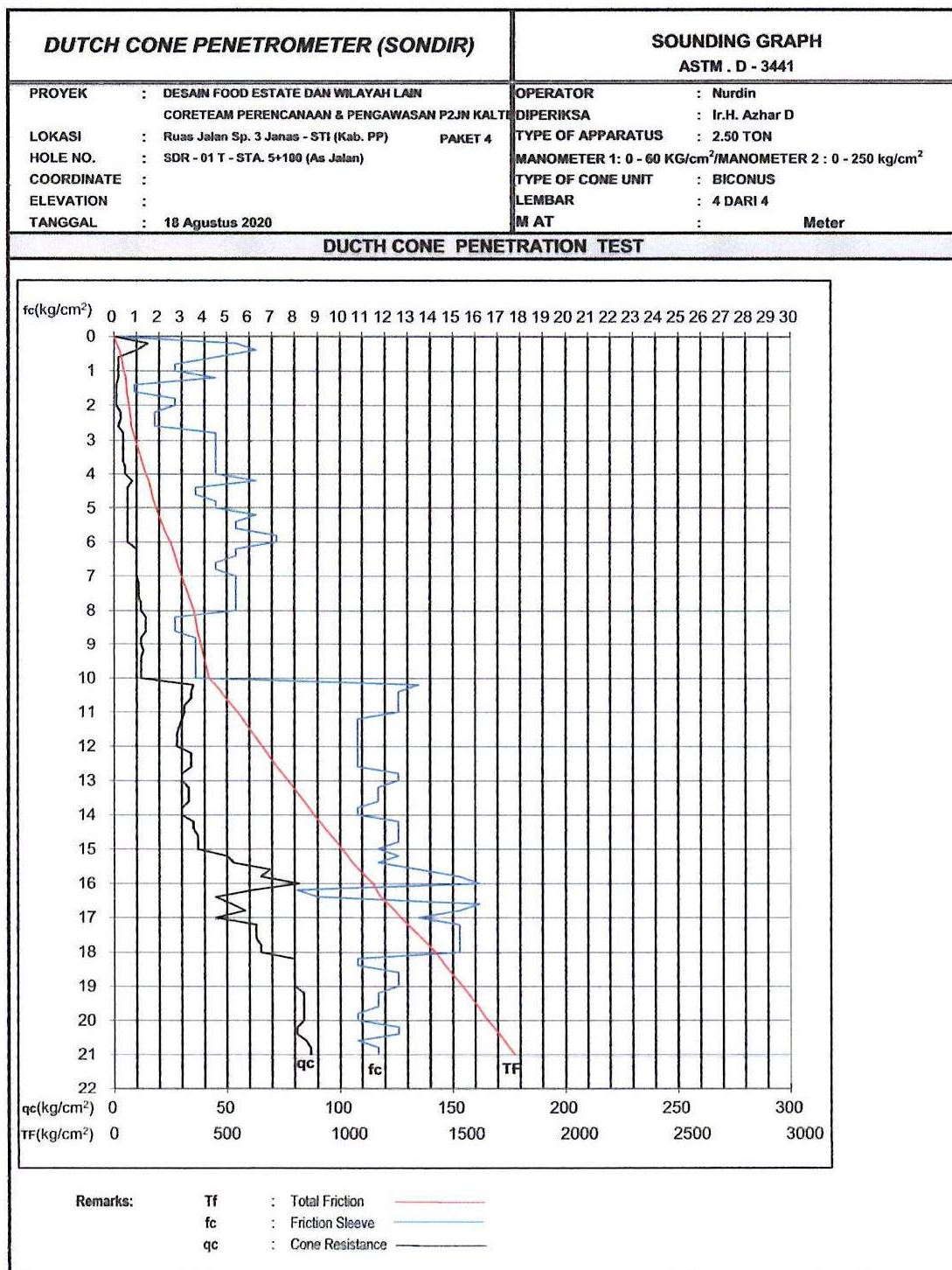
DATA SONDIR











LAMPIRAN 2

DATA BORING LAMA – JEMBATAN MUARA TAHAI

LOG BORE HOLE									
Project : Core Team Perencanaan dan Pengawasan (CT) P2JN Provinsi Kalimantan Tengah Location : JBT. Muara Tahai, Kab. Pulang Pisau Bore Hole No. : BH - 01 Depth : 30.00 meter Elevation : mdpl G.W.L : 3.0 meter Start of date : 08 Agustus 2020 Finish of date : 10 Agustus 2020 Coordinate : x Zone : y Type : Spindel YBM5 Master Bor : Samun S Chek By : Azhar Sheet : 1									
Date	G.W.L (m)	Depth (m)	Symbol	Description	Sample Core Barrel	Casing	N Value	SPT Graphic	CORE BOX PHOTOGRAPHY
08 Agustus 2020		0.00 - 1.50 m		Top Soil, lumpur lunak, abu-abu, sedikit akar tanaman, agak lembab, plastisitas sedang					
		3.00 - 3.50 m		UDS Sample			1		
		4.50 - 13.50 m		Lanau Lemungan, berwarna abu, agak lembab, konsistensi sangat lunak, mudah ditekan dengan tangan, plastisitas sedang			1		
		7.00 - 7.50 m		UDS Sample			1		
09 Agustus 2020		11.00 - 11.50 m		UDS Sample			1		
		13.50 - 15.00 m		Lanau organik, berwarna abu kehitaman, agak lembab, konsistensi lunak, mudah ditekan dengan tangan, plastisitas sedang			2		
		15.00 - 20.40 m		Lanau kepasiran, berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi lunak sampai teguh, mudah ditekan dengan tangan, plastisitas rendah - sedang			7		
		20.40 - 25.50 m		Lanau lempung berpasir, berwarna coklat keemasan, agak lembab, konsistensi teguh, mudah ditekan dengan tangan, plastisitas sedang			8		
10 Agustus 2020		25.50 - 30.00 m		Pasir halus, berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi sangat padat, agak sedikit ditekan dengan tangan, Non plastis sampai plastisitas rendah			54		
							60		
							60		
							60		

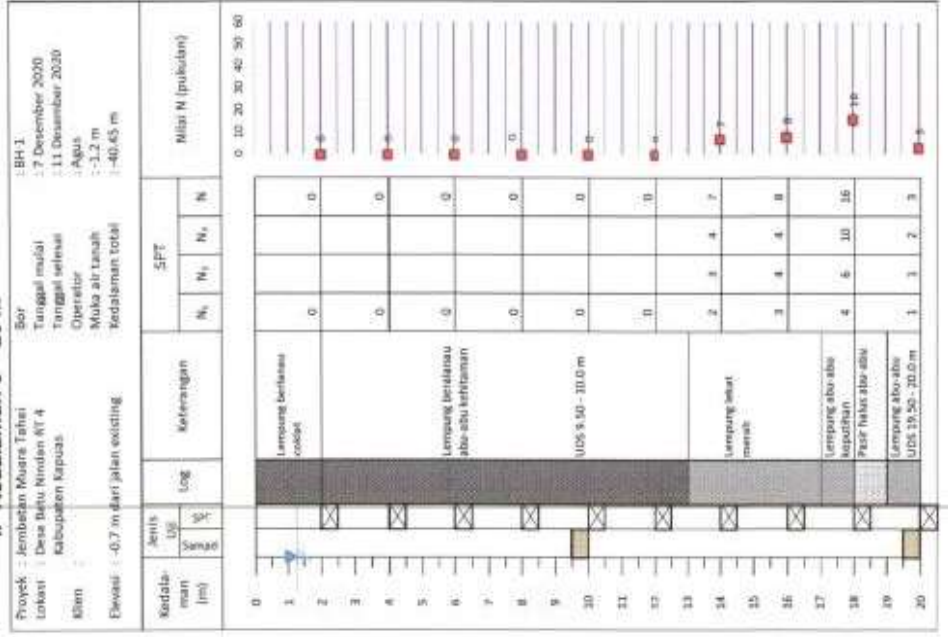
LOG BORE HOLE										
Project : Core Team Perencanaan dan Pengawasan (CT) P2JN Provinsi Kalimantan Tengah										
Location : JBT. Muara Tahai, Kab. Pulang Pisau Coordinate : x										
Bore Hole No. : BH - 02 y										
Depth : 30.00 meter Zone										
Elevation : mdpl Type : Spindel YBM5										
G.W.L. : 3.50 meter Master Bor : Samun S										
Start of date : 10 Agustus 2020 Check By : Azhar										
Finish of date : 12 Agustus 2020 Sheet : 1										
Date	G.W.L. (m)	Depth (m)	Symbol	Description	Sample	Core Barrel	Casing	SPT		CORE BOX PHOTOGRAPHY
								N Value	Graphic	
10 Agustus 2020		00		0.00 - 0.50 m Top Soil, lumpur lemas, abu-abu kecoklatan, sedikit akar tanaman, agak lunak, agak lembab, plastisitas sedang						
		01								
		02								
		03		3.00 - 3.50 m UDS Sample						
		04								
		05		0.50 - 10.40 m Lapisan kepasiran, berwarna abu kehitaman, agak lembab, sedikit organik, konsistensi sangat lunak, mudah ditekan dengan tangan, plastisitas sedang						
		06								
		07		7.00 - 7.50 m UDS Sample						
		08								
		09								
11 Agustus 2020		10		11.00 - 11.50 m UDS Sample						
		11								
		12		10.40 - 18.00 m Lapisan lumpur kepasiran, berwarna coklat kemerahan, agak lembab, konsistensi teguh, mudah ditekan dengan tangan, plastisitas rendah - sedang						
		13								
		14								
		15								
		16								
		17								
		18								
		19		18.00 - 23.50 m Lempung berpasir, berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi teguh, mudah ditekan dengan tangan, plastisitas sedang						
12 Agustus 2020		20								
		21								
		22								
		23								
		24		23.50 - 30.00 m Pasir halus, berwarna abu-abu, agak lembab, konsistensi sangat padat, agak sulit ditekan dengan tangan, Non plastis sampai plastisitas rendah						
		25								
		26								
		27								
		28								
		29								

LAMPIRAN 3

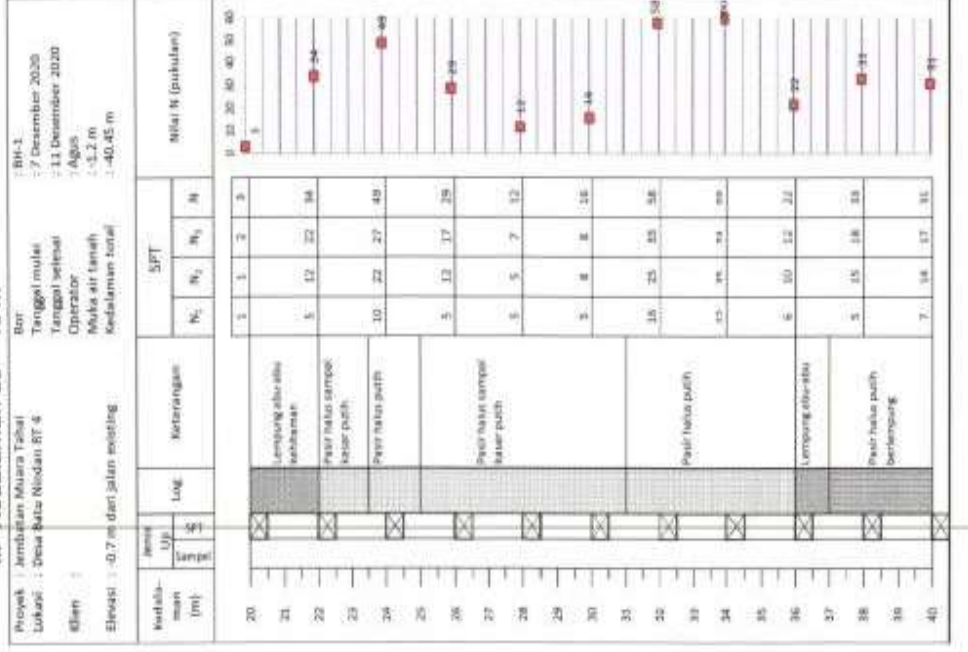
DATA BORING BARU – JEMBATAN MUARA TAHAI

1. BH-1

i. Kedalaman 0 – 20 m



ii. Kedalaman 20 – 40 m



2. BH-2

i. Kedalaman 0 – 20 m

Proyek : Jembatan Muara Tahai		Bor : BH-2	
Lokasi : Desa Batu Nindan RT 4		Tanggal mulai : 12 Desember 2020	
Kabupaten Kapuas		Tanggal selesai : 16 Desember 2020	
Klien :		Operator : Agus	
Elevasi : Menurun -0.6 m dari jalan		Muka air tanah : -1.15 m	
		Kedalaman total : -40.45 m	

Kedalaman (m)	Jenis Uji	Log	Keterangan	SPT			Nilai N (pukulan)
				N ₁	N ₂	N ₃	
0			Lempung coklat				
1							
2			Lempung berlanau abu abu	0	0	0	0
3							
4				0	0	0	0
5							
6			Lempung berlanau coklat	0	0	0	0
7							
8			Lempung berlanau abu abu	0	0	0	0
9							
10				2	3	3	6
11							
12			Lempung merah	2	2	3	5
13							
14			Lempung abu-abu	1	2	2	4
15			Lempung merah				
16			Lempung abu-abu lepuhan	3	3	3	6
17			Pasir halus campur kasar				
18				2	3	4	7
19							
20			Lempung coklat	2	3	4	7

ii. Kedalaman 20 – 40 m

Proyek : Jembatan Muara Tahai Lokasi : Desa Batu Nindan RT 4		Bor : BH-2 Tanggal mulai : 12 Desember 2020 Tanggal selesai : 16 Desember 2020 Operator : Agus Muka air tanah : -1.15 m Kedalaman total : -40.45 m					
Klien :	Elevasi : Menurun -0.6 m dari jalan						
Kedalaman (m)	Jenis Uji	Log	Keterangan	SPT			Nilai N (pukulan)
				N ₁	N ₂	N ₃	
20			Lempung coklat	2	3	4	7
21							
22			UCS 21.50 - 22.0 m	4	6	10	16
23							
24				13	16	22	38
25							
26			DS 25.50 - 26.0 m	20	34	23	57
27							
28			Pasir halus putih	10	22	21	43
29							
30				9	30	28	58
31							
32				14	20	24	44
33							
34			Pasir kasar-halus putih	6	14	15	29
35							
36			Pasir kasar putih	11	60	60	120
37							
38			Pasir halus putih berlempung	7	11	13	24
39							
40				5	10	14	24

RESUME PENGUJIAN UNDISTURBED TITIK BORING BARU – JEMBATAN MUARA TAHAI

Tabel 3: Sifat-sifat dasar sampel tanah

Titik Bor	Kedalaman (m)	w	γ	G_s	LL	PL	PI	Jenis Tanah
		(%)	tonf/m ³		(%)	(%)	(%)	
BH-1	9.50-10.00 m	87.80	1.38	2.43	43.8515	28.438	15.4135	ML & OL
	19.50-20.00 m	46.19	1.16	2.06	73.0702	40.697	32.3729	MH & OH
BH-2	21.50-22.00 m	40.78	1.71	2.21	45.4901	29.532	15.9585	ML & OL
	25.50-26.00 m	24.65	1.84	2.52	Sampel berbutir			Pasir

Tabel 4: Kekuatan geser sampel tanah

Titik Bor	Kedalaman	Geser					
		UCT			DST		
		q_u -undist. (kg/cm ²)	q_u -dist. (kg/cm ²)	S_t	c_u (kg/cm ²)	c_u (kg/cm ²)	ϕ (°)
BH-1	9.50-10.00 m	0.05	0.03	1.52	0.02	0.00	11.53
	19.50-20.00 m	0.62	0.12	5.27	0.31	0.02	9.37
BH-2	21.50-22.00 m	0.29	0.17	1.74	0.15	0.22	2.92
	25.50-26.00 m	Sampel berbutir				0.00	31.15

LAMPIRAN 4

DAYA DUKUNG CERUCUK DALAM MENAHAN BEBAN VERTIKAL

1) **Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)**

PERHITUNGAN DAYA DUKUNG VERTIKAL CERCUK KAYU GALAM
Ruas Jln. Sp. 3 Janas - STI (SEGMENT ASPAL 1 LAPIS)

Data :

1. Data Sondir 1 (STA. 2+250 BAHU JALAN)

Depth	m	qc	MPa
		kg/cm ²	kg/cm ²
0		-	-
0.2		8.00	16.20
0.4		5.00	10.10
0.6		3.00	6.00
0.8		2.00	4.00
1	2.00	50.40	45.00
1.2	2.00	59.40	
1.4	1.00	61.20	
1.6	1.00	63.00	
1.8	1.00	68.40	
2	3.00	77.40	
2.2	3.00	77.40	
2.4	3.00	81.00	
2.6	2.00	84.60	
2.8	4.00	103.60	
3	4.00	102.60	
3.2	4.00	111.60	
3.4	4.00	120.60	
3.6	5.00	138.60	
3.8	5.00	147.60	
4	5.00	147.60	
4.2	8.00	160.20	
4.4	6.00	167.40	
4.6	6.00	174.60	
4.8	6.00	183.60	
5	6.00	192.60	
5.2	6.00	201.60	
5.4	6.00	210.60	
5.6	6.00	226.80	
5.8	6.00	241.20	
6	6.00	255.60	
6.2	10.00	266.40	
6.4	10.00	277.20	
6.6	10.00	286.20	
6.8	10.00	293.20	
7	10.00	306.00	

2. Panjang Cerucuk Galam (L) =
3. Diameter Cerucuk Galam (d) =
4. Jarak Cerucuk Galam (s) =
5. Tebal Pasir Urug =
6. Tebal Sirtu =
7. Tebal Timbunan Pilihan =

Year	Population (millions)
1990	10.00
1995	9.50
2000	10.50
2005	10.40
2010	10.50

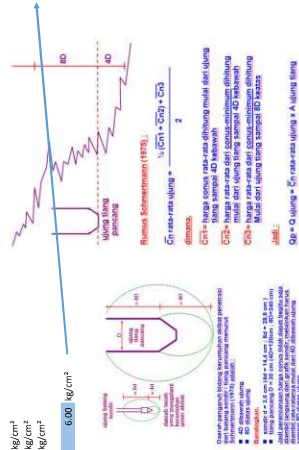
kedalaman	qc
4	5.00
4.2	8.00
4.4	6.00
4.6	6.00
4.8	6.00
5	6.00
5.2	6.00
5.4	6.00

Dulung conus =

Cn3
Cn2
Cn1

Rata2 qc 8D minimum=	6.00	kg/cm ²
Rata2 qc 4D minimum=	6.00	kg/cm ²
Rata2 QC 4D =	6.00	kg/cm ²

Maka qc rata-rata ujung =



4.00 m
12 - 9 cm
0.30 m
0.20 m
0.125 m
0.60 m

PERHITUNGAN SATU DIAMETER

6 50 60

Depth_m	Diameter_cm	Luss[A] cm2	qe = qc x A (t)	Keilling cm	Zmp	qs = Keilling x JHP (t) (kg)	total = qe + qs (t x 2)
0							
0.2							
0.4							
0.6							
0.8							
1	9	63.62	127.23	28.27	50.40	1425.03	1552.26
1.2	9	63.62	127.23	28.27	59.49	1675.55	1802.78
1.4	9	63.62	63.62	28.27	61.70	1730.39	1888.64
1.6	9	63.62	63.62	28.27	63.00	1781.28	1948.84
1.8	9	63.62	63.62	28.27	64.30	1832.17	2009.04
2	9	63.62	63.62	28.27	65.60	1883.06	2069.24
2.2	9	63.62	140.85	28.27	77.40	2188.43	2277.60
2.4	9	63.62	190.85	28.27	81.00	2260.22	2371.58
2.6	9	63.62	127.23	28.27	84.60	2390.21	2511.88
2.8	9	63.62	254.47	28.27	93.60	2666.48	2843.11
3	9	63.62	254.47	28.27	107.60	2909.95	3161.42
3.2	9	63.62	254.47	28.27	111.60	2953.42	3358.42
3.4	9	63.62	254.47	28.27	115.60	3000.89	3545.42
3.6	9	63.62	254.47	28.27	119.60	3048.36	3732.42
3.8	9	63.62	318.09	28.27	128.60	3368.82	3943.03
4	9	63.62	318.09	28.27	137.60	3479.29	4091.38
4.2	9	63.62	308.94	28.27	160.70	4529.55	4682.23
4.4	9	63.62	381.70	28.27	167.40	4733.12	4955.00
4.6	9	63.62	381.70	28.27	174.60	4935.76	5255.00
4.8	9	63.62	381.70	28.27	181.80	5138.40	5555.00
5	9	63.62	381.70	28.27	195.60	5445.64	5852.72
5.2							
5.4							

$$(\alpha \times \Delta \mu)_{\text{ring}} + (\text{HP} \times \text{Kellring})$$

5827.34 kg 5445.63671

Figure 1

$$\text{Beban timbunan bahu + pelepasan} = 2.717 \text{ t/m}^2$$

0.979

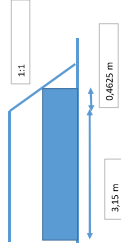
5.705 ton -> DAYA DUKUNG IJIN TIANG CERUCUK DALAM KELOMPOK DED P2IN

$$\text{Qkelompok} / \text{SF (3)}$$

ang/1 meter =

1.10 -> AMAN

1.10 -> AMAN



2) Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

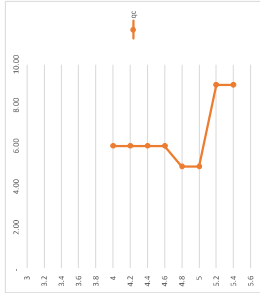
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG VERTIKAL CERBUK KAYU GALAM
Ruas Jln. Sp. 3 Janas - STI (SEGMENT AGREGAT)

Data :

1. Data Samping 2 (Sta. 5+100 BAHU JALAN)

Depth m	qc kg/cm²	HPH kg/cm
0		
0.2	10.00	193.80
0.4	3.00	18.00
0.6	3.00	25.20
0.8	3.00	30.60
1	3.00	36.00
1.2	3.00	43.20
1.4	3.00	50.40
1.6	3.00	57.60
1.8	3.00	64.80
2	3.00	70.20
2.2	3.00	75.60
2.4	3.00	81.00
2.6	4.00	88.20
2.8	4.00	95.40
3	4.00	102.60
3.2	5.00	111.60
3.4	5.00	120.60
3.6	5.00	133.20
3.8	6.00	145.80
4	6.00	158.40
4.2	6.00	171.00
4.4	6.00	183.60
4.6	6.00	196.20
4.8	5.00	198.60
5	5.00	208.50
5.2	9.00	217.80
5.4	9.00	226.50
5.6	9.00	235.20
5.8	9.00	248.20
6	10.00	259.20
6.2	10.00	270.20
6.4	10.00	280.80
6.6	12.00	293.40
6.8	12.00	306.00
7	10.00	316.80

2. Panjang Cerbuk Galam (L) =
12 - 9 cm
3. Diameter Cerbuk Galam (d) =
0.30 m
4. Jarak Cerbuk Galam (b) =
0.30 m
5. Tebal Pasir Urug =
0.25 m
6. Tebal Timbunan Pilihan =
0.60 m

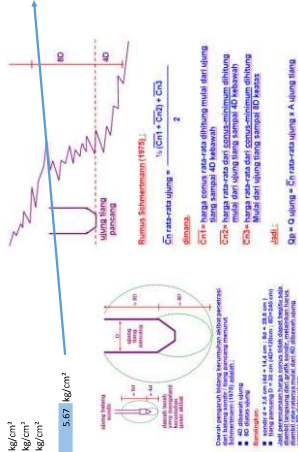


kedalaman	qc
4	6.00
4.2	5.00
4.4	6.00
4.6	6.00
4.8	5.00
5	5.00
5.2	9.00
5.4	9.00

D ujung conus =
80 = 72 cm
40 = 36 cm

C13 5.00 kg/cm²
C12 5.00 kg/cm²
C11 7.67 kg/cm²

Maka qc rata-rata ujung =



85

LAMPIRAN 5

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN

Hasil Analisis Stabilitas Timbunan di Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

NO	NAMA	INITIATION		TERMINATION	
1	JRK1B3-2	10	15	20.9	25.9
2	JRK1B3-3	10	15	23.4	28.4
3	JRK1B3-4	12.5	17.5	20.9	25.9
4	JRK1B3-5	12.5	17.5	23.4	28.4
5	JRK1B3-6	15	20	20.9	25.9

OUTPUT JRK1B3-2

NO	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius (m)	Initial Terminal		Resisting Moment (kN-m)
		x-coord (m)	y-coord (m)		x-coord (m)	x-coord (m)	
1	1.145	18.78	24.18	6.02	14.44	23.83	721.00
2	1.255	19	24.25	6.23	14.44	24.24	785.70
3	1.257	18.84	25.19	6.8	14.44	24.11	808.80
4	1.429	18.58	24.9	7.18	13.33	24.54	1041.00
5	1.46	18.94	23.61	5.35	15	23.55	854.20
6	1.534	19.45	24.88	7	14.44	25.2	965.20
7	1.555	18.02	25.45	7.96	12.22	24.55	1274.00
8	1.57	18.52	27.66	8.95	13.89	24.39	1100.00
9	1.585	18.5	26.73	8.49	13.33	24.66	1174.00
10	1.606	19.94	24.71	6.82	15	25.6	931.50

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	4.18	1.84
2	4.25	1.98
3	5.19	1.61
4	4.9	2.28
5	3.61	1.74
6	4.88	2.12
7	5.45	2.51
8	7.66	1.29
9	6.73	1.76
10	4.71	2.11

OUTPUT JRK1B3-3

NO	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius (m)	Initial Terminal		Resisting Moment (kN-m)
		x-coord (m)	y-coord (m)		x-coord (m)	x-coord (m)	
1	1.069	19.05	23.88	5.61	15	23.8	628.60
2	1.298	18.57	25.09	6.91	13.89	24.06	880.60
3	1.326	18.48	24.91	6.72	13.89	23.86	900.50
4	1.338	19.28	25.33	6.84	15	24.49	790.80
5	1.358	18.01	24.97	7.21	12.78	23.96	1040.00
6	1.492	17.99	26.45	8.3	12.78	24.15	1161.00
7	1.495	18.78	27.3	8.49	14.44	24.35	977.60
8	1.525	17.49	25.88	8.27	11.67	24.1	1317.00
9	1.564	18.66	23.98	5.79	14.44	23.57	987.40
10	1.597	18.12	25.55	8.1	12.22	24.75	1317.00

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	3.88	1.73
2	5.09	1.82
3	4.91	1.81
4	5.33	1.51
5	4.97	2.24
6	6.45	1.85
7	7.3	1.19
8	5.88	2.39
9	3.98	1.81
10	5.55	2.55

OUTPUT JRK1B3-4

NO	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius (m)	Initial Terminal		Resisting Moment (kN-m)
		x-coord (m)	y-coord (m)		x-coord (m)	x-coord (m)	
1	0.908	20.14	22.88	4.3	16.94	23.95	384.00
2	1.1	19.97	23.46	4.6	16.94	23.79	476.20
3	1.154	19.76	23.58	5.31	15.83	24.34	580.60
4	1.22	19.92	22.75	4.05	16.94	23.51	527.80
5	1.222	20.43	25.43	6.17	17.5	24.62	489.60
6	1.239	19.68	24.91	6.24	15.83	24.46	649.00
7	1.245	20.07	22.22	3.4	17.5	23.18	488.80
8	1.26	19.22	24.15	6.12	14.72	24.4	763.30
9	1.322	20.65	23.52	5.11	16.94	25.03	526.10
10	1.378	19.63	24.81	6.49	15.28	24.8	770.60

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	2.88	1.42
2	3.46	1.14
3	3.58	1.73
4	2.75	1.3
5	5.43	0.74
6	4.91	1.33
7	2.22	1.18
8	4.15	1.97
9	3.52	1.59
10	4.81	1.68

OUTPUT JRK1B3-5

NO	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius (m)	Initial Terminal		Resisting Moment (kN-m)
		x-coord (m)	y-coord (m)		x-coord (m)	x-coord (m)	
1	0.795	20.32	22.59	3.83	17.5	23.75	301.50
2	0.974	19.74	23.48	4.83	16.39	23.82	465.00
3	0.988	19.82	23.63	4.99	16.39	23.99	470.00
4	1.06	20.51	23.62	4.71	17.5	24.35	388.50
5	1.071	19.26	23.7	5.43	15.28	23.91	600.50
6	1.111	20.03	25.05	5.91	16.94	24.24	491.00
7	1.139	19.94	22.72	4.05	16.94	23.54	491.30
8	1.166	19.93	22.81	4.1	16.94	23.56	502.60
9	1.175	19.24	24.8	6.23	15.28	24.08	667.70
10	1.228	18.74	24.53	6.44	14.17	24.05	809.50

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	2.59	1.24
2	3.48	1.35
3	3.63	1.36
4	3.62	1.09
5	3.7	1.73
6	5.05	0.86
7	2.72	1.33
8	2.81	1.29
9	4.8	1.43
10	4.53	1.91

OUTPUT JRK1B3-6

NO	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius (m)	Initial Terminal		Resisting Moment (kN-m)
		x-coord (m)	y-coord (m)		x-coord (m)	x-coord (m)	
1	0.543	21.54	21.25	1.98	20	23.49	93.69
2	0.592	21.6	21.76	2.38	20	23.81	105.80
3	0.791	20.94	21.7	2.67	18.89	23.47	212.80
4	0.814	21.37	22.89	3.48	19.44	24.22	184.70
5	0.886	20.84	23.04	3.94	18.33	24.14	270.90
6	0.952	20.36	22.78	4.19	17.22	24.1	368.40
7	0.985	21.6	22.34	3.18	19.44	24.42	190.70
8	1.028	21.13	22.44	3.71	18.33	24.49	292.20
9	1.043	21.4	21.24	1.87	20	23.22	196.70
10	1.052	20.77	23.19	4.37	17.78	24.49	361.00

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	1.25	0.73
2	1.76	0.62
3	1.7	0.97
4	2.89	0.59
5	3.04	0.9
6	2.78	1.41
7	2.34	0.84
8	2.44	1.27
9	1.24	0.63
10	3.19	1.18

Hasil Analisis Stabilitas Timbunan di Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

NO	NAMA	INITIATION		TERMINATION	
1	JRK1B3-2	10	15	20.9	25.9
2	JRK1B3-3	10	15	23.4	28.4
3	JRK1B3-4	12.5	17.5	20.9	25.9
4	JRK1B3-5	12.5	17.5	23.4	28.4
5	JRK1B3-6	15	20	20.9	25.9

OUTPUT JRK1B3-2

NO	FOS	Circle Center		Radius	Initial Terminal		Resisting Moment
	(BISHOP)	x-coord	y-coord		x-coord	x-coord	
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN-m)
1	1.244	19	24.25	6.23	14.44	24.24	786.30
2	1.275	18.84	25.19	6.8	14.44	24.11	809.80
3	1.319	18.78	24.18	6.02	14.44	23.83	834.80
4	1.423	18.58	24.9	7.18	13.33	24.54	1042.00
5	1.536	19.45	24.88	7	14.44	25.2	966.00
6	1.549	18.02	25.45	7.96	12.22	24.55	1274.00
7	1.597	18.5	26.73	8.49	13.33	24.66	1175.00
8	1.603	19.94	24.71	6.82	15	25.6	932.20
9	1.646	18.43	26.36	8.51	12.78	24.95	1302.00
10	1.657	18.94	23.61	5.35	15	23.55	973.10

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	4.25	1.98
2	5.19	1.61
3	4.18	1.84
4	4.9	2.28
5	4.88	2.12
6	5.45	2.51
7	6.73	1.76
8	4.71	2.11
9	6.36	2.15
10	3.61	1.74

OUTPUT JRK1B3-3

NO	FOS	Circle Center		Radius	Initial Terminal		Resisting Moment
	(BISHOP)	x-coord	y-coord		x-coord	x-coord	
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN-m)
1	1.274	19.05	23.88	5.61	15	23.8	747.60
2	1.292	18.57	25.09	6.91	13.89	24.06	881.30
3	1.32	19.28	25.33	6.84	15	24.49	791.60
4	1.358	18.01	24.97	7.21	12.78	23.96	1041.00
5	1.489	17.99	26.45	8.3	12.78	24.15	1163.00
6	1.527	17.49	25.88	8.27	11.67	24.1	1318.00
7	1.547	18.48	24.91	6.72	13.89	23.86	1054.00
8	1.596	18.12	25.55	8.1	12.22	24.75	1318.00
9	1.612	19.29	25.05	7.4	13.89	25.41	1105.00
10	1.632	19.72	26.04	7.66	15	25.4	973.40

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	3.88	1.73
2	5.09	1.82
3	5.33	1.51
4	4.97	2.24
5	6.45	1.85
6	5.88	2.39
7	4.91	1.81
8	5.55	2.55
9	5.05	2.35
10	6.04	1.62

OUTPUT JRK1B3-4

NO	FOS	Circle Center		Radius	Initial Terminal		Resisting Moment
	(BISHOP)	x-coord	y-coord		x-coord	x-coord	
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN-m)
1	0.911	20.14	22.88	4.3	16.94	23.95	384.30
2	1.135	19.76	23.58	5.31	15.83	24.34	581.00
3	1.226	19.68	24.91	6.24	15.83	24.46	649.70
4	1.226	20.43	25.43	6.17	17.5	24.62	490.70
5	1.247	19.22	24.15	6.12	14.72	24.4	763.90
6	1.274	20.65	23.52	5.11	16.94	25.03	526.40
7	1.289	20.07	22.22	3.4	17.5	23.18	487.70
8	1.313	19.97	23.46	4.6	16.94	23.79	579.60
9	1.377	19.63	24.81	6.49	15.28	24.8	771.40
10	1.421	19.92	22.75	4.05	16.94	23.51	617.00

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	2.88	1.42
2	3.58	1.73
3	4.91	1.33
4	5.43	0.74
5	4.15	1.97
6	3.52	1.59
7	2.22	1.18
8	3.46	1.14
9	4.81	1.68
10	2.75	1.3

OUTPUT JRK1B3-5

NO	FOS	Circle Center		Radius	Initial Terminal		Resisting Moment
	(BISHOP)	x-coord (m)	y-coord (m)		x-coord (m)	x-coord (m)	
1	0.911	20.32	22.59	3.83	17.5	23.75	352.10
2	0.982	19.82	23.63	4.99	16.39	23.99	470.50
3	1.024	20.51	23.62	4.71	17.5	24.35	388.80
4	1.061	19.26	23.7	5.43	15.28	23.91	600.90
5	1.19	19.24	24.8	6.23	15.28	24.08	677.70
6	1.193	19.74	23.48	4.83	16.39	23.82	567.80
7	1.241	18.74	24.53	6.44	14.17	24.05	810.20
8	1.32	19.35	24.27	6.3	14.72	24.67	808.60
9	1.37	20.03	25.05	5.91	16.94	24.24	608.20
10	1.375	19.94	22.72	4.05	16.94	23.54	595.10

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	2.59	1.24
2	3.63	1.36
3	3.62	1.09
4	3.7	1.73
5	4.8	1.43
6	3.48	1.35
7	4.53	1.91
8	4.27	2.03
9	5.05	0.86
10	2.72	1.33

OUTPUT JRK1B3-6

NO	FOS	Circle Center		Radius	Initial Terminal		Resisting Moment
	(BISHOP)	x-coord (m)	y-coord (m)		x-coord (m)	x-coord (m)	
1	0.593	21.6	21.76	2.38	20	23.81	106.00
2	0.709	21.54	21.25	1.98	20	23.49	130.60
3	0.816	21.37	22.89	3.48	19.44	24.22	185.10
4	0.849	20.84	23.04	3.94	18.33	24.14	271.10
5	0.927	20.36	22.78	4.19	17.22	24.1	368.60
6	0.954	21.6	22.34	3.18	19.44	24.42	190.90
7	0.977	21.13	22.44	3.71	18.33	24.49	292.20
8	0.987	20.94	21.7	2.67	18.89	23.47	274.10
9	1.017	20.77	23.19	4.37	17.78	24.49	361.20
10	1.019	21.4	21.24	1.87	20	23.22	202.30

Kedalaman bidang longsor

No	Tinggi titik O	Kedalaman Bidang Longsor
1	1.76	0.62
2	1.25	0.73
3	2.89	0.59
4	3.04	0.9
5	2.78	1.41
6	2.34	0.84
7	2.44	1.27
8	1.7	0.97
9	3.19	1.18
10	1.24	0.63

LAMPIRAN 6

DAYA DUKUNG CERUCUK DALAM MENAHAN BEBAN HORIZONTAL

1) Segmen Jalan Aspal Satu Lapis (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

PERHITUNGAN KEKUATAN CERUCUK DALAM MENAHAN BEBAN HORIZONTAL (Ph) DAN KEBUTUHAN CERUCUK

2+250 Bahu dan Pelebaran Badan Jalan

Panjang Cerucuk Galam (L) = 4.00 m

Diameter Cerucuk Galam (d) = 10.00 cm

Jari-jari Cerucuk Galam (r) = 5.00 cm

dlt cerucuk kayu galam = 100.00 kg/cm² -> PKKI 1961 KELAS KUAT II

150 kg/cm²

E = 100000 kg/cm² -> PKKI 1961 KELAS KUAT II

1) Menghitung Faktor Modulus tanah (f)

Cu = 0.12 kg/cm²

-> Cerucuk (panjang 4 m) berada dalam lapisan tanah 1 (Lempung lunak, Tebal lapisan 7 m)

qu = 2 x Cu = 0.24 kg/cm² x 0.9303 (t/ft²)

Nilai Cu dari Tabel Parameter tanah, hasil lab BH-01 LAMA

qu = 0.223 t/ft²

(Lihat grafik NAVFAC, DM-7.02, 1986)

930.25/1000 0.9303 0.2233

0.032 kg/cm³

f = 2 ton/ft³
0.064 kg/cm³

2) Momen Inersia bahan (I)

I = $\frac{1}{4} \times \pi \times r^4$

$\frac{1}{4} \times \pi \times 5^4 = 490.87 \text{ cm}^4$

3) Modulus Elastisitas (E)

E = 100000 kg/cm² -> PKKI 1961

4) Mencari faktor kekakuan relatif (T)

$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$

= $((100000 \times 490.87 / 0.064)^{(1/5)})$

= 59.835 cm

= 0.598 m

5) Koefisien Momen akibat gaya lateral (Fm)

Lb = 2.16 m

-> sisa panjang cerucuk dibawah bidang gelincir
1.28 m adalah kedalaman bidang longsor dari permukaan tanah

Lb/T = 3.610 ≈ 4

Z = 0 m

Fm = 0.9 -> (Lihat grafik NAVFAC, DM-7.02, 1986)

6) Momen maksimum lentur (Mp)

Mmax 1 cerucuk -> Mp = w x dlt

W = I / c 98.17 cm³

c = 1/2 x D = 5.00 cm

Mp = 9,817.48 kg.cm

Jika dlt 150 kg/cm²

Mp = 14,726.22 kg.cm

7) Gaya Horizontal yang mampu dipikul 1 buah cerucuk:

$$P = \left(\frac{M_p}{F_M \times T} \right)$$

Dimana:
 M_p : momen lentur akibat beban P, kg-cm
 F_M : koefisien momen akibat gaya lateral P
 P : gaya horizontal yang diterima cerucuk, kg

P 1 cerucuk = 182.31 kg
 0.18 t
 1.82 kN

Jika σ lt 150 kg/cm²

P 1 cerucuk = 273.46 kg
 0.27 t
 2.73 kN

9)

SF = 1.145
 MR = 721.00 kN.m

SF = MR/MD
 MD = 629.7 kN.m

Jika SF min = 1.5
 Maka MRmin = 944.5 kN.m

Maka Δ MR = MRrencana - MReksisting
 223.541 kN.m

n = 18 cerucuk
 R = 6.02

Jika σ lt 100 kg/cm²

$n = \Delta$ MR / (P*R(jari-jari))
 Δ MR = n x P x R(jari-jari)
 Δ MR = 197.55 kN.m -> untuk 18 tiang

Maka dibutuhkan tambahan cerucuk sebanyak:

$n = \Delta$ MR / (P*R(jari-jari))
 $n = 20.37 \approx$ -> 4 tiang

TIDAK DIBUTUHKAN TAMBAHAN TIANG

Jika σ lt 150 kg/cm²

$n = \Delta$ MR / (P*R(jari-jari))
 Δ MR = n x P x R(jari-jari)
 Δ MR = 296.32 kN.m -> untuk 18 tiang

Maka dibutuhkan tambahan cerucuk sebanyak:

$n = \Delta$ MR / (P*R(jari-jari))
 $n = 13.58 \approx$ -> 4 tiang

TIDAK DIBUTUHKAN TAMBAHAN TIANG

2) Segmen Jalan Agregat (Sta. 2+450 – Sta. 6+895)

PERHITUNGAN KEKUATAN CERUCUK DALAM MENAHAN BEBAN HORIZONTAL (Ph) DAN KEBUTUHAN CERUCUK

5+100 Bahu

Panjang Cerucuk Galam (L) = 4.00 m

Diameter Cerucuk Galam (d) = 10.00 cm

Jari-jari Cerucuk Galam (r) = 5.00 cm

σlt cerucuk kayu galam = 100.00 kg/cm² -> PKKI 1961 KELAS KUAT II

150 kg/cm²

E = 100000 kg/cm² -> PKKI 1961 KELAS KUAT II

1) Menghitung Faktor Modulus tanah (f)

Cu = 0.12 kg/cm²

-> Cerucuk (panjang 4 m) berada dalam lapisan tanah 1 (Lempung lunak, Tebal lapisan 7 m)

qu = 2 x Cu = 0.24 kg/cm² x 0.9303 (t/ft²)

Nilai Cu dari Tabel Parameter tanah, hasil lab BH-01 LAMA

qu = 0.223 t/ft²

(Lihat grafik NAVFAC, DM-7.02, 1986)

930.25/1000 0.9303 0.2233

0.032 kg/cm³

f = 2 ton/ft³

0.064 kg/cm³

2) Momen Inersia bahan (I)

I = 1/4 x π x r⁴

1/4 x π x 5⁴ = 490.87 cm⁴

3) Modulus Elastisitas (E)

E = 100000 kg/cm² -> PKKI 1961

4) Mencari faktor kekakuan relatif (T)

$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$

= ((100000 x 490.87 / 0.064)^{1/5})

= 59.835 cm

= 0.598 m

5) Koefisien Momen akibat gaya lateral (Fm)

Lb = 2.02 m

-> sisa panjang cerucuk dibawah bidang gelincir

1.28 m adalah kedalaman bidang longsor dari permukaan tanah

Lb/T = 3.376 ≈ 4

Z = 0 m

Fm = 0.9 -> (Lihat grafik NAVFAC, DM-7.02, 1986)

6) Momen maksimum lentur (Mp)

Mmax 1 cerucuk -> Mp = w x σlt

W = I / c 98.17 cm³

c = 1/2 x D = 5.00 cm

Mp = 9,817.48 kg.cm

Jika σlt 150 kg/cm²

Mp = 14,726.22 kg.cm

7) Gaya Horizontal yang mampu dipikul 1 buah cerucuk:

$$P = \left(\frac{M_p}{F_M \times T} \right)$$

Dimana :
 M_p : momen lentur akibat beban P, kg-cm
 F_M : koefisien momen akibat gaya lateral P
 P : gaya horizontal yang diterima cerucuk, kg

P 1 cerucuk = 182.31 kg
 0.18 t
 1.82 kN

Jika σ_{lt} 150 kg/cm²

P 1 cerucuk = 273.46 kg
 0.27 t
 2.73 kN

9)

SF = 1.244
 MR = 786.30 kN.m

SF = MR/MD
 MD = 632.1 kN.m

Jika SF min = 1.5
 Maka MRmin = 948.1 kN.m

Maka $\Delta MR = MR_{rencana} - MR_{eksisting}$
 161.811 kN.m

n = 18 cerucuk
 R = 6.02

Jika σ_{lt} 100 kg/cm²

$n = \Delta MR / (P \times R(jari-jari))$
 $\Delta MR = n \times P \times R(jari-jari)$
 $\Delta MR = 197.55$ kN.m -> untuk 18 tiang

Maka dibutuhkan tambahan cerucuk sebanyak:

$n = \Delta MR / (P \times R(jari-jari))$
 $n = 14.74 \approx$ -> 4 tiang

TIDAK DIBUTUHKAN TAMBAHAN TIANG

Jika σ_{lt} 150 kg/cm²

$n = \Delta MR / (P \times R(jari-jari))$
 $\Delta MR = n \times P \times R(jari-jari)$
 $\Delta MR = 296.32$ kN.m -> untuk 18 tiang

Maka dibutuhkan tambahan cerucuk sebanyak:

$n = \Delta MR / (P \times R(jari-jari))$
 $n = 9.83 \approx$ -> 4 tiang

TIDAK DIBUTUHKAN TAMBAHAN TIANG

LAMPIRAN 7

ANALISIS PEMAMPATAN TANAH SEGMENT JALAN ASPAL SATU LAPIS (Sta. 0+000 – Sta. 2+450)

SEGMENT ASPAL SATU LAPIS (Sta. 0+000 - Sta.2+500)

B = 3.5 m
H fluksiaksi = 1 g/cc = 10 kN/m3
γw = 2 m
β = 0
δ = 0
α = 0

Lapisan compressible merupakan lapisan tanah lunak tergolong cohesive soil. Merupakan tanah yang tergolong very soft dan soft-silt & clay. Pada umumnya nilai NSPT-nya berkisar antara 0 - 10. Berdasarkan data diatas, diketahui bahwa lapisan compressible berada sampai kedalaman 11 m.

PARAMETER BARU DIBAWAH CERUCUK (TANAH SUDAH MEMAMPAT)

No	Kedalaman (m)	Tebal lapisan (m)	z (m)	eo	es	cc	γw	γsat - γw (kN/m ³)	σv'	Δσv'	OCR	Bat. fluksiaksi (m)	B	β	δ	Δσv' eksisting/Δσv' peledang (kN/m ²)	Δσv' gab (kN/m ²)	σv' = Δσv' (kN/m ²)	RUMUS	sc	sc cum.		
1	1	2	1	0,5	2,155	0,161	0,830	10	14,12	4,120	2,060	20,0	22,860	OC	27,779	3,500	70,4546	0,000	11,395	13,455	1	0,042	0,042
2	2	3	1	1,5	2,183	0,164	0,845	10	14,08	4,084	8,722	20,0	28,622	OC	27,779	3,500	49,3987	0,000	7,547	16,270	1	0,014	0,056
3	3	4	1	2,5	2,195	0,165	0,852	10	14,07	4,069	15,941	20,0	35,341	OC	27,779	3,500	44,9920	0,000	5,459	20,801	1	0,007	0,060
4	4	5	1	3,5	2,201	0,165	0,855	10	14,06	4,061	21,941	20,0	41,941	OC	27,779	3,500	26,5651	0,000	4,121	26,062	1	0,004	0,066
5	5	6	1	4,5	2,205	0,166	0,858	10	14,06	4,056	28,531	20,0	45,531	OC	27,779	3,500	21,2505	0,000	3,203	30,447	2	0,035	0,101
6	6	7	1	5,5	2,075	0,137	0,732	10,00	15,30	5,270	35,688	20,0	38,688	OC	27,779	3,500	17,6501	0,000	2,672	36,469	2	0,025	0,126
7	7	8	1	6,5	2,078	0,137	0,733	10,00	15,30	5,270	42,688	20,0	43,684	OC	27,779	3,500	15,0685	0,000	2,252	42,783	2	0,018	0,145
8	8	9	1	7,5	2,076	0,137	0,733	10,00	15,30	5,297	49,688	20,0	72,297	OC	27,779	3,500	13,1400	0,000	2,097	22,708	2	0,013	0,158
9	9	10	1	8,5	2,077	0,137	0,734	10,00	15,30	5,290	56,688	20,0	80,598	OC	27,779	3,500	11,6316	0,000	1,722	20,326	2	0,008	0,160
10	10	11	1	9,5	1,599	0,094	0,481	10,00	16,35	6,350	69,472	20,0	89,472	OC	27,779	3,500	10,4375	0,000	1,680	18,154	1	0,004	0,170
11	11	12	1	10,5	1,600	0,094	0,482	10,00	16,35	6,350	79,495	20,0	99,495	OC	27,779	3,500	9,9623	0,000	1,466	16,270	1	0,003	0,173
Σ			11																			0,173	

PARAMETER TANAH DIBAWAH CERUCUK BELUM MEMAMPAT (PARAMETER INITIAL)

eo	ec	σv'	Δσv' eksisting/Δσv' peledang	Δσv' gab (kN/m ²)	σv' = Δσv' (kN/m ²)	sc	sc.cum.
2,155	0,161	0,830	2,060	0,000	11,395	13,455	1
2,183	0,164	0,845	8,722	0,000	7,547	16,270	1
2,195	0,165	0,852	15,941	0,000	5,459	20,801	1
2,201	0,165	0,852	21,941	0,000	4,121	26,062	1
2,205	0,166	0,858	28,531	3,203	27,644	39,377	0,035
2,075	0,137	0,732	35,688	2,672	28,769	65,129	0,025
2,078	0,137	0,733	42,688	2,672	28,769	91,817	0,018
2,076	0,137	0,733	49,688	2,672	28,769	118,505	0,013
2,077	0,137	0,734	56,688	1,722	20,326	81,645	0,008
1,599	0,094	0,481	69,472	1,722	18,154	89,306	0,004
1,600	0,094	0,482	79,495	1,466	16,270	97,231	0,003
							0,106

10,6 cm

Cv_{gab} = 0.0012 cm²/dt

Cv₂ = 0.0018 cm²/dt

Cv₃ = 0.0021 cm²/dt

H₁ = 5 m

H₂ = 4 m

H₃ = 2 m

Cv_{gab} = 0.0015 cm²/dt

4,776 m²/jam

Dimana:

H_i = tebal lapisan ke-i

Cv_i = nilai Cv lapisan ke-i

• Waktu konsolidasi (t)

$$t = \frac{T H^2}{C_v}$$

7. Time Factor (T)

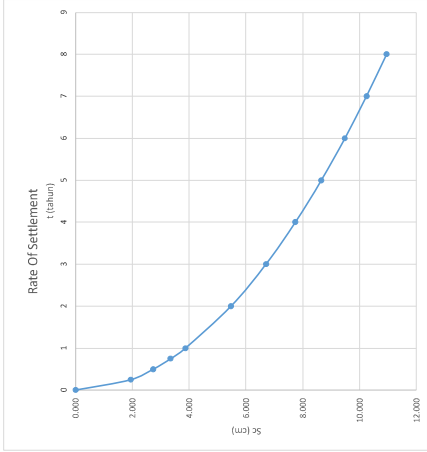
a. Untuk Moisture < 60%

$$T = \frac{U^2 C_v}{4 H^2} \approx \frac{\pi}{4} \left(\frac{U^2 C_v}{H^2} \right)$$

b. Untuk Moisture > 60%

$$T = 1.78 \left(\frac{U^2 C_v}{H^2} \right)$$

Rate of Settlement									
t (tahun)	Cv (m ² /tahun)	Hdr	Tv	Uv	Sc (m)	Sc (time) (m)	Rate (cm/tahun)		
0	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
0,25	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
0,5	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
0,75	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
1	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
2	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
3	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
4	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
5	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
6	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
7	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
8	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
9	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
10	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
11	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
12	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
13	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
14	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
15	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
16	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
17	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
18	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
19	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	
20	4,776	11	0,098685	0,112093	0,173	0,019365	1,936	0,000	



LAMPIRAN 8

ANALISA PEMAMPATAN TANAH SEGMENT AGREGAT

1003

SEGMENT JALAN AGREGAT (STA.2+500 - STA. 6+895)

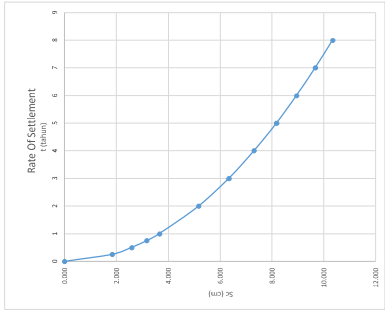
H fluktuaioi	=	2 m	$\delta =$	0
γ_w	=	10 kN/m ³	β	{b/2 x z}

Lapisan compressible merupakan lapisan tanah lunak tergolong cohesive soil. Merupakan tanah yang tergolong very soft dan soft silt & clay. Pada umumnya nilai $NSPT$ -nya berkisar antara 0 - 10. Berdasarkan data diatas, diketahui bahwa lapisan compressible berada sampai kedalaman 11 m.

PARAMETER TANAH DIBAWAH CERCUK BELUM MEMAMPAT (PARAMETER INITIAL)

[illegible]

9.4 cm

[illegible]

$$\frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{11}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{22}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{nn}}} \right]^2}$$

Dimana:

H_i = tebal lapisan ke- i
 Cv_i = nilai C_v lapisan ke- i



