

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JALAN TOL SEMARANG-DEMAK DI BAGIAN YANG BERADA DI ATAS TANAH LUNAK

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan
Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang**



Oleh:

Bagus Wibowo
3.02.017.00034

Bayu Ardian Khoirudin
3.02.017.00036

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
JULI 2021**



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN JALAN TOL SEMARANG-DEMAK
DI BAGIAN YANG BERADA DI ATAS TANAH LUNAK

Oleh:



Bagus Wibowo
3.02.017.00034



Bayu Ardian Khoirudin
3.02.017.00036

Disetujui dan disahkan di Semarang pada tanggal 5 Juli 2021

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, M.Sc., Ph.D

Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nomor: 04/A.2/SA-T/VII/2021

Pada hari ini Senin, 5 Juli 2021 berdasarkan Surat Keputusan Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang Nomor: 08/A.2/SA-T/III/2021 Tanggal 26 Februari 2021 hal penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir I dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir II.

Bersama ini kami:

1. Nama : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, M.Sc., Ph.D
Jabatan : Lektor
2. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT.
Jabatan : Lektor Kepala

menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

1. Nama/NIM : Bagus Wibowo / 3.02.017.00034
2. Nama/NIM : Bayu Ardian Khoirudin / 3.02.017.00036

telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Jalan Tol Semarang-Demak Di Bagian Yang Berada Di Atas Tanah Lunak” dengan tahapan sebagai berikut:

NO	Tahapan	Tanggal
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	26 Februari 2021
3	Pengumpulan Data	16 Maret - 20 April 2021
4	Penyusunan Laporan Tugas Akhir	Maret - Juli 2021
5	Seminar Tugas Akhir	15 Juli 2021

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

Dosen Pembimbing I,

Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II,

Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Bagus Wibowo
NIM : 3.02.017.00034
2. Nama : Bayu Ardian Khoirudin
NIM : 3.02.017.00036

menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

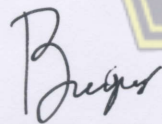
“PERENCANAAN JALAN TOL SEMARANG-DEMAK DI BAGIAN YANG BERADA DI ATAS TANAH LUNAK”

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini tidak terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

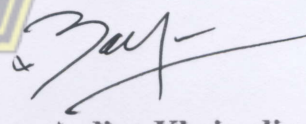
Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat di: Semarang

Pada tanggal: 5 Juli 2021



Bagus Wibowo
3.02.017.00034



Bayu Ardian Khoirudin
3.02.017.00036

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Bagus Wibowo
NIM : 3.02.017.00034
2. Nama : Bayu Ardian Khoirudin
NIM : 3.02.017.00036

menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

“PERENCANAAN JALAN TOL SEMARANG-DEMAK DI BAGIAN YANG BERADA DI ATAS TANAH LUNAK”

adalah merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri dan benar bebas dari plagiarisme. Kami tidak mencantumkan pendapat-pendapat, rumus-rumus tanpa merujuk pada publikasi-publikasi yang telah ada sebelumnya atau yang telah ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

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

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat di: Semarang

Pada tanggal: 5 Juli 2021

Mahasiswa,



Bagus Wibowo
3.02.017.00034



Bayu Ardian Khoirudin
3.02.017.00036

MOTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.
(Q.S. Al-Baqarah : 286)

وَاللَّهُ مَعَ الصَّابِرِينَ

Dan Allah bersama orang-orang yang sabar. (Q.S. Al-Anfal : 66)

وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا

Barang siapa bertakwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya. (Q.S. Ath-Thalaq : 2)



DEDIKASI

Tugas Akhir ini kami dedikasikan untuk ilmu pengetahuan Teknik Sipil pada umumnya dan ilmu Konstruksi Perkerasan Jalan pada khususnya, serta sebagai amal ibadah kami kepada Allah Subhanahu Wata'ala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrohmannirohiim,

Alhamdulillahirobbil 'aalaamiin,

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Jalan Tol Semarang-Demak Di Bagian Yang Berada Di Atas Tanah Lunak”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, M.Sc., Ph.D dan Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua saya, Bapak Slamet dan Ibu Sri Lestari Handayani yang telah memberikan do'a serta dukungan berupa moril dan materil.
5. Kakak saya Nur Hidayah yang selalu memberikan dukungan do'a, motivasi dan kasih sayang.
6. Bayu Ardian Khoirudin yang selalu sabar dan setia sebagai partner dalam berjuang bersama menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
7. Sahabat – sahabat saya April, Alma, Ashfa, Brian, dan Dera yang selalu memberikan dukungan, dorongan, hiburan, dan inspirasi.
8. Rekan – rekan di Program Studi Teknik Sipil UNISSULA angkatan tahun 2017 dan Angkatan tahun 2016, yang telah memberikan bantuannya.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu – persatu yang terlibat dan telah membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukan pada umumnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 5 Juli 2021
Bagus Wibowo

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrohmannirohiim,

Alhamdulillahirobbil 'aalaamiin,

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Jalan Tol Semarang-Demak Di Bagian Yang Berada Di Atas Tanah Lunak”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, M.Sc., Ph.D dan Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua saya, Bapak Mulyadi dan Ibu Sri Sukaryaningsih yang telah memberikan do'a serta dukungan berupa moril dan materil.
5. Kakak saya Anna Rizki Sri Pramesti yang selalu memberikan dukungan do'a, motivasi dan kasih sayang.
6. Bagus Wibowo yang selalu sabar dan setia sebagai partner dalam berjuang bersama menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
7. Sahabat – sahabat saya April, Alma, Ashfa, Brian, dan Dera yang selalu memberikan dukungan, dorongan, hiburan, dan inspirasi.
8. Rekan – rekan di Program Studi Teknik Sipil UNISSULA angkatan tahun 2017 dan Angkatan tahun 2016, yang telah memberikan bantuannya.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu – persatu yang terlibat dan telah membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukan pada umumnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 5 Juli 2021
Bayu Ardian Khoirudin

DAFTAR ISI

Bab	Uraian	Halaman
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGESAHAN	ii
	BERITA ACARA	iii
	PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
	PERNYATAAN KEASLIAN	v
	MOTO	vi
	DEDIKASI	vii
	UCAPAN TERIMA KASIH	viii
	DAFTAR ISI	ix
	DAFTAR TABEL	xiii
	DAFTAR GAMBAR	xiv
	DAFTAR SINGKATAN	xv
	ABSTRAK	xviii
	ABSTRACT	xix
I	PENDAHULUAN	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan dan Batasan Masalah	3
1.3	Tujuan Tugas Akhir	3
1.4	Sistematika Penulisan Tugas Akhir	3
II	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1	Pendahuluan	4
2.2	Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Metode Bina Marga	4
2.2.1	Menentukan Umur Rencana	4
2.2.2	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	4

DAFTAR ISI

Bab	Uraian	Halaman
2.2.3	Beban Sumbu Standar Kumulatif.....	5
2.3	Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Metode AASHTO 1993	6
2.3.1	Lalu Lintas.....	6
2.3.2	Tanah Dasar	7
2.3.3	Reliabilitas (Reliability, R).....	7
2.3.4	Serviceability	8
2.3.5	Kualitas Drainase.....	9
2.3.6	Koefisien Drainase (m_i).....	9
2.3.7	Structural Number (SN)	10
2.3.8	Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Lentur	10
2.4	Tanah Lunak	13
2.4.1	Permasalahan Tanah Lunak	13
2.4.2	Penanganan Tanah Lunak	13
2.4.2.1	Pemakaian Cerucuk atau Tiang untuk penangan tanah lunak	15
2.5	Program Plaxis Versi 8.6.....	17
2.6	Ringkasan Tinjauan Pustaka	17
III	METODOLOGI	
3.1	Pendahuluan	18
3.2	Perencanaan Jalan Lentur Metode AASHTO 1993.....	20
3.2.1	Menentukan Umur Rencana	20
3.2.2	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	20
3.2.3	Lalu Lintas pada Awal Umur Rencana	21
3.2.4	Beban Sumbu Kendaraan	21
3.2.5	Lalu Lintas Pada Lajur Rencana.....	22
3.2.6	Reliability (R).....	23
3.2.7	Serviceability	23
3.2.8	Modulus Resilient (M_R).....	23

DAFTAR ISI

Bab	Uraian	Halaman
3.2.9	Koefisien Lapisan (a)	23
3.2.10	Koefisien Drainase (m).....	23
3.2.11	Penentuan Nilai Struktural Number (SN).....	24
3.2.12	Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan	24
3.3	Perencanaan Tinggi Lapis Timbunan	26
3.4	Penangan Tanah Lunak	26
3.4.1	Parameter Tanah	26
3.4.2	Beban di Atas Tanah Lunak	26
3.4.3	Perencanaan Fondasi Tiang	27
3.4.3.1	Daya Dukung Izin Tiang Pancang.....	27
3.4.3.2	Perhitungan Jumlag Tiang.....	27
3.4.3.3	Efisiensi Kelompok Tiang.....	28
3.4.4	Analisis Program Plaxis 8.6	28
IV	PERHITUNGAN	
4.1	Pendahuluan	30
4.2	Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode AASHTO 1993.....	30
4.2.1	Umur Rencana	30
4.2.2	Lalu Lintas.....	31
4.2.2.1	Perhitungan Lalu Lintas Awal Umur Rencana.....	31
4.2.2.2	Angka Ekuivalen (E)	32
4.2.2.3	Perhitungan Equivalent Single Axle Load (ESAL).....	32
4.2.2.4	Perhitungan ESAL Rencana	33
4.2.3	Reliability	35
4.2.4	Serviceability	35
4.2.5	Modulus Resilient (M_R).....	36
4.2.6	Penentuan Koefisien Kekakuan Lapisan Relatif (a).....	36

DAFTAR ISI

Bab	Uraian	Halaman
4.2.7	Koefisien Drainase (m).....	37
4.2.8	Penentuan Nilai Structural Number (SN).....	39
4.2.9	Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan	41
4.3	Perencanaan Tinggi Lapis Timbunan	48
4.4	Perhitungan Perkuatan Tanah Lunak.....	49
4.4.1	Parameter Bahan.....	49
4.4.2	Beban di Atas Tanah Lunak	50
4.4.3	Perencanaan Fondasi Tiang.....	51
4.4.3.1	Daya Dukung Izin Tiang Pancang.....	52
4.4.3.2	Perhitungan Jumlah Tiang.....	52
4.4.3.3	Efisiensi Kelompok Tiang.....	53
4.4.4	Analisis Permodelan Program Plaxis 8.6	54
4.4.5	Hasil Perhitungan Program Plaxis 8.6.....	55
4.5	Hasil Perhitungan	60
4.5.1	Konstruksi Perkerasan Jalan.....	60
4.5.2	Perkuatan Tanah Lunak.....	60
4.6	Pembahasan	61
V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan.....	62
5.2.	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Uraian	Halaman
2.1	Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru	5
2.2	Faktor distribusi lajur (D_L)	6
2.3	Reliability (R).....	7
2.4	Standard normal deviation (Z_R)	8
2.5	Terminal serviceability index (p_t).....	9
2.6	Kualitas drainase	9
2.7	Koefisien drainase atau koefisien modifikasi kekuatan lapisan (m) akibat pengaruh kualitas drainase untuk perancangan perkerasan lentur.....	9
2.8	Lapis Perkerasan Minimum (inci).....	11
2.9	Definisi Kuat Geser Lempung Lunak	13
3.1	Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%).....	20
3.2	Faktor Distribusi Lajur (D_L).....	22
4.1	Angka ekivalen (E) berdasarkan beban sumbu.....	32
4.2	Konfigurasi beban untuk 8,16 Ton ESAL.....	33
4.3	Perhitungan ESAL 8,16 ton	34
4.4	Kualitas drainase	37
4.5	Proses untuk memprediksi periode kinerja struktur perkerasan awal dengan mempertimbangkan pembengkakan	40
4.6	Rekapitulasi parameter bahan yang digunakan	50
4.7	Daya dukung tiang pancang berdasarkan data N-SPT	52
4.8	Hasil Perencanaan Perkerasan Lentur	60
4.9	Hasil Perencanaan Fondasi Tiang Pancang.....	60
4.10	Hasil Penurunan Tanah Lunak pada Permodelan Plaxis 2D.....	61

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Uraian	Halaman
1.1	Trase Jalan Tol Semarang-Demak	1
1.2	Beberapa Konstruksi Badan Jalan di Atas Tanah Lunak	2
2.1	Diagram Tebal Lapisan	12
3.1	Potongan melintang perkerasan jalan di atas tanah lunak.....	18
3.2	Bagan Alir Perencanaan Perkerasan Jalan di Atas Tanah Lunak.....	19
3.3	Nomogram penentuan nilai SN untuk perkerasan lentur	25
4.1	Grafik hubungan antara lalu lintas terhadap waktu.....	35
4.2	Koefisien kekuatan relatif a_1	37
4.3	Koefisien kekuatan relatif a_2	38
4.4	Koefisien kekuatan relatif a_3	39
4.5	Grafik hubungan antara kerugian layan lingkungan dengan waktu untuk kondisi pembengkakan.....	41
4.6	Struktur perkerasan jalan lentur dengan $175 \times 10^6 - 8,16$ ton ESAL ...	42
4.7	Nomogram untuk menentukan nilai SN seluruh tebal perkerasan (SN_3).....	43
4.8	Nomogram untuk menentukan lalu lintas dalam proses iterasi ke 1...	44
4.9	Nomogram untuk menentukan lalu lintas dalam proses iterasi ke 2...	45
4.10	Nomogram untuk menentukan nilai SN tebal lapis permukaan (SN_1)	46
4.11	Nomogram untuk menentukan nilai SN tebal lapis Fondasi (SN_2).....	47
4.12	Distribusi beban roda kendaraan ke tanah dasar	48
4.13	Konstruksi perkuatan tanah lunak dengan Fondasi tiang	49
4.14	Baris kelompok tiang	53
4.15	Penurunan Tanah Akibat Beban Timbunan Tanpa Perkuatan	55
4.16	Penurunan Tanah Akibat Beban Konstruksi Perkerasan Jalan Tanpa Perkuatan.....	55
4.17	Penurunan Tanah Akibat Beban Kendaraan Tanpa Perkuatan	56
4.18	Penurunan Tanah Konsolidasi 1 tahun Tanpa Perkuatan.....	56
4.19	Penurunan Tanah Konsolidasi 20 tahun Tanpa Perkuatan.....	57

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Uraian	Halaman
4.20	Penurunan Tanah Akibat Beban Timbunan Dengan Perkuatan Fondasi Tiang.....	57
4.21	Penurunan Tanah Akibat Beban Konstruksi Perkerasan Jalan Dengan Perkuatan Fondasi Tiang.....	58
4.22	Penurunan Tanah Akibat Beban Kendaraan Dengan Perkuatan Fondasi Tiang.....	58
4.23	Penurunan Tanah Konsolidasi 20 tahun Dengan Perkuatan Fondasi Tiang.....	59
4.24	Penurunan Tanah Konsolidasi 20 tahun Dengan Perkuatan Fondasi Tiang.....	59



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi:

m	= meter
m ²	= meter persegi
m ³	= meter kubik
cm	= sentimeter
mm	= milimeter
t	= ton
t.m	= ton.meter
t/m	= ton per meter
t/m ²	= ton per meter persegi
t/m ³	= ton per meter kubik
kN	= kiloNewton
kN/m	= kiloNewton per meter
kN/m ²	= kiloNewton per meter persegi
MPa	= MegaPascal
psi	= pounds per square inch
kg	= kilogram
in	= inci
%	= persen
°	= derajat
γ	= gamma
c	= kohesi
φ	= sudut geser
K	= permeabilitas
E	= modulus elastisitas
v	= angka poisson
Σ	= jumlah
R	= faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
i	= laju pertumbuhan lalu lintas tahunan
D _D	= Faktor distribusi arah
D _L	= Faktor distribusi lajur

Z_R	= Standard normal deviation
S_0	= Standar deviasi
p_0	= Masa pelayanan awal
p_t	= Masa pelayanan akhir
ΔPSI	= Serviceability loss
m_i	= koefisien drainase
D	= tebal lapisan
a_1, a_2, a_3	= koefisien lapisan
G_r	= faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
P_a	= daya dukung izin tiang
q_c	= tahanan konus
A_p	= luas penampang
A_{st}	= keliling penampang
L_i	= panjang segmen tiang yang ditinjau
f_i	= gaya geser pada selimut segmen tiang
E_g	= Efisiensi kelompok tiang

Singkatan:

LHR	= Lalu Lintas Harian Rata-rata
PUPR	= Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials
UR	= Umur Rencana
CESAL	= Cumulative Equivalent Single Axle Load
VDF	= Vehicle Damage Factor
ESAL	= Equivalent Single Axle Load
M_R	= Modulus Resilient
CBR	= California Bearing Ratio
R	= Reliability
SN	= Structural Number
N SPT	= Nilai Standar Prosedur Test
SF	= Safety Factor

ABSTRAK

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Meningkatnya jumlah kendaraan telah menyebabkan terjadinya kemacetan di sejumlah ruas jalan termasuk ruas jalan Semarang-Demak, untuk mengatasi kemacetan tersebut pemerintah saat ini sedang membangun jalan Tol Semarang-Demak, mengingat konstruksi jalan Tol berada di daerah pesisir yang jenis tanahnya berupa tanah lunak, maka perlu direncanakan struktur perkerasan jalan dengan memperkuat tanah di bawahnya. Perhitungan struktur perkerasan dilakukan dengan menggunakan metode AASHTO 1993 sedangkan perhitungan daya dukung tiang perkuatan tanah lunak menggunakan metode Meyerhof, serta analisis penurunan yang terjadi menggunakan program Plaxis 8.6. Perencanaan dimulai dengan mengumpulkan data volume lalu lintas harian rata-rata tahun 2019 pada ruas jalan Semarang-Demak dari Direktorat Jenderal Bina Marga Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DIY, dan data penyelidikan tanah dari Laboratorium Mekanika Tanah UNISSULA. Hasil perhitungan struktur perkerasan jalan adalah tebal lapis fondasi bawah 25 cm, tebal lapis fondasi atas 20 cm, dan tebal lapis permukaan 30 cm. Sedangkan hasil perkuatan tanah lunak adalah menggunakan tiang pancang berdiameter 30 cm dengan kedalaman 40 m. Penurunan yang terjadi selama umur rencana jalan yaitu, untuk tanah yang tidak diberikan perkuatan mengalami penurunan sebesar 15,30 cm sedangkan untuk tanah yang diberikan perkuatan berupa tiang pancang mengalami penurunan sebesar 0,39 cm. Dapat disimpulkan bahwa perkerasan jalan lentur dapat dibangun di atas tanah lunak yang diperkuat dengan tiang pancang sedalam 40 m.

Kata Kunci: Jalan Tol, Tanah lunak, Perkuatan, Tiang pancang, Kuat.

ABSTRACT

Roads are land transportation infrastructure that includes all parts of the road, including complementary buildings and equipment intended for traffic. The increasing number of vehicles has caused congestion on a number of roads, including the Semarang-Demak road, to overcome this congestion the government is currently building the Semarang-Demak Toll road, considering that the construction of the toll road is in a coastal area where the soil type is soft soil, it is necessary road pavement structure is planned by strengthening the soil beneath it. The calculation of the pavement structure was carried out using the 1993 AASHTO method while the calculation of the bearing capacity of the soft soil reinforcement using the Meyerhof method, and the analysis of the settlement that occurred using the Plaxis 8.6 program. Planning begins by collecting data on the 2019 average daily traffic volume on the Semarang-Demak road section from the Directorate General of Highways of the Central Java-DIY National Road Implementation Center, and soil investigation data from the UNISSULA Soil Mechanics Laboratory. The results of the calculation of the pavement structure are the thickness of the sub-base layer of 25 cm, the thickness of the upper foundation layer of 20 cm, and the thickness of the surface layer of 30 cm. While the result of strengthening the soft soil is using piles with a diameter of 30 cm with a depth of 40 m. The decrease that occurred during the design life of the road, namely, for soil that was not given reinforcement, it decreased by 15.30 cm while for soil that was given reinforcement in the form of piles, it decreased by 0.39 cm. It can be concluded that flexible pavement can be built on soft soil reinforced with 40 m deep piles.

Keywords: Toll Road, Soft soil, Reinforcement, Pile, Strong.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. [1]

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia maka jumlah kendaraan juga semakin meningkat. Meningkatnya jumlah kendaraan tersebut telah menyebabkan terjadinya kemacetan sejumlah ruas jalan termasuk ruas jalan Semarang-Demak.

Dari data volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah – DIY [2] menunjukkan bahwa volume lalu lintas jalan Semarang-Demak dari tahun ke tahun meningkat. Untuk mengatasi kemacetan tersebut pemerintah saat ini sedang membangun jalan Tol Semarang-Demak. Jalan Tol tersebut dibangun sebagian berada di atas tanah lunak, seperti yang terlihat pada inset Gambar 1.1.

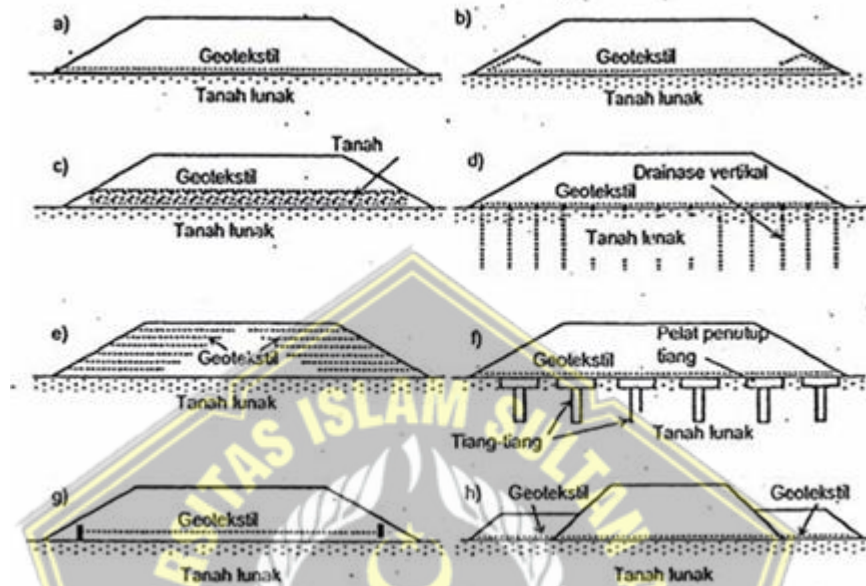


Gambar 1.1 Trase Jalan Tol Semarang-Demak [3]



= Trase Jalan yang direncanakan yang berada di atas tanah lunak

Perencanaan konstruksi perkerasan jalan di atas tanah lunak memerlukan cara atau metode yang khusus agar badan jalan tidak mengalami penurunan. Gambar 1.2 berikut menunjukkan beberapa konstruksi badan jalan di atas tanah lunak.



Gambar 1.2 Beberapa Konstruksi Badan Jalan di Atas Tanah Lunak [4]

1.2. Rumusan dan Batasan Masalah

Terdapat beberapa jenis tanah lunak, seperti tanah lempung, tanah lanau, dan tanah gambut. Dalam tugas akhir ini dibatasi dengan jenis tanah lunak lempung. Perkerasan jalan yang direncanakan adalah perkerasan jalan lentur. Perencanaan ini akan menggunakan AASHTO 1993 [6] untuk perencanaan perkerasan jalan lentur. Parameter beban perencanaan menggunakan data volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) jalan Semarang-Demak tahun 2019 dengan angka pertumbuhan lalu lintas (i) 4.8% per tahun [5].

Di samping itu terdapat dua jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan jalan lentur dan perkerasan jalan kaku. Dalam Tugas Akhir ini hanya akan direncanakan perkerasan jalan lentur dan untuk penurunan tanah lunak dihitung menggunakan bantuan program Plaxis versi 8.6.

1.3. Tujuan Tugas Akhir

Berdasar pada batasan masalah tersebut pada sub-bab 1.2, maka Tugas Akhir ini bertujuan untuk :

1. Merencanakan konstruksi jalan Tol Semarang-Demak yang berada di atas tanah lunak dan dengan jenis perkerasan jalan lentur.
2. Merencanakan perkuatan tanah lunak dengan menggunakan pondasi tiang pancang.

1.4. Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Laporan Tugas Akhir ini dimulai dengan menguraikan latar belakang tentang jalan raya yang diuraikan pada Bab I, kemudian dilanjutkan dengan tinjauan pustaka yaitu meninjau buku-buku, jurnal-jurnal, dan makalah-makalah yang berkaitan dengan perencanaan jalan lentur dan tanah lunak, yang diberikan pada Bab II. Selanjutnya metodologi penulisan yang menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan diberikan pada Bab III. Perhitungan dan bahasan atas hasil perencanaan konstruksi jalan Tol dengan perkerasan lentur dan perkuatan tanah lunak diberikan pada Bab IV. Sebagai penutup laporan diberikan kesimpulan dan saran pada Bab V.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Buku-buku, jurnal-jurnal ilmiah, dan makalah-makalah di dalam prosiding seminar, peraturan-peraturan yang berkaitan dengan perencanaan konstruksi jalan raya dan penanganan tanah lunak akan ditinjau dalam bab ini. Peninjauan meliputi 1) Peraturan-peraturan pembebanan konstruksi jalan Tol; 2) Metode-metode perencanaan perkerasan jalan lentur; 3) Metode-metode pembuatan badan jalan di atas tanah lunak, serta 4) Perkuatan tanah lunak. Pertama akan ditinjau terlebih dahulu peraturan-peraturan perencanaan konstruksi jalan Tol.

2.2. Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Metode Bina Marga 2017

Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR [5], memberikan petunjuk prosedur perencanaan perkerasan jalan lentur sebagai berikut :

2.2.1. Menentukan Umur Rencana

Umur rencana jalan berdasar Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) [5] ditentukan dari Tabel 2.1.

2.2.2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (Cumulative Growth Factor):

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru [5]

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

2.2.3. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\Sigma LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times D_D \times D_L \times R \dots\dots\dots(2.2)$$

di mana:

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (equivalent standard axle) pada tahun pertama.

LHR_{JK} = Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga.

- D_D = Faktor distribusi arah.
- D_L = Faktor distribusi lajur.
- CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.
- R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

2.3. Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Metode AASHTO 1993

Menurut Metode AASHTO (American Association Of State Highway & Transportation Official) 1993 [6], Prosedur perencanaan tebal perkerasan jalan lentur (Flexible Pavement) sebagai berikut:

2.3.1. Lalu Lintas

Prosedur AASHTO adalah membuat konversi semua jenis kendaraan terhadap beban sumbu standar atau ESAL (Equivalent Single Axle Load) yang pada umumnya digunakan beban standar sumbu tunggal 18-kip. Untuk kebutuhan ini, diperlukan nilai Faktor Ekivalen Beban Sumbu (Axle Load Equivalency Factors) yang telah disediakan oleh AASHTO, yang terdiri dari Axle Load, pt (2,0 - 3,0), dan SN.

Faktor distribusi arah : $D_D = 0,3 - 0,7$ dan umumnya diambil 0,5

Faktor distribusi lajur (D_L), mengacu pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor distribusi lajur (D_L) [6]

Jumlah lajur setiap arah	D_L (%)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 -75

2.3.2. Tanah Dasar

Data tanah yang menjadi parameter perhitungan tebal perkerasan lentur adalah resilient modulus (M_R). Resilient modulus adalah salah satu uji kekakuan material tanah dasar. Apabila tidak memiliki alat uji resilient modulus (triaxial), terdapat formula pendekatan nilai resilient modulus yang menunjukkan hubungan CBR dengan M_R , yaitu:

$$M_R = 1500 \times \text{CBR (psi)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Rumus diatas tidak berlaku bagi agregat halus yang memiliki CBR kurang dari 10, oleh karena itu AASHTO Guide mengusulkan rumusan sebagai berikut:

$$M_R = 2555 \times \text{CBR}^{0,64} \text{ (psi)} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.3.3. Reliabilitas (Reliability, R)

Reliabilitas menyatakan tingkat kemungkinan perkerasan yang dirancang tetap memuaskan selama masa pelayan. Nilai Reliabilitas (R) untuk perancangan berbagai klasifikasi jalan ditunjukkan dalam Tabel 2.3, dan Nilai Z_R sehubungan dengan R ditunjukkan dalam Tabel 2.4. Standar deviasi (S_0) berguna untuk memperhitungkan kemungkinan adanya perbedaan prediksi lalu lintas dengan kinerja perkerasan.

Tabel 2.3 Reliability (R) [6]

Klasifikasi jalan	Reliability : R (%)	
	Urban	Rural
Jalan Tol	90 - 99,9	85 - 99,9
Utama	85 - 99	80 - 95
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Standar deviasi (S_0) keseluruhan dipilih sesuai dengan kondisi lokal, AASHTO (1993) menyarankan untuk perkerasan lentur S_0 di antara 0,40 - 0,50 dan disarankan dalam AASHTO (1993) untuk perkerasan lentur $S_0 = 0,45$.

Tabel 2.4 Standard normal deviation (Z_R) [6]

Reliabilitas, R (%)	Standard Normal Deviate Z_R
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

2.3.4. Serviceability

Nilai kemampuan pelayanan awal disebut dengan P_0 , untuk perkerasan lentur, $p_0 = 4,2$ dan nilai kemampuan pelayanan akhir disebut dengan P_t di mana nilai $p_t = 2,5$ untuk jalan utama dan nilai $p_t = 2,0$ untuk volume lalu lintas rendah.

Mencari nilai kehilangan kemampuan pelayanan total (total loss of serviceability) menggunakan rumus :

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \dots \dots \dots (2.5)$$

Tabel 2.5 Terminal serviceability index (p_t) [6]

p_t	Percent of people stating unacceptable
3,0	12
2,5	55
2,0	85

2.3.5. Kualitas Drainase

Untuk jalan tol dipilih mutu drainase baik dan jalan bukan jalan tol dipilih mutu drainase sedang.

Tabel 2.6 Kualitas drainase [6]

Kualitas drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat buruk	Air tidak mengalir

2.3.6. Koefisien Drainase (m_i)

Penentuan koefisien drainase dipengaruhi oleh kualitas drainase yang ditunjukkan Tabel 2.6. dan nilai-nilai koefisien drainase ditunjukkan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Koefisien drainase atau koefisien modifikasi kekuatan lapisan (m) akibat pengaruh kualitas drainase untuk perancangan perkerasan lentur [6]

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P) :			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Sempurna	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,30 - 1,15	1,20 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Buruk	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Sangat Buruk	1,05 - 0,95	0,80 - 0,75	0,75 - 0,4	0,40

2.3.7. Structural Number (SN)

Penentuan nilai SN dengan menggunakan nomogram yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. yang diperlukan untuk kondisi tertentu, meliputi:

- 1) Perhitungan lalu lintas $W_{8,16}$
- 2) Reliability, R
- 3) Standar deviasi S_0
- 4) Resilient Modulus M_R
- 5) Serviceability loss, $\Delta PSI = P_0 - P_t$

2.3.8. Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Lentur

Setelah nilai structural number (SN) ditentukan, maka perlu dilakukan perhitungan penentuan ketebalan lapisan perkerasan yang jika digabungkan akan memberikan daya dukung beban yang sesuai dengan SN desain. Persamaan berikut merupakan dasar untuk mengubah SN menjadi ketebalan aktual lapis permukaan, base dan subbase:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots\dots\dots(2.6)$$

di mana:

- D_1 = tebal lapis permukaan (in.)
 D_2 = tebal lapis pondasi (in.)
 D_3 = tebal lapis pondasi bawah (in.)
 m_2 = koefisien drainase untuk lapis pondasi
 m_3 = koefisien drainase untuk lapis pondasi bawah
 a_1, a_2, a_3 = berturut-turut koefisien lapisan untuk lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah

Nilai tebal minimum lapis beraspal dan lapis pondasi ditunjukkan dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Lapis Perkerasan Minimum (inch) [6]

Lalu lintas, ESAL	Beton Aspal (a_1)	Pondasi Agregat (a_2)
Kurang dari 50.000	1	4
50.001 - 150.000	2	4
150.001 - 500.000	2,5	4
500.001 - 2.000.000	3	6
2.000.001 - 7.000.000	3,5	6
Lebih dari 7.000.000	4	6

Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dapat menggunakan pendekatan analisis berlapis dengan persamaan rumus sebagai berikut:

a) Perhitungan lapis permukaan

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan SN_1 = structural number untuk lapis permukaan

b) Perhitungan lapis pondasi atas

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 \cdot m_2} \dots\dots\dots (2.8)$$

atau

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1 D_1}{a_2 \cdot m_2} \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan SN_2 = structural number yang dibutuhkan untuk lapis pondasi dan lapis permukaan

c) Perhitungan lapis pondasi bawah

$$SN_3 = SN - SN_1 - SN_2 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 \cdot m_3} \dots\dots\dots (2.11)$$

atau

$$D_3 = \frac{SN_3 - (a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2)}{a_3 m_3} \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan SN_3 = structural number yang dibutuhkan untuk lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan.

Syarat tebal masing-masing lapisan adalah sebagai berikut:

a) Lapis Permukaan

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$SN^*_1 = a_1 D_1 \geq SN_1 \dots\dots\dots (2.14)$$

b) Lapis Pondasi Atas

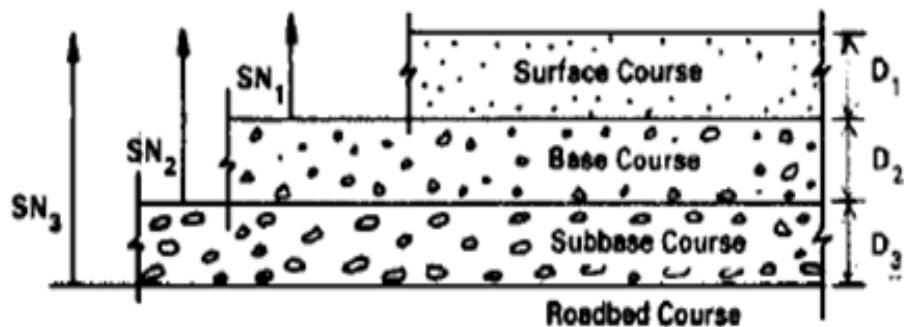
$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2 \dots\dots\dots (2.16)$$

c) Lapis Pondasi Bawah

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3} \dots\dots\dots (2.17)$$

Tanda * pada persamaan di atas menunjukkan bahwa nilai yang digunakan harus sama atau lebih besar daripada nilai yang disyaratkan dari SN.



Gambar 2.1 Diagram Tebal Lapisan [6]

2.4. Tanah Lunak

Berdasarkan Panduan Geoteknik 1 [7] sekitar 10 persen luas total dari daratan Indonesia terdiri dari tanah lunak dan ditemukan terutama di daerah sekitar pantai. Anindita dkk (2018) dalam jurnal yang berjudul Perbaikan Tanah Dasar Jalan Tol Semarang-Demak Menggunakan Bahan Aditif dan Perkuatan Kolom Stabilisasi [8], Tanah lunak mempunyai kuat geser rendah, kompresibilitas tinggi, kadar air tinggi, daya dukung rendah, stabilitas rendah, dan koefisien permeabilitas kecil. Tanah lunak merupakan salah satu kendala dalam pembangunan infrastruktur, tanah lunak sering kali menimbulkan permasalahan karena daya dukung yang rendah sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan tanah.

Tanah lunak dibagi menjadi dua tipe [7] yaitu tanah lempung lunak dan tanah gambut. Tanah lempung lunak mengandung mineral-mineral lempung dan memiliki kadar air yang tinggi sehingga menyebabkan kuat geser yang rendah. Dalam rekayasa geoteknik, tanah lempung lunak dibagi menjadi dua berdasarkan kuat gesernya seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Definisi Kuat Geser Lempung Lunak [7]

Konsistensi	Kuat Geser kN/m^2
Lunak	12,5 – 25
Sangat Lunak	< 12,5

Sedangkan tanah gambut terdiri dari sisa-sisa tumbuhan yang mengalami pembusukan dan memiliki bau yang khas, berwarna coklat tua sampai dengan hitam serta mempunyai kompresibilitas yang tinggi dan kuat geser yang rendah. kandungan organik didalamnya membuat tanah gambut mengalami proses penurunan akibat pelapukan bahan organik.

2.4.1. Permasalahan Tanah Lunak

Sifat tanah lunak kurang menguntungkan jika dijadikan sebagai tanah dasar, hal ini karena adanya kandungan air pori yang banyak di dalam tanah tersebut.

Semakin banyak air pori yang terkandung di dalam tanah maka daya dukung tanah tersebut akan semakin kecil. karena itulah dalam pembangunan infrastruktur sering dijumpai permasalahan pada tanah lunak seperti terjadinya penurunan saat tanah menerima beban di atasnya.

Dalam Panduan Geoteknik 1 (2009) [7], istilah tanah lunak berkaitan dengan tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir. Dalam ilmu geoteknik, dikenal tiga jenis penurunan tanah yaitu penurunan seketika, penurunan konsolidasi dan penurunan rangkak

Irvan (2010) dalam jurnalnya yang berjudul Penurunan Muka Tanah Di Kota-kota Besar Pesisir Pantai Utara Jawa [8], menjelaskan pengamatan tanah kohesif jenuh air menerima beban penurunan yang terjadi dapat disederhanakan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Penurunan seketika (penurunan elastis) terjadi pada saat beban diberikan dan diterima oleh air pori sehingga timbul tegangan air pori pada tanah berpermeabilitas rendah untuk sementara tidak ada air pori yang terdisipasikan (tanah dalam kondisi undrained) tanah akan terdeformasi tanpa mengalami perubahan volume, sehingga deformasi vertikal (penurunan) akan diikuti pengembangan ke arah lateral.
2. Penurunan konsolidasi (primer) terjadi bersamaan dengan terdispersinya air pori. Akibat penurunan yang terjadi disertai dengan perubahan volume. Tegangan air pori diteruskan ke partikel tanah menjadi tegangan efektif tanah. Kecepatan keluarnya air pori, yang merupakan fungsi permeabilitas tanah dan batas-batas drainase.
3. Penurunan sekunder dan penurunan jangka panjang yang terjadi setelah seluruh tegangan air pori terdisipasi dan tegangan efektif tanah konstan. Deformasi ini terjadi akibat efek rangkak (drained creep).

2.4.2. Penanganan Tanah Lunak

Suroso dkk (2008) dalam jurnalnya yang berjudul Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay) Menggunakan Cerucuk dengan Variasi Panjang dan Diameter Cerucuk [9], menjelaskan bahwa perbaikan tanah dasar memiliki beberapa metode yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak, yaitu:

1. Pemasangan cerucuk kayu (dolken) atau tiang batu (stone column) sampai kedalaman tertentu.
2. Pemberian beban awal (preloading) dengan atau tanpa vertical drain.
3. Pemasangan geotekstil di permukaan tanah dasar.

Beberapa metode di atas dilakukan untuk menstabilkan tanah lunak, namun diantaranya telah dilakukan perhitungan dan penelitian mengenai penggunaan cerucuk dan geosintetik untuk perkuatan tanah lunak. Teori dan pustaka yang ditinjau mengenai penanganan tanah lunak dalam penyusunan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

Suroso dkk [9] menjelaskan pemakaian cerucuk merupakan perkuatan tanah dengan pemakaian tiang untuk mendistribusikan beban secara vertikal (lewat tahanan lekat) di dalam vertikal atau dengan mentransfer beban menjadi material yang buruk sampai didukung oleh tanah yang cukup kuat (tahanan ujung). Dalam hal ini dapat dipergunakan Friction Pile yaitu tiang yang tertahan oleh pelekatan antara tiang dengan tanah atau dapat disebut juga tiang terapung (Floating Piles).

Pengujian laboratorium telah dilakukan oleh Karina dan Mochtar (1995) [10] untuk mempelajari suatu model cerucuk yang diberikan beban, didapatkan hasil adanya cerucuk dapat meningkatkan kapasitas dukung tanah yang sangat tinggi serta penurunan yang sangat kecil. Dalam percobaan yang dilakukan Yudiawati (2002) [11] yaitu percobaan pembebanan lapangan untuk mengetahui daya dukung ultimit cerucuk. Dari percobaan tersebut didapatkan daya dukung cerucuk lebih besar dibandingkan dengan prediksi daya dukung ultimit berdasarkan

teoritis, dan hasil penyelidikan tanah di lapangan didapatkan peningkatan daya dukung ultimit tiang dari semakin lamanya usia tiang tertanam.

Dengan demikian tanah lunak dapat ditangani dengan menggunakan cerucuk sehingga mampu mendukung konstruksi yang berada di atasnya. Dari pustaka dan penelitian di atas dapat dijadikan pedoman dalam penanganan tanah lunak dengan cerucuk sebagai perkuatan tanah lunak dalam konstruksi perkerasan jalan di tugas akhir ini.

2.4.2.1. Pemakaian Cerucuk atau Tiang untuk penanganan tanah lunak

Floating Pile merupakan jenis pondasi tiang yang dipancang secara keseluruhan di dalam tanah lempung lunak, sehingga sebagian besar beban ditahan oleh tahanan gesek dinding tiang. Pondasi ini umumnya dipancang secara berkelompok ke dalam tanah lunak dan kapasitasnya dipengaruhi oleh salah satu faktor (Hardiyatmo, 2001) [12] dari :

1. jumlah kapasitas tiang tunggal dalam kelompok tiang, bila jarak tiang lebar,
2. tahanan gesek tiang yang dikembangkan oleh gesekan antara bagian luar kelompok tiang dengan tanah di sekelilingnya, jika jarak tiang terlalu dekat.

Pemakaian cerucuk bertujuan untuk: [9]

1. Meningkatkan daya dukung tanah
2. Mengurangi terjadinya penurunan pondasi
3. Menghindari terjadinya gelinciran, karena cerucuk dapat menahan gaya geser lebih besar daripada tanah

Dalam penelitian purnomo (1990) [13] mengenai penggunaan cerucuk sebagai lapisan perkuatan tanah lempung dan lanau, menunjukkan daya dukung tanah lempung dan lanau semakin meningkat dengan semakin bertambahnya jumlah cerucuk. Semakin besar diameter dan panjang cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung tanah (Suroso dkk, 2008) [9].

2.5. Program Plaxis Versi 8.6

Program Plaxis digunakan untuk mengetahui berapa hasil penurunan yang terjadi. Dalam program Plaxis tersedia analisa teknis mengenai deformasi dan tegangan yang terjadi pada tanah.

Parameter tanah yang digunakan pada program Plaxis 8.6 adalah [14]:

- 1) Berat volume tanah kering (γ_{unsat})
- 2) Berat volume tanah basah (γ_{sat})
- 3) Permeabilitas arah horizontal (k_x)
- 4) Permeabilitas arah vertikal (k_y)
- 5) Modulus Elastisitas (E_{ref})
- 6) Poisson Ratio (ν)
- 7) Kohesi (c)
- 8) Sudut Geser (ϕ)
- 9) Sudut Dilatasi (ψ)

Plaxis 8.6 terdiri dari 4 program yaitu:

- 1) Input program
- 2) Calculation program
- 3) Output program
- 4) Curve program

2.6. Ringkasan Tinjauan Pustaka

Terdapat 2 metode untuk perencanaan konstruksi perkerasan lentur, yaitu dengan menggunakan metode AASHTO (1993) dan Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) dari Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR. Namun dalam tugas akhir ini akan dijelaskan dengan menggunakan Metode AASHTO (1993). sedangkan permasalahan tanah lunak akan menggunakan perkuatan tiang pancang dan analisa penurunan yang terjadi menggunakan bantuan program Plaxis 8.6.

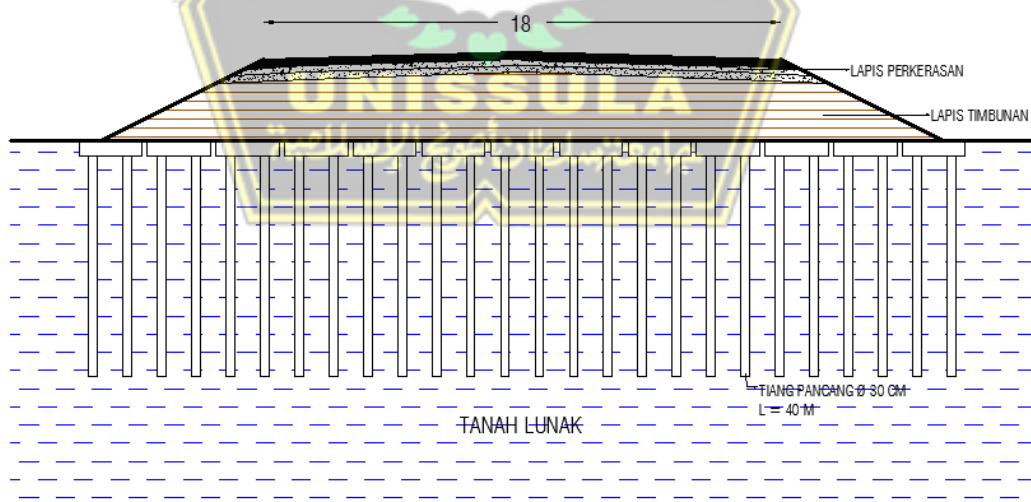
BAB III

METODOLOGI

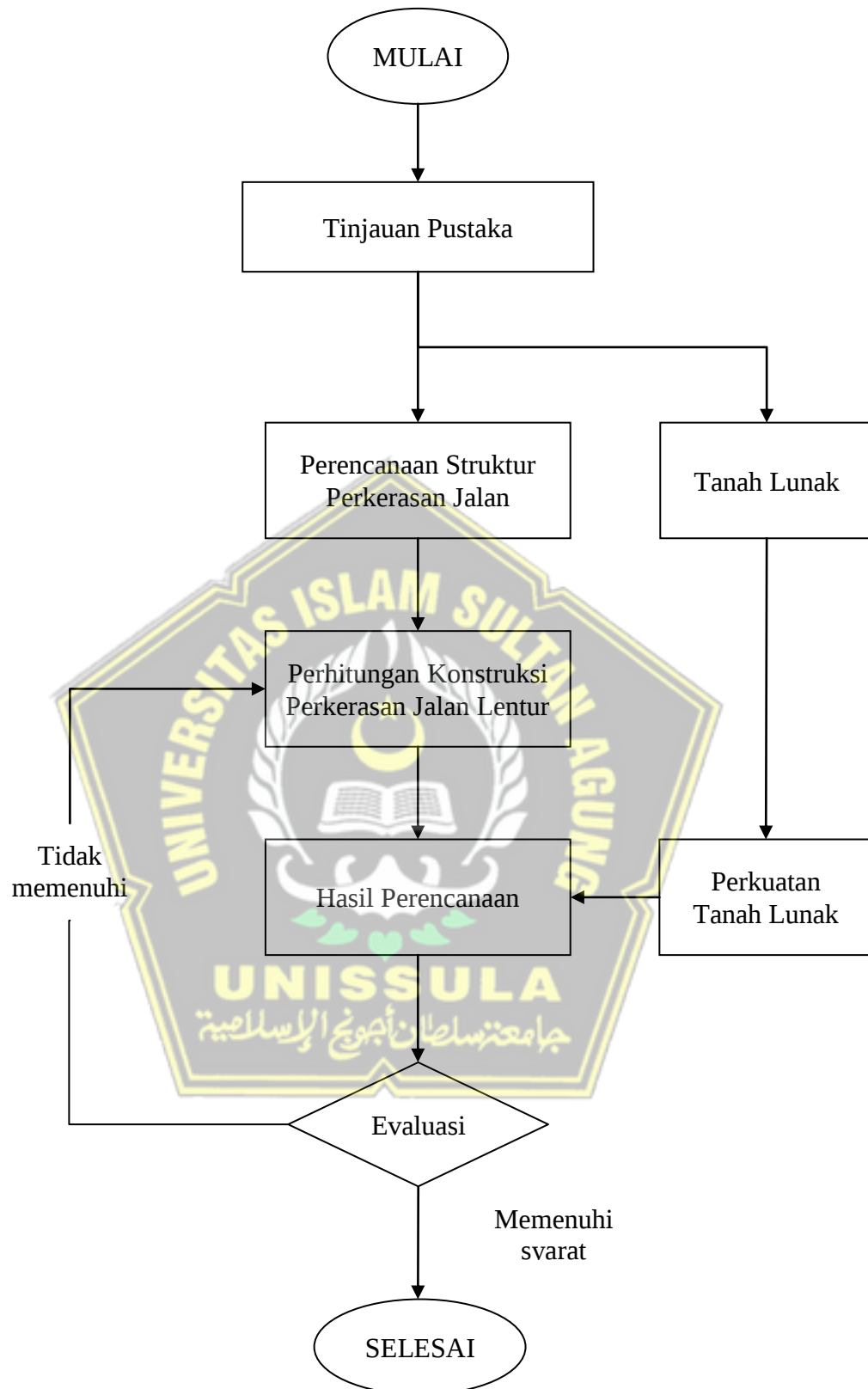
3.1. Pendahuluan

Bab ini disusun untuk menunjukkan langkah-langkah yang dibuat dalam merencana jalan Tol di atas tanah lunak. Langkah-langkah perencanaan seperti terlihat pada Bagan alir di Gambar 3.2 dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian pertama adalah perhitungan desain perkerasan lentur untuk jalan Tol, dan bagian kedua adalah perhitungan desain perkuatan tanah lunak.

Potongan melintang diperlihatkan pada Gambar 3.1 Berdasarkan gambar dapat dilihat jenis dan kedalaman tanah, dari gambar tersebut juga dapat dibuat acuan dalam merencanakan perkuatan tanah lunak dengan menggunakan fondasi tiang pancang. Perencanaan pondasi tiang pancang akan direncanakan dengan rencana kedalaman adalah 40 m.



Gambar 3.1 Potongan melintang konstruksi perkerasan jalan di atas tanah lunak



Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan Perkerasan Jalan di Atas Tanah Lunak

3.2. Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Metode AASHTO 1993

Perencanaan perkerasan menggunakan metode AASHTO (*American Association Of State Highway & Transportation Official*) 1993 [6], dan dengan batasan perencanaan berdasarkan pada Buku Manual Desain Perkerasan 2017 dari Direktorat Jenderal Bina Marga [5]. Prosedur perencanaan tebal perkerasan jalan lentur (*Flexible Pavement*) sebagai berikut:

3.2.1. Menentukan Umur Rencana

Merujuk pada buku Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) [5] umur rencana jalan baru direncanakan sesuai dari Tabel 2.1.

3.2.2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Di dalam buku Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) [5] menyatakan bahwa jika tidak tersedia data maka Tabel 3.1 Dapat digunakan (2015-2035).

Tabel 3.1 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%) [5]

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*):

$$G_r = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \dots\dots\dots (3.1)$$

di mana:

G_r = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

r = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

n = umur rencana (tahun)

3.2.3. Lalu Lintas pada Awal Umur Rencana

Lalu lintas pada awal umur rencana jalan ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$LHR_{2021} = LHR_{2019} (1+i)^n \dots\dots\dots(3.2)$$

di mana:

LHR_{2017} = Data lalu lintas harian rata-rata tahun 2017

LHR_{2021} = Lalu lintas harian rata-rata tahun 2021 atau awal umur rencana

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

n = Umur rencana

3.2.4. Beban Sumbu Kendaraan

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (Cumulative-ESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas rencana pada lajur rencana selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESAL_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times E) \times 365 \times R \dots\dots\dots(3.3)$$

di mana:

$ESAL_{TH-1}$ = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama

LHR_{JK} = Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

E = Faktor angka ekivalen tiap jenis kendaraan niaga

$ESAL$ = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

3.2.5. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (D_D) umumnya diambil 0,50 kecuali lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah. Sedangkan untuk faktor distribusi lajur (D_L) ditentukan sesuai Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Faktor Distribusi Lajur (D_L) [5]

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (%)
1	100
2	80
3	60
4	50

Menghitung lalu lintas pada lajur rencana selama tahun pertama menggunakan persamaan berikut:

$$W_{8,16} = D_D \times D_L \times \text{Desain ESAL} \dots\dots\dots(3.4)$$

di mana:

Desain ESAL = beban ESAL rencana (dari pers. 3.3)

D_D = faktor distribusi arah

D_L = faktor distribusi lajur

Kemudian menghitung hubungan antara umur rencana dengan ESAL untuk masing-masing tahun menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$w_{8,16} = W_{8,16} \times \frac{(1+r)^t - 1}{r} \dots\dots\dots(3.5)$$

di mana:

$W_{8,16}$ = lalu lintas pada lajur rencana selama tahun pertama

r = faktor pertumbuhan lalu lintas (%)

t = waktu (tahun)

3.2.6. Reliability (R)

Nilai reliability diambil dari tabel 2.3. dan nilai S_0 diambil dari rentang 0,40 - 0,50.

3.2.7. Serviceability

Mencari nilai kehilangan kemampuan pelayanan total (*total loss of serviceability*) menggunakan persamaan 2.5.

3.2.8. Modulus Resilient (M_R)

Dalam mencari nilai *modulus resilient* (M_R) dari tanah dasar dengan menggunakan rumus persamaan 2.4.

3.2.9. Koefisien Lapisan (a)

Koefisien lapisan ditentukan dengan cara memilih bahan tiap lapis perkerasan, dari bahan tiap lapis perkerasan didapatkan modulus elastisitas (E) kemudian dari data modulus elastisitas (E) akan digunakan untuk menentukan koefisien tiap lapisan (a) dengan menggunakan nomogram.

3.2.10. Koefisien Drainase (m)

Sebelum menentukan koefisien drainase yang pertama kali dilakukan adalah menentukan kualitas drainase yang ditunjukkan dalam Tabel 2.6 kemudian dilanjutkan dengan menentukan koefisien drainase yang ditunjukkan dalam Tabel 2.7.

3.2.11. Penentuan Nilai *Structural Number* (SN)

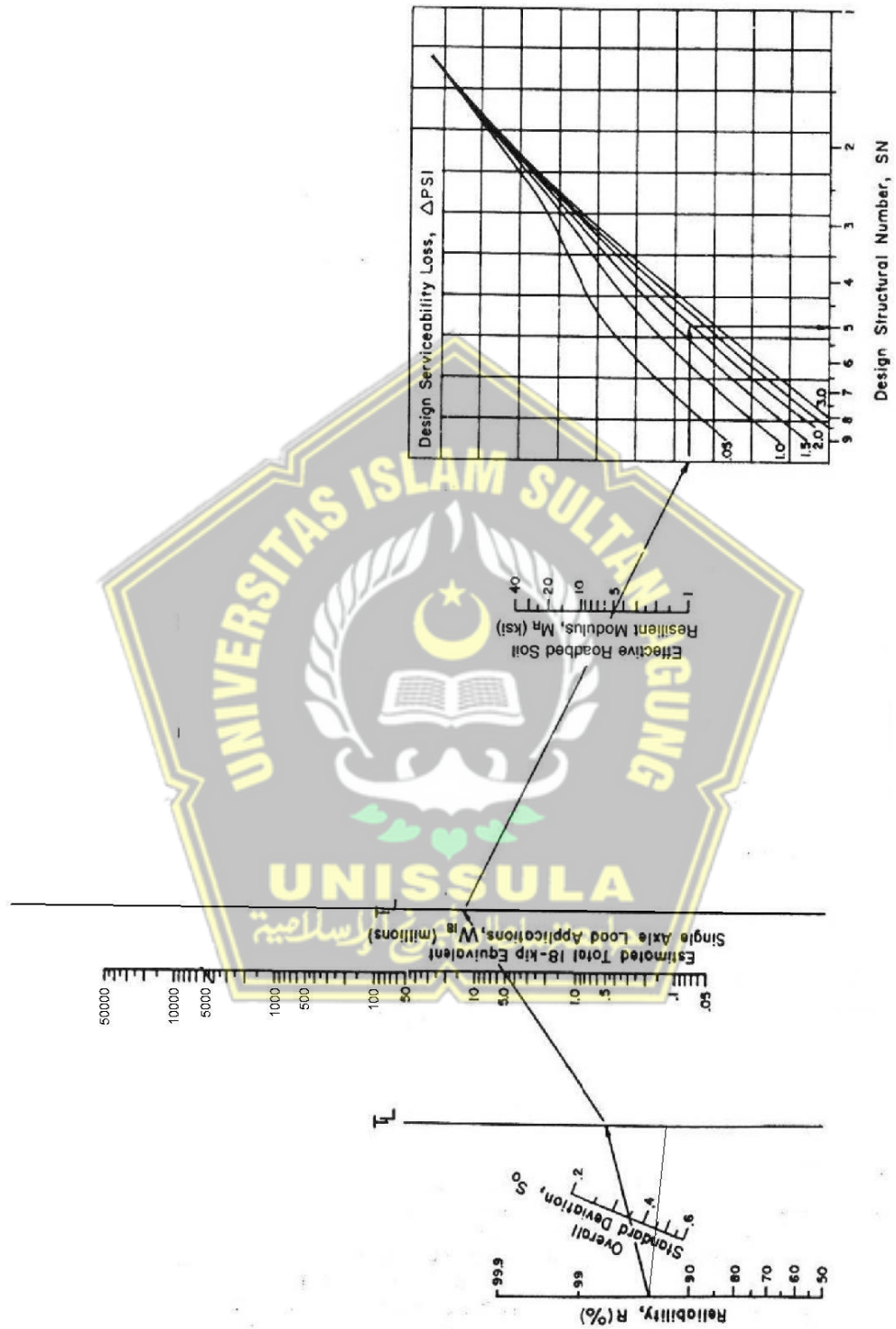
Penentuan nilai SN menggunakan nomogram yang ditunjukkan pada gambar 3.2.

3.2.12. Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan

Setelah nilai SN tiap lapis perkerasan didapatkan dari nomogram, maka dapat dihitung tebal lapis perkerasan lentur dengan persamaan rumus sebagai berikut:

- a. Lapis permukaan menggunakan rumus persamaan (2.7)
- b. Lapis pondasi atas menggunakan rumus persamaan (2.8)
- c. Lapis pondasi bawah menggunakan rumus persamaan (2.11)





Gambar 3.3 Nomogram penentuan nilai SN untuk perkerasan lentur [6]

3.3. Perencanaan Tinggi Lapis Timbunan

Untuk menghitung tebal lapis timbunan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H_R = \frac{q}{\gamma \text{ timbunan}} \dots\dots\dots (3.6)$$

di mana,

H_R = Tinggi timbunan rencana (m)

q = Beban rencana (t/m^2)

γ timbunan = Berat jenis tanah timbunan (t/m^3)

3.4. Penanganan Tanah Lunak

3.4.1. Parameter Tanah

Parameter tanah yang digunakan berupa menganalisis data tanah yang diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA dengan hasil pengujian tanah lunak yang berlokasi di Jateng Land Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. Hasil data ditunjukkan pada Lampiran A.

3.4.2. Beban di Atas Tanah Lunak

Beban di atas tanah lunak terdiri dari beban roda kendaraan, berat lapis perkerasan dan berat lapis timbunan yang dijelaskan sebagai berikut:

1) Beban roda kendaraan $P = 8,16$ ton

2) Beban lapis perkerasan dan timbunan

$$P = \text{volume penampang tiap lapis} \times \gamma \text{ bahan material (ton)} \dots\dots\dots (3.7)$$

3.4.3. Perencanaan Fondasi Tiang

3.4.3.1. Daya Dukung Izin Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung izin tiang pancang berdasarkan data N-SPT dengan menggunakan persamaan dari Mayerhof sebagai berikut [15]:

$$P_a = \frac{q_c \cdot A_p}{SF_1} + \frac{\sum Li \cdot f_i \cdot A_{st}}{SF_2} \dots\dots\dots (3.8)$$

di mana,

P_a = daya dukung izin tiang (ton)

N = nilai N-SPT

q_c = tahanan konus (untuk pasir $q_c = 40.N$ dan untuk lanau/lempung $q_c = 20.N$)

A_p = luas penampang (m^2)

A_{st} = keliling penampang (m)

Li = panjang segmen tiang yang ditinjau (m)

f_i = gaya geser pada selimut segmen tiang (untuk pasir $f_i = N/5$ dengan $f_{i,max} = 10 \text{ t/m}^2$ dan untuk lanau/lempung $f_i = N$ dengan $f_{i,max} = 12 \text{ t/m}^2$)

SF_1 = faktor keamanan 3

SF_2 = faktor keamanan 5

3.4.3.2. Perhitungan Jumlah Tiang

Untuk menghitung jumlah tiang menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n_p = \frac{\sum V}{P_a} \dots\dots\dots (3.9)$$

di mana,

P_a = daya dukung izin tiang (ton)

$\sum V$ = total beban vertikal (beban aksial dan berat pile cap)

3.4.3.3. Efisiensi Kelompok Tiang

Untuk menghitung kapasitas ultimit tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan persamaan:

$$P_{\text{total}} = E_g \times n \times P_a \dots\dots\dots(3.10)$$

Persamaan efisiensi tiang:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \dots\dots\dots(3.11)$$

di mana:

P_{total} = Beban kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan (kN)

P_a = Beban maksimum tiang tunggal (kN)

E_g = Efisiensi kelompok tiang (%)

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

θ = Arc tg D/S, dalam derajat ($^{\circ}$)

3.4.4. Analisis Program Plaxis 8.6

Program Plaxis digunakan untuk menentukan nilai penurunan tanah, program ini terdiri dari empat sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, serta kurva. Prosedur dalam menggunakan program Plaxis sebagai berikut.

- 1) Membuat permodelan geometri penampang sesuai dengan potongan melintang jalan dan penampang tiap lapis tanah lunak sesuai dengan data hasil pengujian tanah lunak yang digunakan.
- 2) Selanjutnya adalah memasukkan parameter bahan material ke dalam Material Sets seperti tanah, beton, aspal, dan batu pecah. Pada program Plaxis ini parameter tanah menggunakan permodelan Mohr Coulomb serta untuk parameter beton, aspal dan batu pecah menggunakan permodelan Linier Elastic. Pada permodelan Mohr Coulomb terdiri dari beberapa parameter

yaitu, berat volume tanah jenuh air (γ_{sat}), berat volume tanah tidak jenuh air (γ_{unsat}), permeabilitas arah horizontal (k_x), permeabilitas arah vertikal (k_y), modulus elastisitas (E), poisson ratio (ν), kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ) dan sudut dilatasi (ψ). Untuk parameter permodelan Linier Elastic terdiri dari berat volume tanah tidak jenuh air (γ_{unsat}), modulus elastisitas (E), dan poisson ratio (ν). Kemudian terdapat 3 jenis material yaitu Terdrainase, Tak terdrainase, dan Tidak porous dipilih sesuai dengan jenis material yang digunakan.

- 3) Jaring elemen, selanjutnya dilakukan penyusunan jaring elemen setelah itu dilanjutkan penentuan muka air tanah dan perhitungan tekanan air pori. Setelah semua selesai dimasukkan, maka kemudian dilanjutkan dengan perhitungan analisis plastis, konsolidasi dan reduksi ϕ - c .



BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Perencanaan ketebalan dan perhitungan perkerasan lentur dilakukan dengan menggunakan metode perancangan perkerasan jalan AASHTO 1993 dengan beberapa pengecualian seperti umur rencana, laju pertumbuhan lalu lintas, digunakan ketentuan dari Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat [5]. Jalan yang akan direncanakan adalah Jaln Tol Semarang – Demak yang saat ini sedang dalam tahap pelaksanaan. Lalu lintas yang digunakan dalam perhitungan adalah lalu lintas harian rata-rata (LHR) jalan Semarang – Demak tahun 2019 dengan laju pertumbuhan lalu lintas per tahun berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Bina Marga untuk jalan arteri adalah 4,8% per tahun.

4.2. Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode AASHTO 1993

4.2.1. Umur Rencana

Jalan Tol ini direncanakan dengan umur rencana 20 tahun sesuai dengan ketentuan dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (lihat Tabel 2.1 pada Bab II). Berdasarkan ketentuan di dalam AASHTO 1993, kinerja perkerasan maksimum hanya akan dapat dicapai sampai umur 15 tahun.

4.2.2. Lalu Lintas

Parameter lalu lintas yang dipergunakan dalam perhitungan adalah lalu lintas harian rata-rata (LHR) jalan Semarang - Demak tahun 2019 dengan pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,8% seperti disebutkan di sub bab 4.1 di atas.

LHR jalan Semarang – Demak tahun 2019 adalah sebagai berikut:

Bus kecil	=	48 kendaraan/hari
Bus Besar	=	331 kendaraan/hari
Truk 2 Sumbu - Ringan	=	162 kendaraan/hari
Truk 2 Sumbu - Sedang	=	3.371 kendaraan/hari
Truk 3 Sumbu	=	2.145 kendaraan/hari
Truk Semi Trailer	=	183 kendaraan/hari
Truk Trailer	=	1.065 kendaraan/hari
Jumlah	=	7.305 kendaraan/hari

4.2.2.1. Perhitungan Lalu Lintas Awal Umur Rencana

Periode awal dari umur rencana perkerasan jalan adalah tahun 2021 (2 tahun setelah 2019), dengan pertumbuhan lalu lintas 4,8% per tahun, maka LHR tahun 2021 dihitung dengan menggunakan persamaan 3.2.

Bus kecil	=	$48 \times (1 + 0,048)^2$	=	53 kendaraan/hari
Bus besar	=	$331 \times (1 + 0,048)^2$	=	364 kendaraan/hari
Truk 2 Sumbu - Ringan	=	$162 \times (1 + 0,048)^2$	=	178 kendaraan/hari
Truk 2 Sumbu - Sedang	=	$3.371 \times (1 + 0,048)^2$	=	3.702 kendaraan/hari
Truk 3 Sumbu - Ringan	=	$2.145 \times (1 + 0,048)^2$	=	2.356 kendaraan/hari
Truk Semi Trailer	=	$183 \times (1 + 0,048)^2$	=	201 kendaraan/hari
Truk Trailer	=	$1.065 \times (1 + 0,048)^2$	=	1.170 kendaraan/hari
Jumlah LHR			=	8.024 kendaraan/hari

4.2.2.2. Angka Ekuivalensi (E)

Angka ekuivalensi (E) diambil dari AASHTO 1993 *Guide for Design of Pavement Structure* seperti tersebut pada Tabel 4.1.

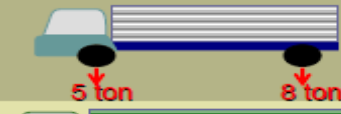
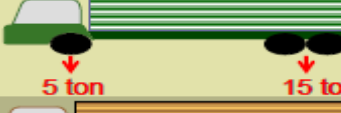
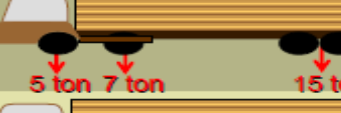
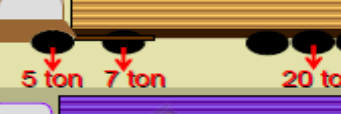
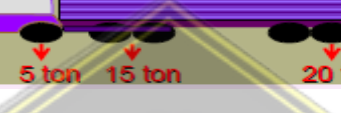
Table 4.1 Angka ekuivalen (E) berdasarkan beban sumbu [6]

Beban Sumbu		Faktor Ekuivalen (E)		
(kips)	(ton)	Tunggal	Tandem	Tridem
2	1	0.0002	0.00	
4	2	0.002	0.0002	
6	3	0.011	0.0011	
8	4	0.036	0.0033	
10	5	0.094	0.0077	
12	6	0.202	0.0154	
14	7	0.386	0.0286	
16	8	0.673	0.0506	
18	9	1.10	0.0858	
20	10	1.705	0.1287	0.0286
22	11		0.1914	0.0418
24	12		0.2772	0.0605
26	13		0.3883	0.0847
28	14		0.5291	0.1166
30	15		0.7073	0.154
32	16		0.9262	0.2024
34	17		1,188	0.2618
36	18		1,518	0.3333
38	19		1,892	0.4191
40	20		2,343	0.5203

4.2.2.3. Perhitungan Equivalent Single Axle Load (ESAL)

Berdasarkan Konfigurasi beban 8.16 ton [26] seperti tersebut pada Tabel 4.2, dan Angka Ekuivalen E dari Tabel 4.1, maka angka ESAL masing-masing kendaraan dapat dihitung.

Tabel 4.2 Konfigurasi beban untuk 8,16 Ton ESAL

GOLONGAN	KONFIGURASI	VDF
6B (trailer 2 sumbu) 1.2H		1.716
7A (trailer 3 sumbu) 1.2.2		1.774
7C1 (trailer 4 sumbu) 1.2+2.2		2.316
7C2 (trailer 5 sumbu) 1.2+2.2.2		3.246
7C3 (trailer 6 sumbu) 1.2.2+2.2.2		3.687

ESAL untuk masing-masing jenis kendaraan adalah sebagai berikut:

1. Bus kecil (8 T) = 3 T (tunggal) + 5 T (tunggal) = 0,0110 + 0,0940 = 0,1050
2. Bus besar (13 T) = 5 T (tunggal) + 8 T (tunggal) = 0,0940 + 0,3365 = 0,4305
3. Truk Ringan 2 Sumbu (8 T) = 3 T (tunggal) + 5 T (tunggal) = 0,0940 + 0,3365 = 0,4305
4. Truk Sedang 2 Sumbu (13 T) = 5 T (tunggal) + 8 T (tunggal) = 0,0940 + 0,3365 = 0,4305
5. Truk 3 Sumbu (20 T) = 5 T (tunggal) + 15 T (tandem) = 0,0940 + 0,3537 = 0,4477
6. Truk Semi Trailer (27 T) = 5 T (tunggal) + 7 T (tandem) + 15 T (tandem) = 0,0940 + 0,193 + 0,3537 = 0,6407
7. Trailer (32 T) = 5 T (tunggal) + 7 T (tandem) + 20 T (tridem) = 0,0940 + 0,1930 + 0,2602 = 0,5472

4.2.2.4. Perhitungan ESAL Rencana

Perhitungan ESAL rencana dilakukan dengan menggunakan tabel seperti terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan ESAL 8,16 ton

Jenis Kendaraan	LHR 2021	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	Desain Lalu Lintas ($\times 10^6$)	ESAL faktor	Desain ESAL ($\times 10^6$)
(1)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5a	53	21,27	0,409	0,1050	0,043
5b	364	21,27	2,822	0,4305	1,215
6a	178	21,27	1,381	0,4305	0,597
6b	3.702	21,27	28,744	0,4305	12,374
7a	2.356	21,27	18,290	0,4477	8,188
7b	201	21,27	1,560	0,6407	0,999
7c	1.170	21,27	9,081	0,5472	4,969
Total	8.024				28,384

Keterangan:

$$\text{Kolom (3)} = \text{LHR}_{2019} \times (1 + i)^2$$

$$\text{Kolom (4)} = G_r = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

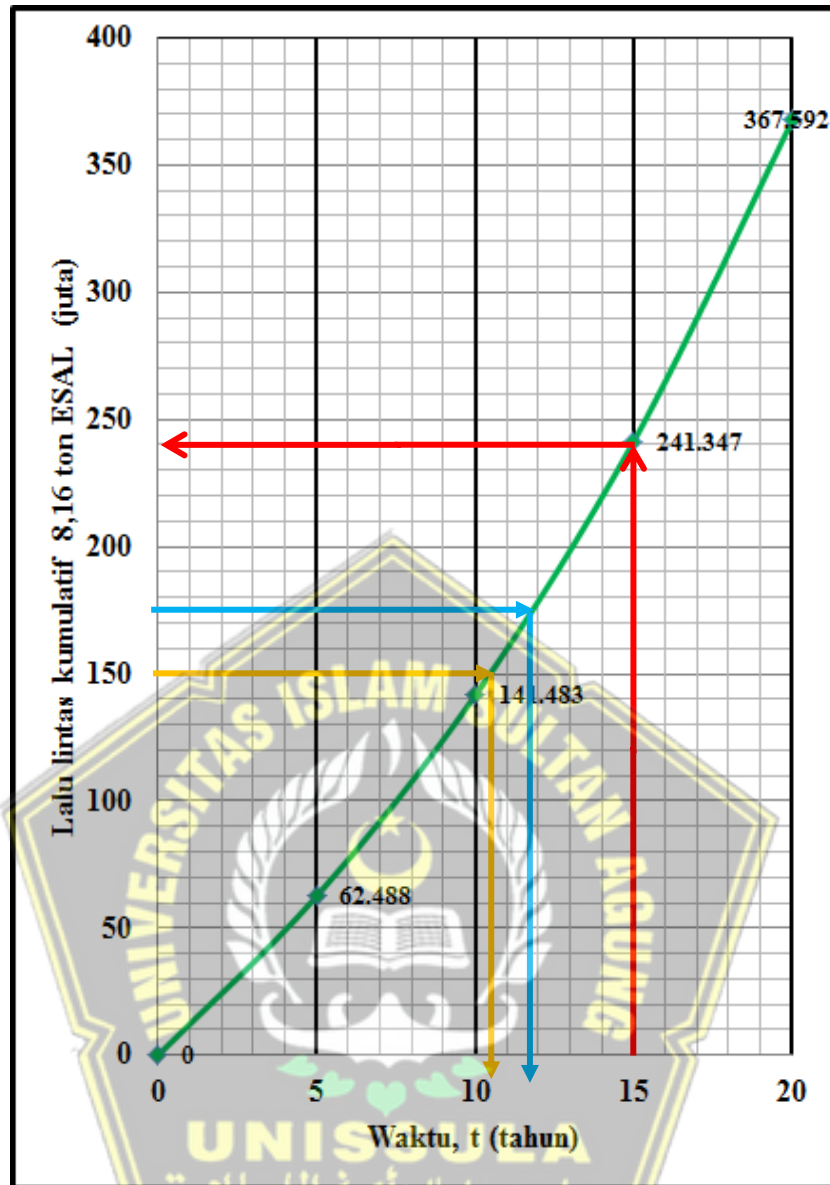
$$\text{Kolom (5)} = (3) \times (4) \times 365$$

$$\text{Kolom (7)} = (5) \times (6)$$

Selanjutnya lalu lintas pada lajur rencana ($W_{8,16}$) selama tahun pertama dihitung dengan persamaan 3.4 sebagai berikut

$$\begin{aligned} W_{8,16} &= D_D \times D_L \times \text{Desain ESAL} \\ &= 0,5 \times 0,8 \times 28,384 \times 10^6 = 11,354 \times 10^6 - (8,16 \text{ ton}) \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Grafik hubungan antara umur rencana dengan ESAL diperoleh dari perhitungan ESAL untuk masing-masing tahun yang ditinjau dengan menggunakan persamaan 3.5 dan digambarkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara lalu lintas terhadap waktu

4.2.3. Reliability

Reliability menyatakan tingkat kemungkinan perkerasan dapat melayani lalu lintas selama masa umur rencananya. Nilai R digunakan untuk memperkirakan kemungkinan ketidaktepatan perhitungan volume lalu lintas dan kinerja perkerasan. Nilai reliabilitas yang digunakan untuk jalan bebas hambatan adalah 90%. Namun karena konstruksi harus dilakukan dalam dua tahap, maka reliabilitas desain untuk setiap tahap adalah $90^{1/2}$ atau 95%. Kriteria lain yang

digunakan adalah deviasi standar keseluruhan (S_0). Deviasi standar keseluruhan untuk perkerasan lentur adalah 0,45.

4.2.4. Serviceability

Berdasarkan volume lalu lintas dan klasifikasi fungsional jalan, maka nilai kemampuan pelayanan awal $p_0 = 4,2$ dan nilai kemampuan pelayanan akhir untuk jalan utama adalah $p_t = 2,5$. Jadi kehilangan kemampuan pelayanan total untuk adalah:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t = 4,2 - 2,5 = 1,7$$

4.2.5. Modulus Resilient (M_R)

Modulus resilient tanah dasar ditentukan dari pendekatan hubungan antara CBR dan M_R seperti yang diberikan oleh AASHTO yaitu $M_R = 1500 \text{ CBR}$. Dengan nilai CBR tanah dasar 5% dan dengan menggunakan persamaan 2.4, maka:

$$\begin{aligned} M_R &= 1500 \times \text{CBR} \\ &= 1500 \times 5 = 7500 \text{ psi} \end{aligned}$$

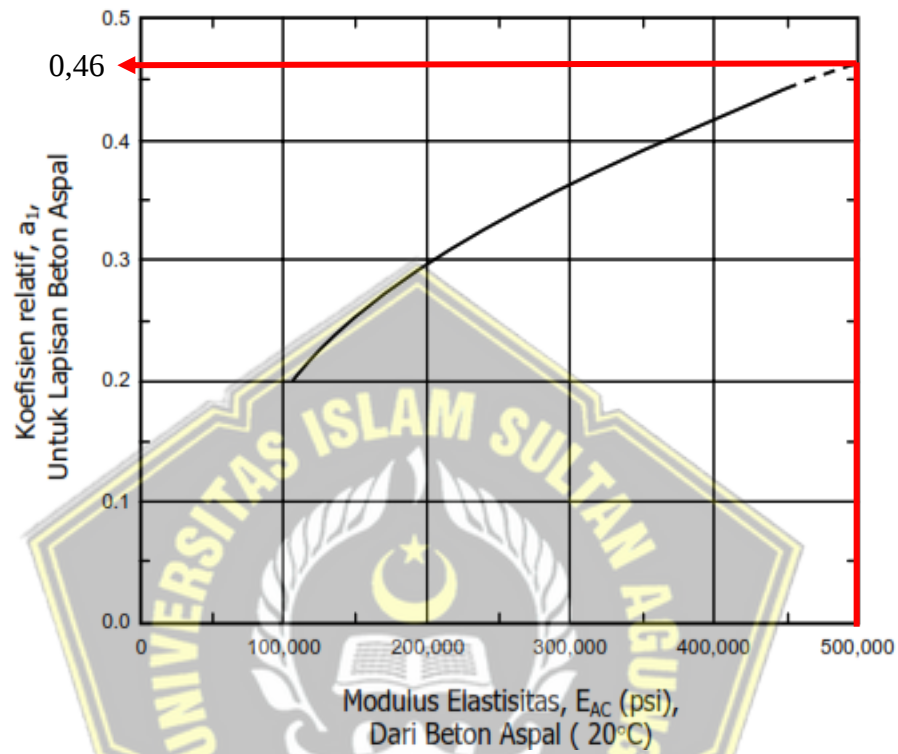
4.2.6. Penentuan Koefisien Kekuatan Lapisan Relatif (a)

Bahan-bahan yang dipegunakan pada perkerasan jalan Tol ini adalah:

- Aspal beton dengan modulus elastisitas (E_{AC}) = 500.000 psi
- Batu pecah (kelas A) dengan modulus elastisitas (E_{BS}) = 30.000 psi
- Lapis pondasi bawah dengan modulus elastisitas (E_{SB}) = 15.000 psi

Dari grafik-grafik tersebut pada Gambar 4.2, 4.3 dan Gambar 4.4 koefisien kekuatan bahan relatif a_1 , a_2 , a_3 , masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pemodasi atas (*base*), dan lapis pondasi bawah (*subbase*) dapat ditentukan. Nilai a_1 , a_2 , dan a_3 , adalah:

- Aspal beton : $a_1 = 0,46$ (dari Gambar 4.2.)
- Batu pecah (kelas A) : $a_2 = 0,14$ (dari Gambar 4.3.)
- Lapis pondasi bawah : $a_3 = 0,11$ (dari Gambar 4.4.)



Gambar 4.2 Koefisien kekuatan relatif a_1 [6]

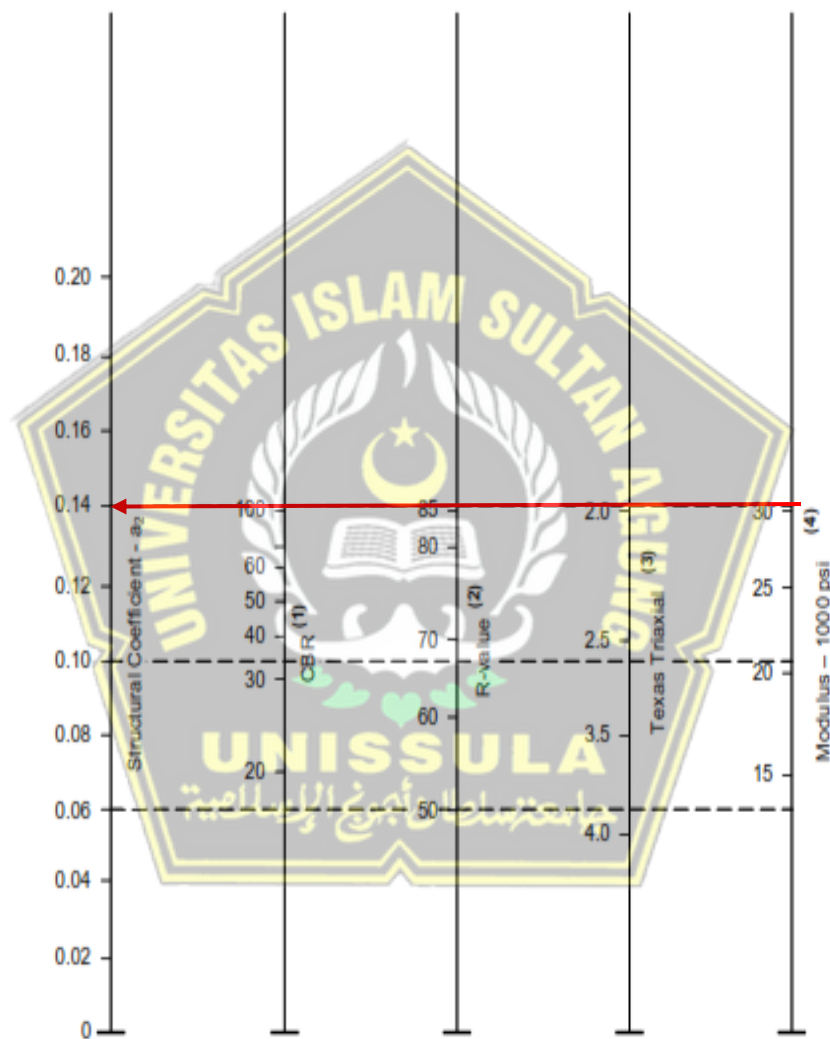
4.2.7. Koefisien Drainase (m)

Ada lima tingkat drainase dari struktur perkerasan jalan yang diberikan oleh AASHTO yaitu:

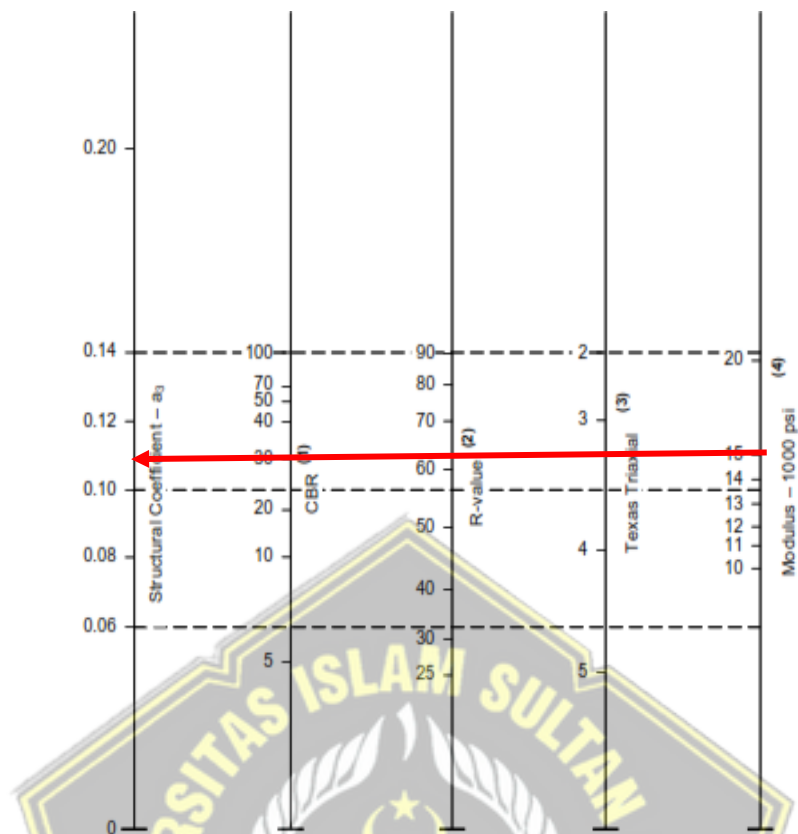
Tabel 4.4 Kualitas drainase

Kualitas drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat buruk	Air tidak mengalir

Tingkat drainase jalan tol Semarang - Demak termasuk dalam tingkat kualitas 'baik', dan berdasarkan tabel 2.7 persentase waktu struktur perkerasan tersebut terkena air adalah 1 sampai 5%. Dengan rentan nilai 1,30 - 1,15 maka diperoleh koefisien drainase sebesar 1,25 baik untuk lapisan subbase dasar 'm1' maupun 'm2'.



Gambar 4.3 Koefisien kekuatan relatif a_2 [6]



Gambar 4.4 Koefisien kekuatan relatif a_3 [6]

4.2.8. Penentuan Nilai Structural Number (SN)

1) Menentukan SN_3 untuk seluruh lapisan perkerasan

Mengacu pada Gambar 3.2 Bab III halaman 25 dari AASHTO 1993 untuk menentukan desain structural number (SN) yang diperlukan untuk kondisi tertentu, data meliputi:

$$R = 95 \%$$

$$S_0 = 0,45$$

$$\text{ESAL untuk 15 tahun} = 241,347 \times 10^6 - 8.16\text{ton ESAL}$$

$$M_R = 7.500 \text{ psi}$$

$$\Delta\text{PSI} = 1,7$$

Dari data di atas kemudian diterapkan pada nomogram dengan alur penerapan dari bagian kiri menuju ke bagian kanan nomogram. Didapatkan nilai untuk SN_3

adalah 8,1. Nomogram pada Gambar 4.7 menunjukkan proses untuk mendapatkan SN_3 .

2) Menentukan SN_1 untuk lapisan permukaan

Untuk mendapatkan nilai structural number lapisan permukaan (SN_1) melalui proses iterasi periode kinerja struktur perkerasan awal dengan mempertimbangkan pembengkakan jalan, Tabel 4.5 menunjukkan proses iterasi tersebut. Iterasi pertama adalah masa uji coba kinerja 13 tahun. Menggunakan Gambar 4.5. Grafik kerugian layan lingkungan terhadap waktu untuk kondisi pembengkakan, diperoleh kerugian layan akibat pembengkakan dengan nilai PSI_{SW} sebesar 0,21. Kemudian dikurangkan dengan nilai $PSI = 1,7$, didapat kerugian layan lalu lintas PSI_{TR} sebesar 1,49. Menggunakan $PSI_{TR} = 1,49$ dan menerapkan pada nomogram secara terbalik akan mendapatkan nilai lalu lintas sebesar $150 \times 10^6 - 8,16$ ton ESAL. Dari Gambar 4.1. grafik hubungan antara lalu lintas kumulatif 8,1 ton ESAL dengan waktu, ditemukan bahwa lalu lintas 150×10^6 tercapai pada tahun ke 10,5. Penggunaan tabel iterasi dihentikan apabila perbedaan antara periode kinerja percobaan dan periode kinerja yang sesuai kurang dari 1, jika selisih antara kedua periode tersebut lebih dari 1 maka dihitung kembali sampai selisih antara kedua periode tersebut tidak lebih dari 1. Dengan nilai lalu lintas 175×10^6 dan menggunakan nomogram, SN_1 dapat ditentukan. Besarnya SN_1 adalah 5,1.

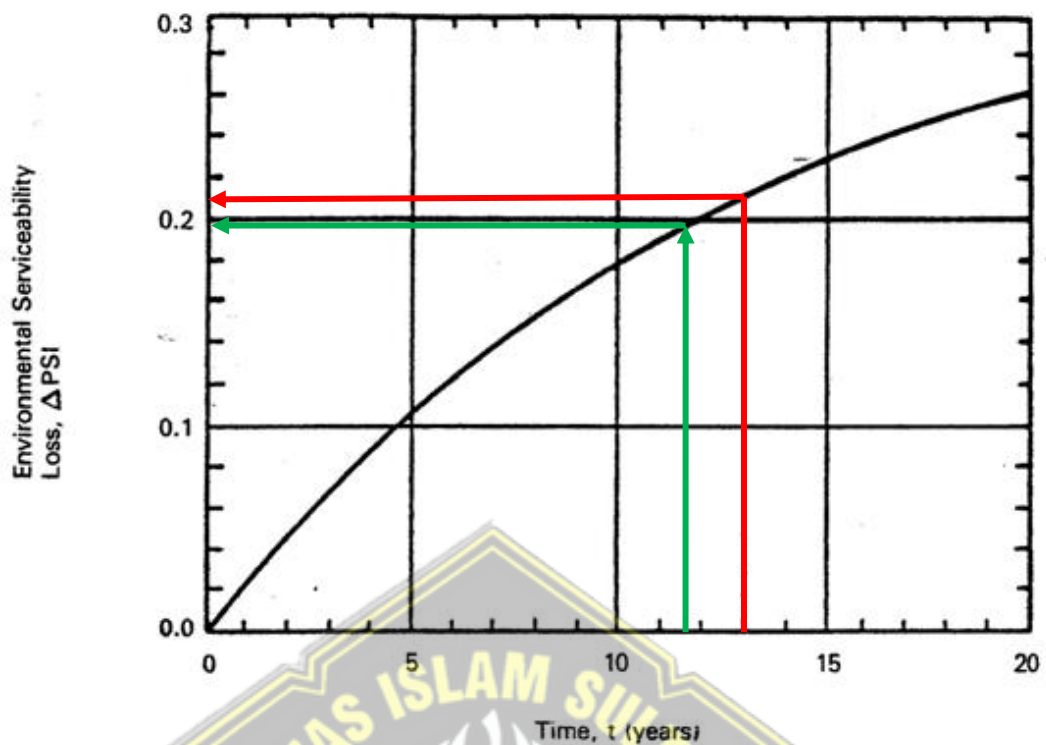
Tabel 4.5 Proses untuk memprediksi periode kinerja struktur perkerasan awal dengan mempertimbangkan pembengkakan

Initial $SN_3 = 8,1$

Periode (tahun) = 15

Desain serviceability = 1,7

Iterasi	Periode kinerja percobaan (tahun)	ΔPSI_{SW}	ΔPSI_{TR}	ESAL	Periode kinerja
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	13	0,21	$1,7 - 0,21 = 1,49$	150×10^6	10,5
2	11,75	0,20	$1,7 - 0,20 = 1,50$	175×10^6	11,8



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kerugian layan lingkungan dengan waktu untuk kondisi pembengkakan

3) Menentukan nilai SN_2 untuk lapisan pondasi

Serupa dalam menentukan structural number untuk lapisan permukaan SN_1 , menggunakan modulus subbase 15.000 psi sebagai modulus resilient tanah dasar jalan yang efektif, didapatkan nilai untuk SN_2 adalah 6,6. Nomogram pada Gambar 4.11. menunjukkan proses untuk mendapatkan SN_2 .

4.2.9. Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan

Ketebalan setiap lapisan di atas tanah dasar ditentukan dengan menggunakan beberapa persamaan di bawah ini:

1) Lapis Permukaan

Perhitungan tebal lapis permukaan menggunakan persamaan 2.7.

$$D_1^* = SN_1/a_1 = 5,1/0,46 = 11,09 \text{ inci} \propto 12 \text{ inci} = 30 \text{ cm}$$

$$SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* = 0,46 \times 12 = 5,52$$

2) Lapis Pondasi Atas

Perhitungan tebal lapis permukaan menggunakan persamaan 2.8.

$$\begin{aligned} D_2^* &= (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \\ &= (6,6 - 5,52) / (0,14 \times 1,25) = 1,08 / 0,175 \\ &= 6,17 \text{ inci} \propto 7 \text{ inci} = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$SN_2^* = a_2 \times D_2^* \times m_2 = 0,14 \times 7 \times 1,25 = 1,23$$

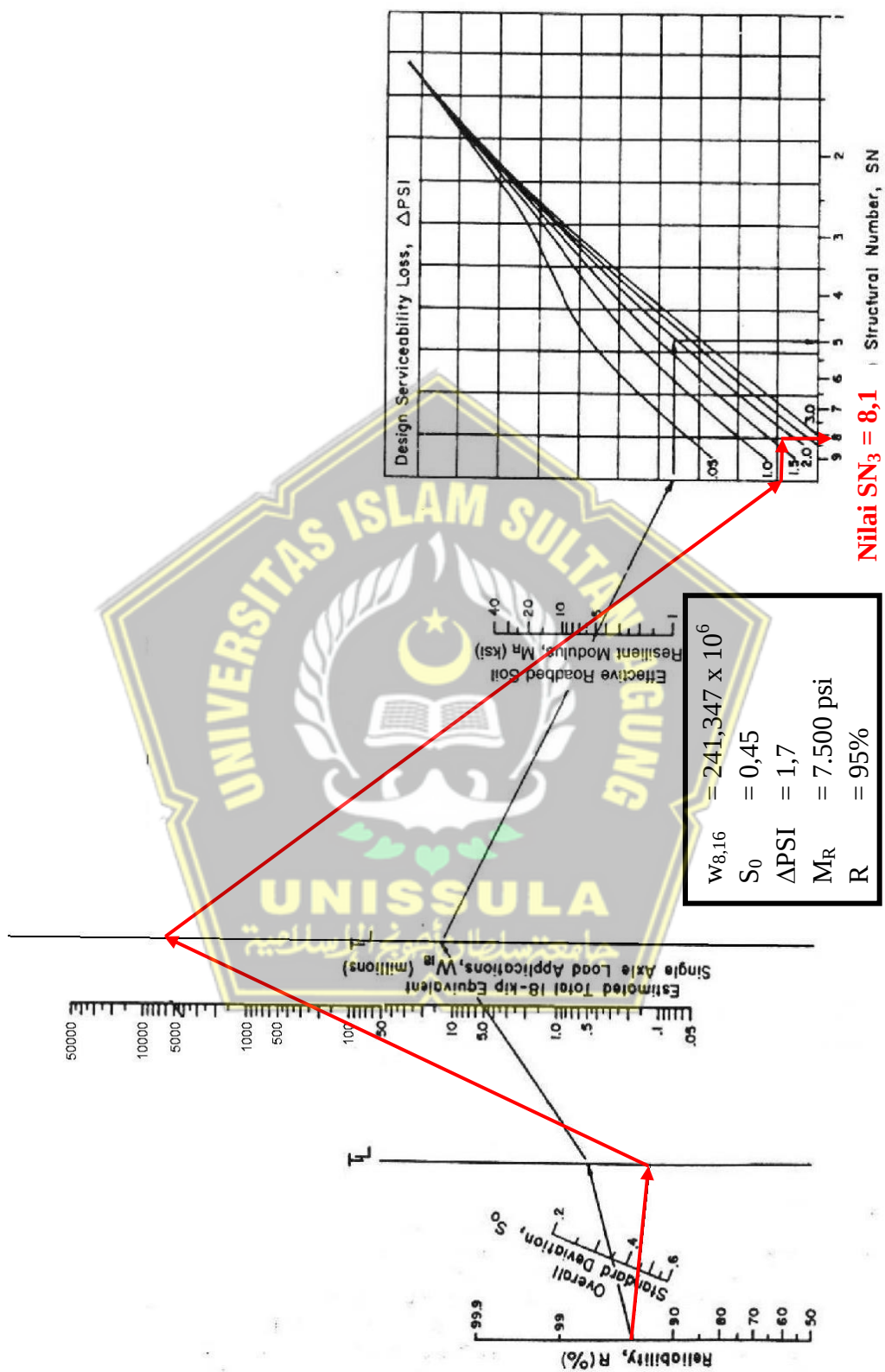
3) Lapis Pondasi Bawah

Perhitungan tebal lapis permukaan menggunakan persamaan 2.11.

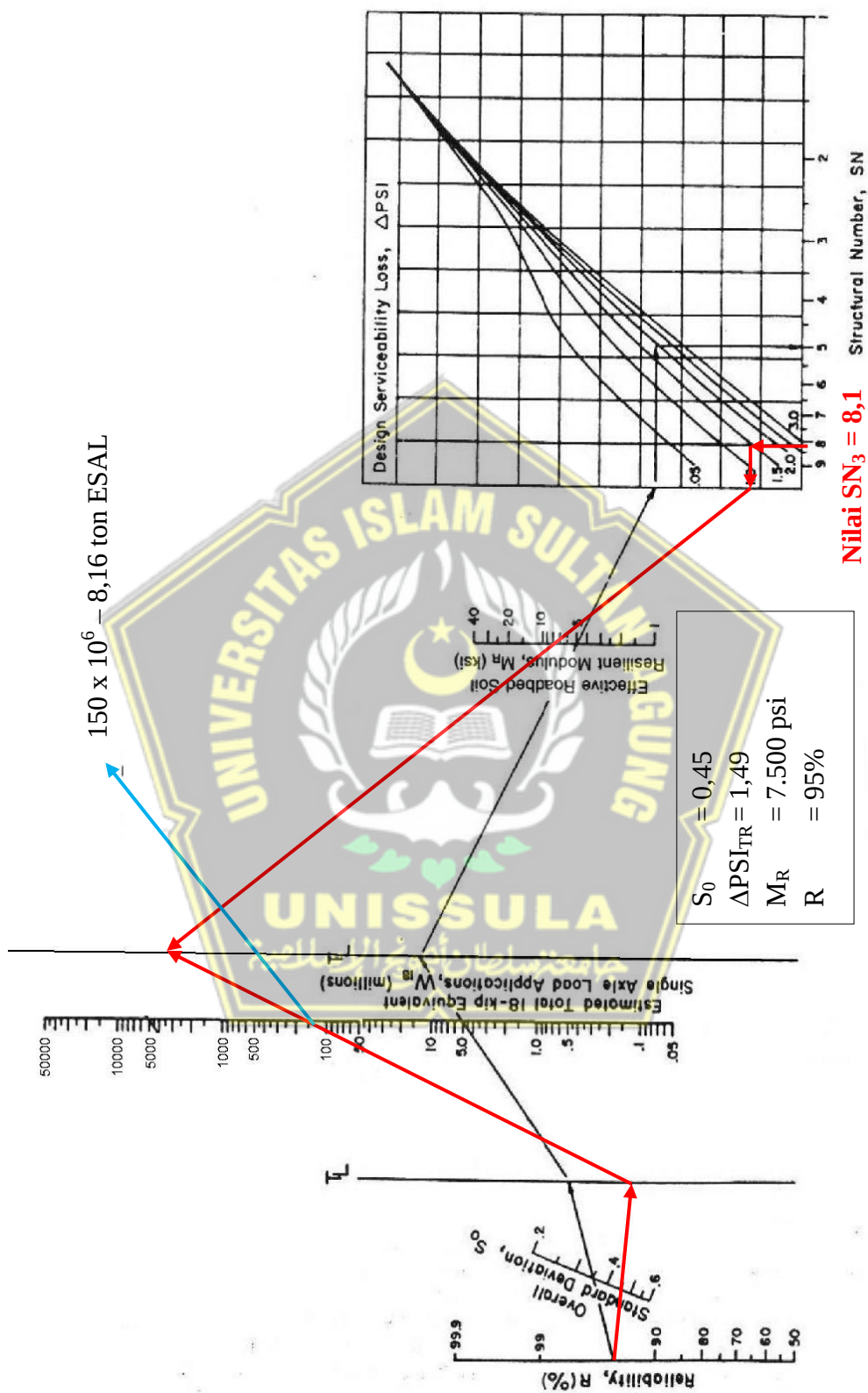
$$\begin{aligned} D_3^* &= (SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)) / (a_3 \cdot m_2) \\ &= (8,1 - (5,52 + 1,23)) / (0,11 \times 1,25) \\ &= 1,35 / 0,14 = 9,64 \text{ inci} \propto 10 \text{ inci} = 25 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Struktur perkerasan jalan lentur dengan $175 \times 10^6 - 8,16$ ton ESAL

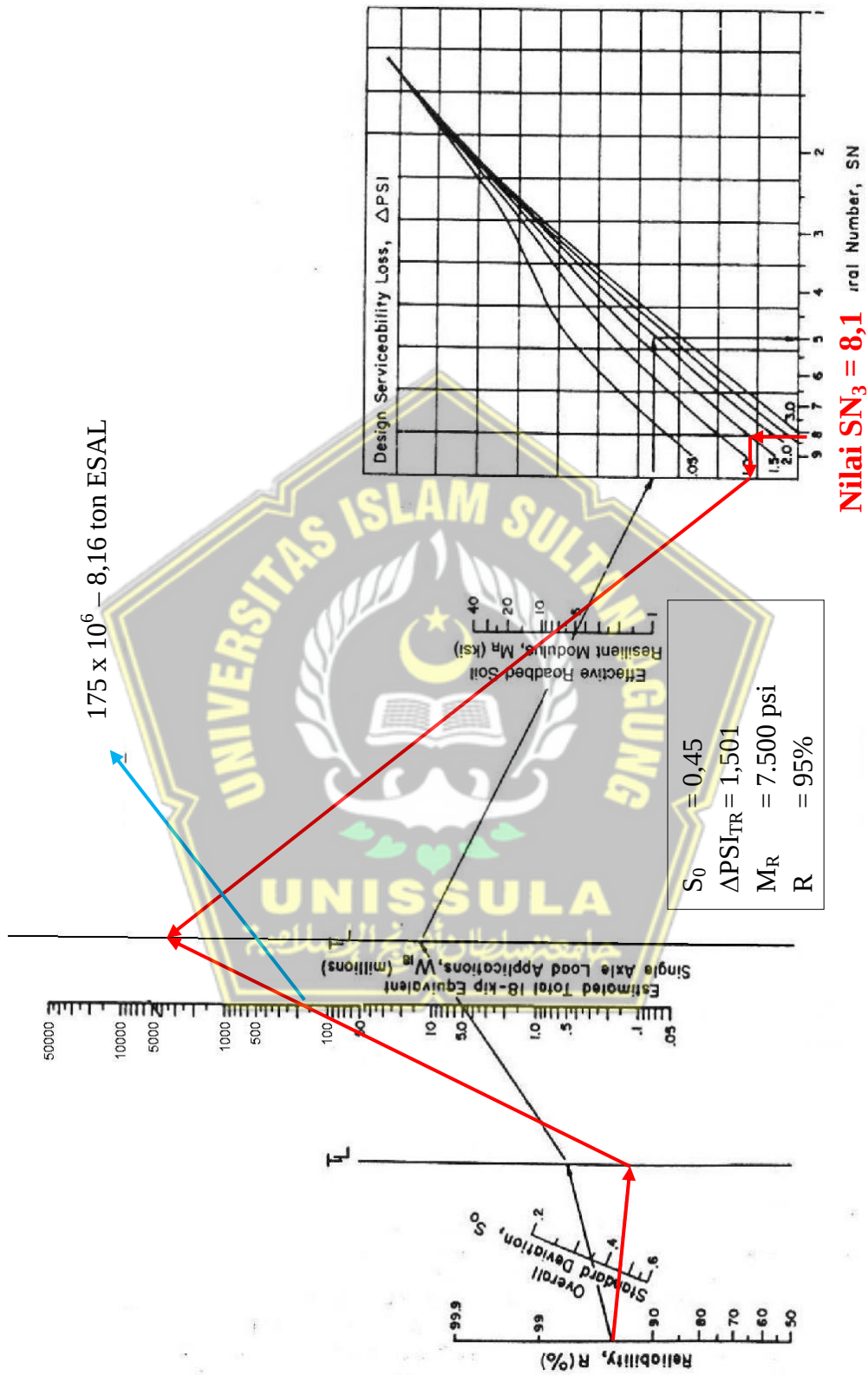


Gambar 4.7 Nomogram untuk menentukan nilai SN seluruh tebal perkerasan (SN_3)

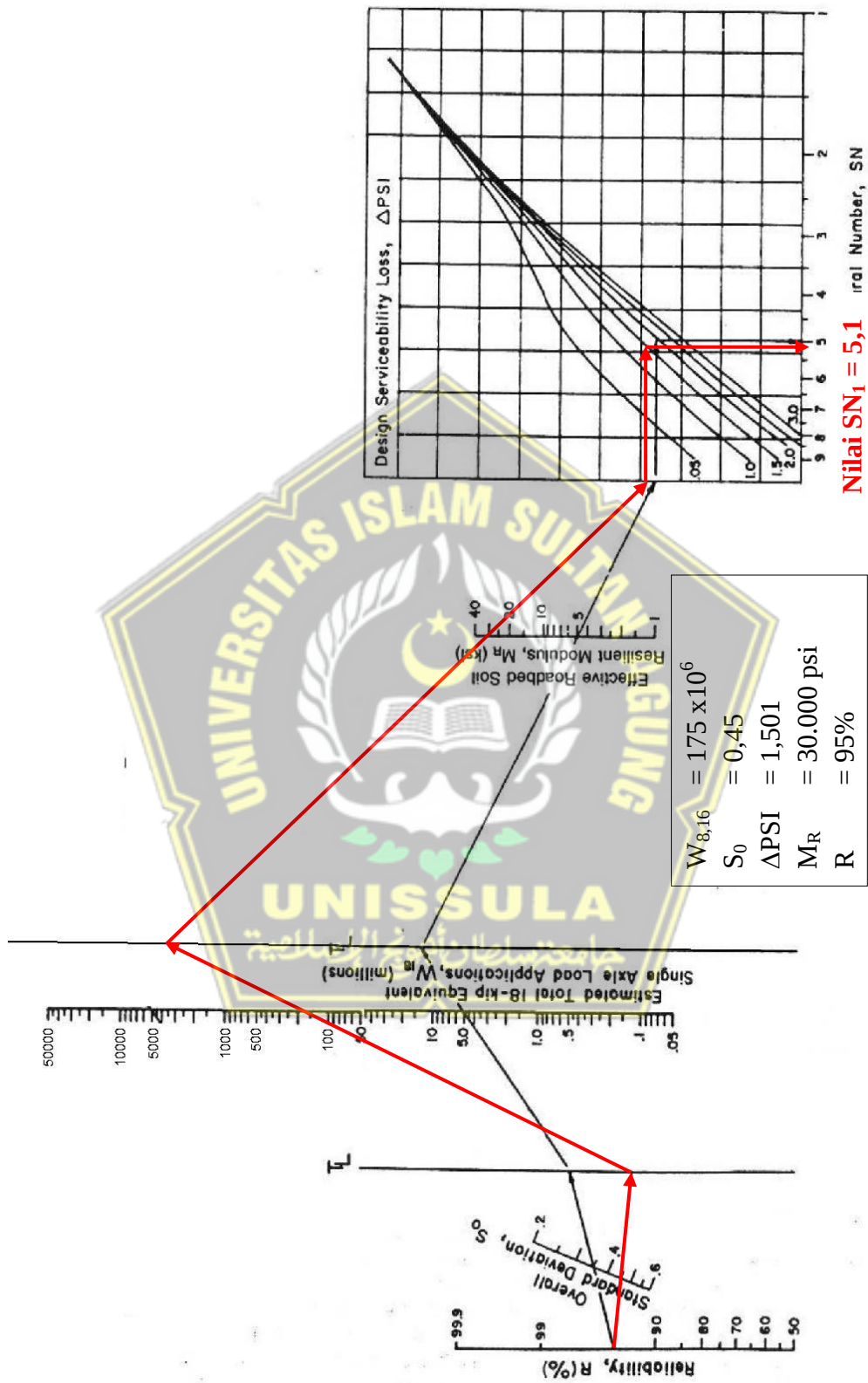


Nilai $SN_3 = 8,1$ Structural Number, SN

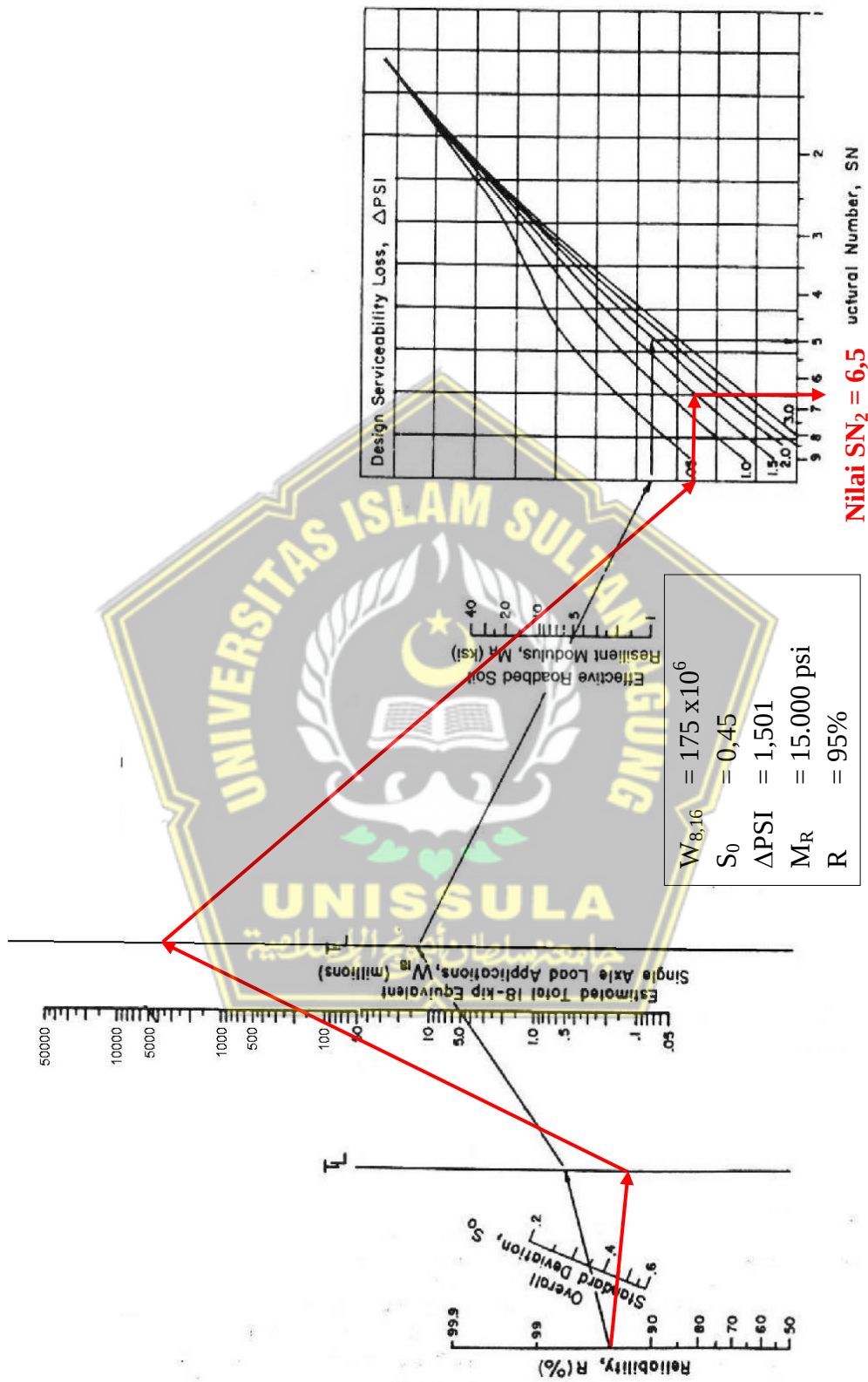
Gambar 4.8 Nomogram untuk menentukan lalu lintas dalam proses iterasi ke 1



Gambar 4.9 Nomogram untuk menentukan lalu lintas dalam proses iterasi ke 2



Gambar 4.10 Nomogram untuk menentukan nilai SN tebal lapis permukaan (SN₁)



Gambar 4.11 Nomogram untuk menentukan nilai SN tebal lapis pondasi (SN₂)

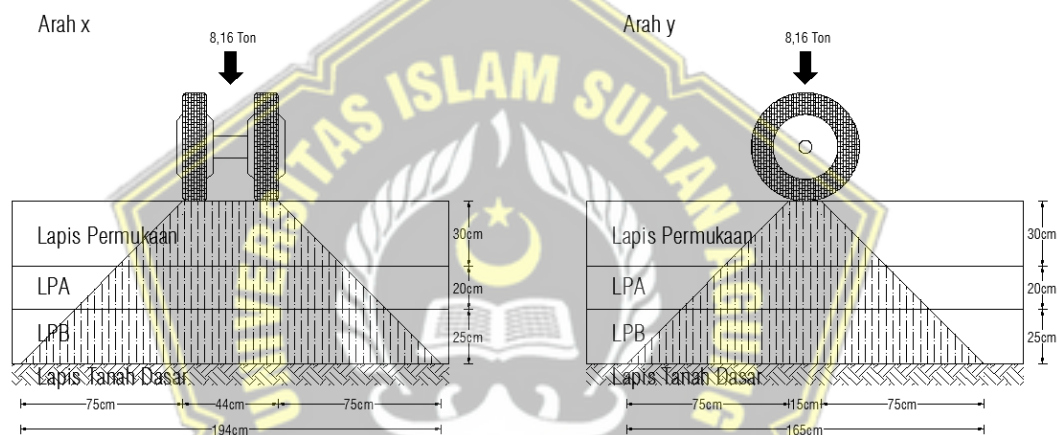
4.3. Perencanaan Tinggi Lapis Timbunan

Dalam menghitung tinggi lapis timbunan diperlukan data beban rencana di atas tanah timbunan sebagai berikut.

Beban di Atas Tanah Timbunan

- 1) Berat roda kendaraan = 8,16 ton

Distribusi beban roda kendaraan ke tanah timbunan digambarkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.12 Distribusi beban roda kendaraan ke tanah dasar

$$P_0 = 8,16 \text{ ton}$$

$$b_x = 1,94 \text{ m}$$

$$b_y = 1,65 \text{ m}$$

$$\text{Bidang kontak roda} = 1,94 \times 1,65 = 3,201 \text{ m}^2$$

$$P_1 (\text{beban distribusi roda}) = 8,16 / 3,201 = 2,549 \text{ ton/m}^2 = 25 \text{ kN/m}^2$$

2) Berat lapis permukaan = tebal x γ aspal = $0,30 \times 2,33 \text{ t/m}^3 = 0,70 \text{ t/m}^2$

3) Berat lapis pondasi atas = tebal x γ batu pecah = $0,20 \times 2,079 \text{ t/m}^3 = 0,42 \text{ t/m}^2$

4) Berat lapis pondasi bawah = tebal x γ batu pecah = $0,25 \times 2,091 \text{ t/m}^3 = 0,52 \text{ t/m}^2$

Total beban diatas tanah timbunan = $4,187 \text{ t/m}^2 = 41,058 \text{ kN/m}^2$

Maka tinggi lapis timbunan rencana dapat dihitung menggunakan persamaan 3.6 sebagai berikut:

$q = 4,187 \text{ t/m}^2$ (beban distribusi roda dan berat lapis perkerasan)

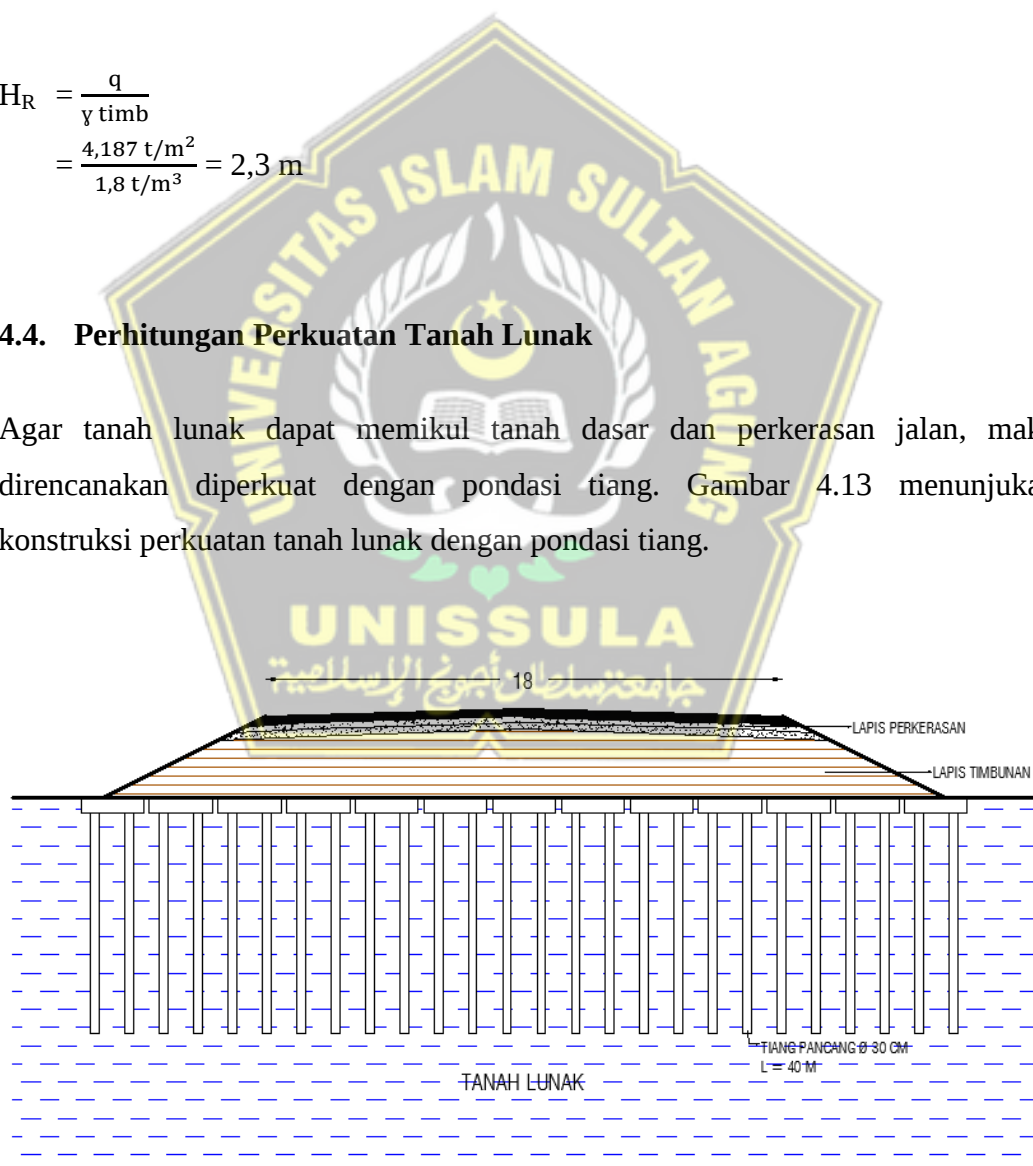
$\gamma \text{ timb} = 1,8 \text{ t/m}^3$

$$H_R = \frac{q}{\gamma \text{ timb}}$$

$$= \frac{4,187 \text{ t/m}^2}{1,8 \text{ t/m}^3} = 2,3 \text{ m}$$

4.4. Perhitungan Perkuatan Tanah Lunak

Agar tanah lunak dapat memikul tanah dasar dan perkerasan jalan, maka direncanakan diperkuat dengan pondasi tiang. Gambar 4.13 menunjukan konstruksi perkuatan tanah lunak dengan pondasi tiang.



Gambar 4.13 Konstuksi perkuatan tanah lunak dengan pondasi tiang

4.4.1. Parameter Bahan

Berikut data parameter bahan lapis perkerasan, tanah timbunan, tanah lunak dan tiang pancang yang digunakan dalam perhitungan ini ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi parameter bahan yang digunakan

Karakteristik	Berat Isi		Permeabilitas		Modulus Young	Angka Poisson	Kohesi	Sudut Geser
Simbol	γ sat	γ unsat	Kx	Ky	E ref	ν	C	ϕ
Satuan	kN/m ³	kN/m ³	m/hari	m/hari	kN/m ²		kN/m ²	°
AC-WC	17.00	15.00			1378951.46	0.3	20.00	30.00
AC-BC	23.00	22.00			2068427.19	0.3	40.00	30.00
LPA	23.00	22.00			206842.72	0.3	50.00	30.00
LPB	22.00	21.00			103421.36	0.3	50.00	30.00
Lapis Timbunan	20.00	18.00			160000.00	0.3	100.00	35.00
Tanah Lunak								
Lapis 1	15.35	8.59	0.000864	0.000864	6666.67	0.3	5.10	25.10
Lapis 2	15.35	8.59	0.000864	0.000864	6666.67	0.3	5.10	25.10
Lapis 3	14.44	8.06	0.000864	0.000864	10000.00	0.3	7.85	22.86
Lapis 4	14.46	7.99	0.000864	0.000864	6666.67	0.3	7.45	28.32
Lapis 5	14.56	8.26	0.000864	0.000864	16666.67	0.3	8.34	23.99
Lapis 6	14.74	8.29	0.000864	0.000864	40000.00	0.35	6.28	29.35
Lapis 7	15.20	8.65	0.000864	0.000864	60000.00	0.35	11.08	21.72
Lapis 8	14.08	8.01	0.000864	0.000864	80000.00	0.35	12.26	28.32
Lapis 9	16.00	9.05	0.000864	0.000864	96666.67	0.35	28.44	25.10
Tiang	24.00	24.00			33892182	0.15		
Pile Cap	24.00	24.00			27081,13	0.15		

4.4.2. Beban di Atas Tanah Lunak

Beban di atas tanah lunak merupakan total dari beban roda, berat lapis perkerasan dan berat lapis timbunan yang dihitung per 1 meter panjang jalan sebagai berikut:

- 1) Beban roda kendaraan = 8,16 ton

- 2) Berat lapis permukaan = (panjang x lebar x tebal) x γ aspal = $(1 \times 18 \times 0,30) \text{ m}^3 \times 2,33 \text{ t/m}^3 = 12,582 \text{ ton}$
- 3) Berat lapis pondasi atas = $(\text{panjang} \times \frac{(a+b) \times t}{2}) \times \gamma \text{ batu pecah} = (1 \times \frac{(19,2 + 20) \times 0,20}{2}) \text{ m}^3 \times 2,079 \text{ t/m}^3 = 8,150 \text{ ton}$
- 4) Berat lapis pondasi bawah = $(\text{panjang} \times \frac{(a+b) \times t}{2}) \times \gamma \text{ batu pecah} = (\frac{(20 + 21) \times 0,25}{2}) \text{ m}^3 \times 2,091 \text{ t/m}^3 = 10,716 \text{ ton}$
- 5) Berat tanah timbunan = $(\text{panjang} \times \frac{(a+b) \times t}{2}) \times \gamma \text{ timbunan} = (\frac{(21 + 30,6) \times 2,4}{2}) \text{ m}^3 \times 2,17 \text{ t/m}^3 = 134,366 \text{ ton}$

Total beban rencana di atas tanah lunak = 173,974 ton = 1706,115 kN

4.4.3. Perencanaan Pondasi Tiang

Data spesifikasi pondasi tiang yang digunakan pada perencanaan ini sebagai berikut.

- Jenis pondasi tiang = Concrete Circle Spun Pile
- Tipe = kelas A2
- Produsen = PT. WIKA Beton
- Diameter (D) = 0,3 m
- f'_c = 52 Mpa
- Momen crack (M_{cr}) = 2,5 ton.m
- Panjang tiang = 12 m
- P_a = 72,6 ton

Spesifikasi lainnya dapat dilihat pada lampiran B.

4.4.3.1. Daya Dukung Izin Tiang Pancang

Analisis perhitungan daya dukung izin tiang berdasarkan data N-SPT pada kedalaman 2 m dibawah permukaan tanah dihitung menggunakan persamaan 3.8.

Data-data:

$$D_{\text{tiang}} = 0,3 \text{ m}$$

$$A_p = 0,071 \text{ m}^2$$

$$N = 1$$

$$L_i = 2 \text{ m}$$

$$f_i = 1 \text{ t/m}^2$$

$$A_{st} = 2 \times 3,14 \times 0,15 = 0,942 \text{ m}$$

$$q_c = 20 \times N = 20 \times 1 = 20 \text{ t/m}^2$$

$$Pa = \frac{q_c \cdot A_p}{SF1} + \frac{\sum Li \cdot fi \cdot A_{st}}{SF2} = \frac{20 \cdot 0,071}{3} + \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,942}{5} = 0,848 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data N-SPT pada setiap kedalaman disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Daya dukung tiang pancang berdasarkan data N-SPT

Kedalaman (m)	Li (m)	N- SPT	qc (t/m ²)	Ap (m ²)	Ast (m)	fi (t/m ²)	Li x fi (t/m)	∑ Li x fi (t/m)	Pa (ton)
2	2	1	20	0,071	0,942	1	2	2	0,848
3	1	1	20	0,071	0,942	1	1	3	1,036
7	4	3	60	0,071	0,942	3	12	15	4,239
13	6	2	40	0,071	0,942	2	12	27	6,029
20	7	5	100	0,071	0,942	5	35	62	14,036
25	5	12	240	0,071	0,942	12	60	122	28,637
30	5	18	360	0,071	0,942	12	60	182	42,767
32	2	20	400	0,071	0,942	12	24	206	48,230
40	8	29	580	0,071	0,942	12	96	302	70,556

Didapatkan Pa berdasarkan N-SPT terbesar = 70,556 ton < Pa berdasarkan spesifikasi pabrikan = 72,6 ton, maka dalam perencanaan digunakan Pa terkecil = 70,556 ton.

4.4.3.2. Perhitungan Jumlah Tiang

Menghitung jumlah tiang dalam satu kelompok menggunakan persamaan 3.9.

Data-data:

Beban aksial = 1706,115 kN

Berat Pile Cap = $B \times L \times h \times \gamma \text{ beton} = 2,2 \times 2,2 \times 0,5 \times 24 = 58 \text{ kN}$

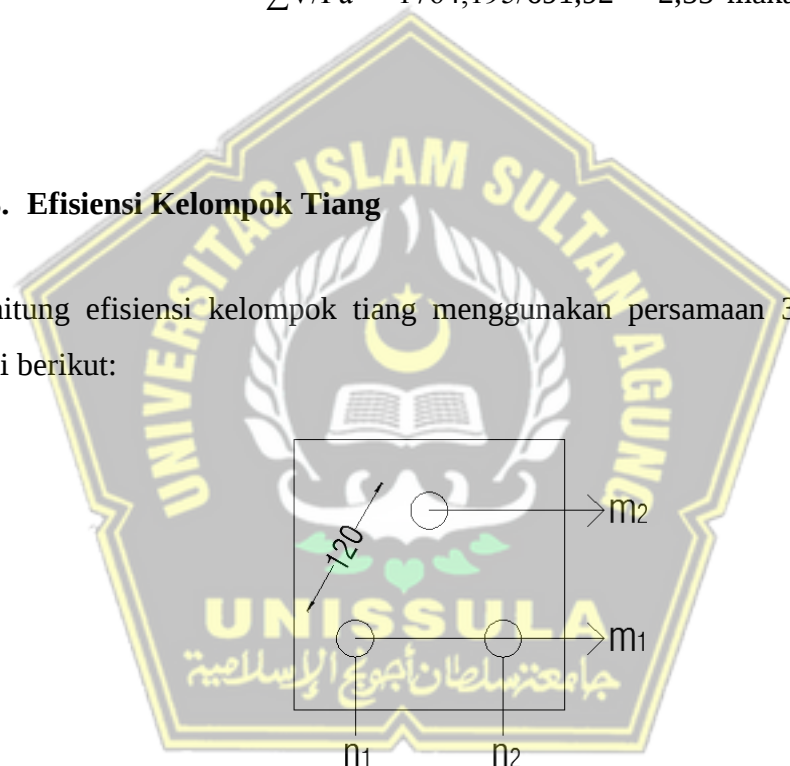
Total beban vertikal $\sum V = 1706,115 + 58 = 1764,195 \text{ kN}$

$P_a = 70,556 \text{ ton} = 691,92 \text{ kN}$

$n_p = \sum V / P_a = 1764,195 / 691,92 = 2,55$ maka digunakan 3 tiang

4.4.3.3. Efisiensi Kelompok Tiang

Menghitung efisiensi kelompok tiang menggunakan persamaan 3.10 dan 3.11 sebagai berikut:



Gambar 4.14 Baris kelompok tiang

Data-data:

$\sum V = 1764,195 \text{ kN}$

$P_a = 70,556 \text{ ton} = 691,92 \text{ kN}$

$D_{\text{tiang}} = 0,3 \text{ m}$

$S_{\text{tiang}} = 1,2 \text{ m}$

$\theta = \arctan (D/S) = \arctan (0,3/1,2) = 14,036^\circ$

$m = 2$ (jumlah baris tiang)

n = 2 tiang (jumlah tiang dalam satu baris)

Dihitung:

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \\ &= 1 - 14,036 \cdot \frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 2} = 0,961 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= E_g \times n_p \times P_a \\ &= 0,961 \times 3 \times 691,92 \\ &= 1994,826 > \sum V = 1764,195 \text{ kN (aman)} \end{aligned}$$

4.4.4. Analisis Permodelan Program Plaxis 8.6

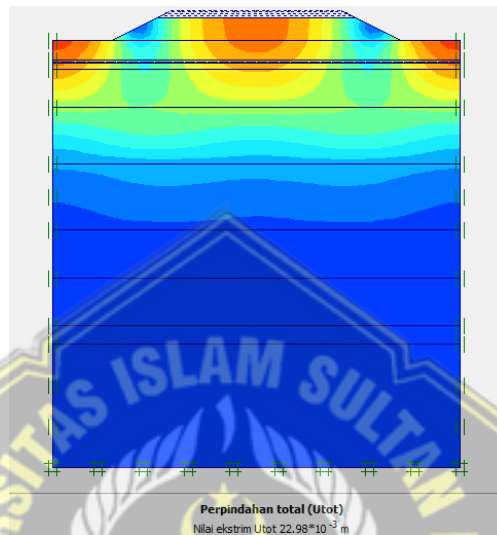
Permodelan pada konstruksi jalan di atas tanah lunak sebagai model plane strain dengan elemen 15-nodes dalam program Plaxis versi 8.6. Penampang jalan yang dimodelkan berupa potongan melintang dari konstruksi jalan dengan ukuran lebar lapisan permukaan jalan 18 meter, lapisan pondasi atas 19,2 meter, lapisan pondasi bawah 20 meter, dan lapisan timbunan 21 meter.

Struktur perkerasan jalan yang dimodelkan terdiri dari 4 lapisan, yaitu lapisan permukaan setebal 0,3 meter, lapisan pondasi atas setebal 0,2 meter, dan lapisan timbunan setebal 2,4 meter. Selanjutnya, memasukkan tinggi muka air tanah sebesar 2,4 meter. Kemudian dilanjutkan tahap kalkulasi permodelan dilakukan dengan beberapa fase, diantaranya fase analisa plastis terhadap timbunan, lapis perkerasan jalan, dan beban kendaraan. Fase yang berikutnya adalah fase analisa konsolidasi untuk beban kendaraan dan fase reduksi phi-c untuk mengetahui nilai angka keamanan permodelan.

4.4.5. Hasil Perhitungan Program Plaxis 8.6

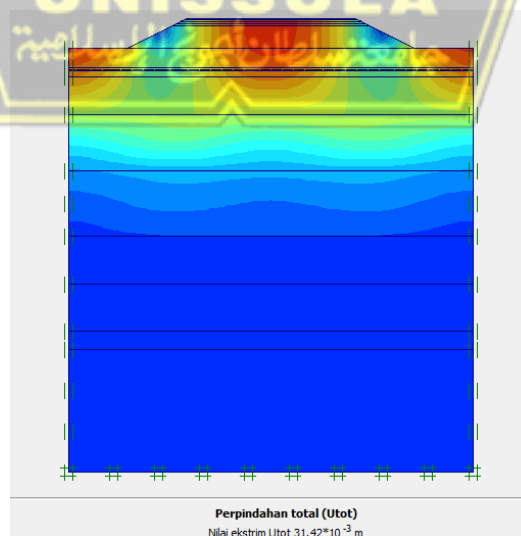
1) Total Penurunan Tanah Tanpa Perkuatan

Penurunan yang terjadi akibat timbunan sebesar 0,022 m seperti yang terlihat pada Gambar 4.15.



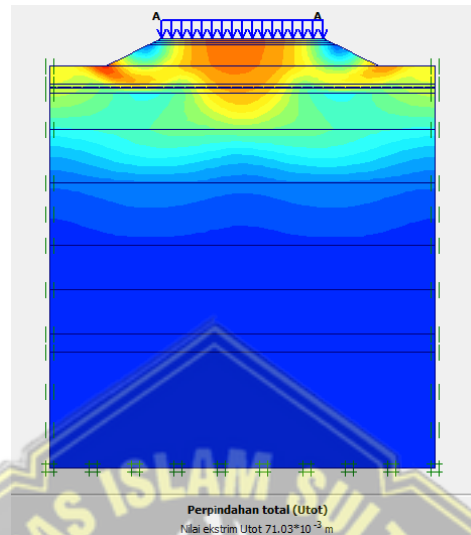
Gambar 4.15 Penurunan Tanah Akibat Beban Timbunan Tanpa Perkuatan

Penurunan yang terjadi akibat beban konstruksi perkerasan jalan sebesar 0,031 m seperti yang terlihat pada Gambar 4.16.



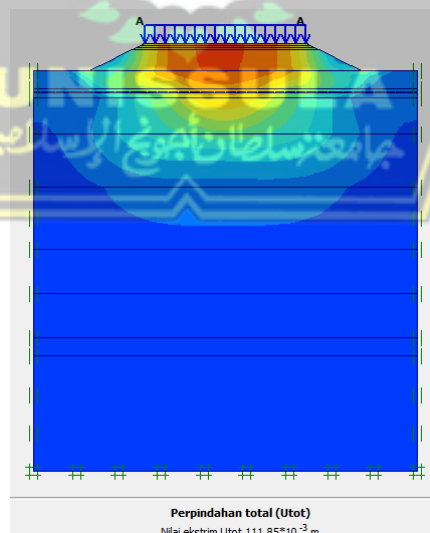
Gambar 4.16 Penurunan Tanah Akibat Beban Konstruksi Perkerasan Jalan Tanpa Perkuatan

Penurunan yang terjadi akibat beban kendaraan sebesar 0,071 m seperti yang terlihat pada Gambar 4.17.



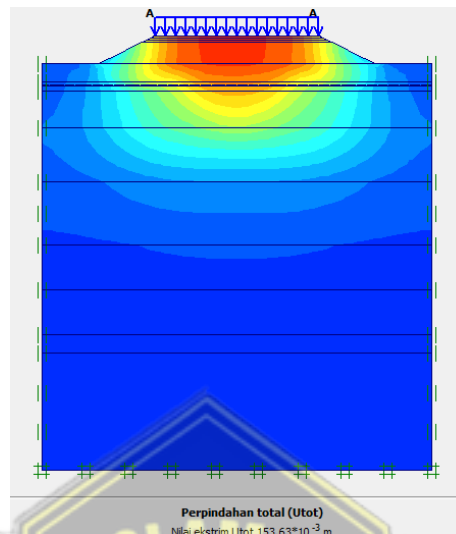
Gambar 4.17 Penurunan Tanah Akibat Beban Kendaraan Tanpa Perkuatan

Penurunan yang terjadi selama konsolidasi 1 tahun sebesar 0,111 m dengan nilai SF 2,07 seperti yang terlihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Penurunan Tanah Konsolidasi 1 tahun Tanpa Perkuatan

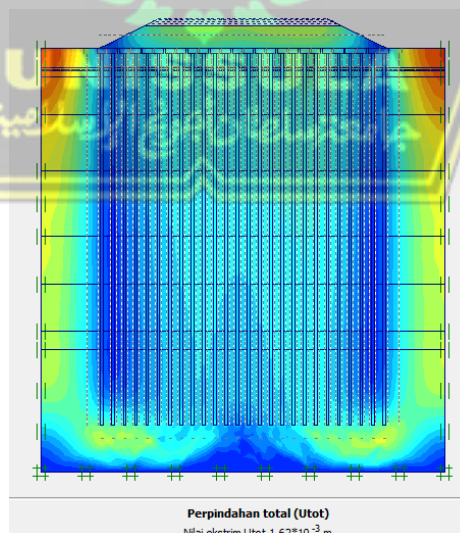
Penurunan yang terjadi selama konsolidasi 20 tahun sebesar 0,153 m dengan nilai SF 2,38 seperti yang terlihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Penurunan Tanah Konsolidasi 20 tahun Tanpa Perkuatan

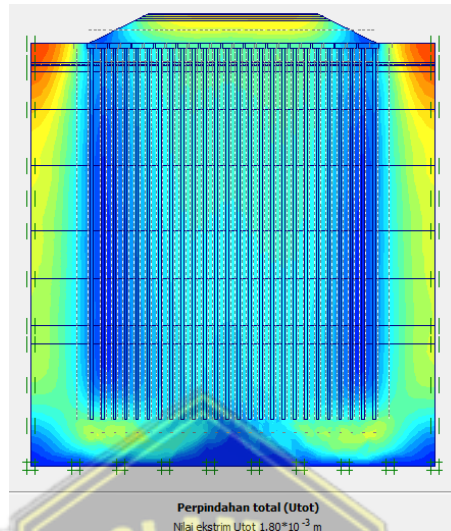
2) Total Penurunan Tanah Dengan Perkuatan Pondasi Tiang

Penurunan yang terjadi akibat timbunan sebesar 0,0016 m seperti yang terlihat pada Gambar 4.20.



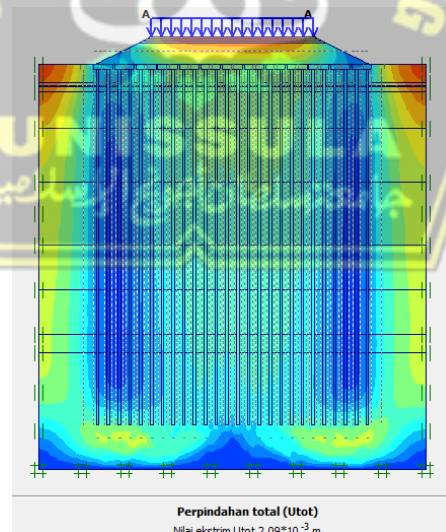
Gambar 4.20 Penurunan Tanah Akibat Beban Timbunan Dengan Perkuatan Pondasi Tiang

Penurunan yang terjadi akibat beban konstruksi perkerasan jalan sebesar 0,0018 m seperti yang terlihat pada Gambar 4.21.



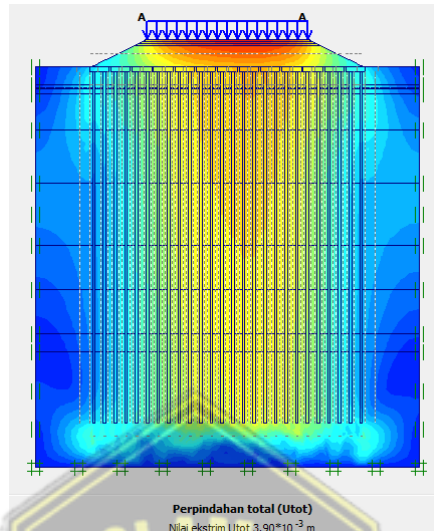
Gambar 4.21 Penurunan Tanah Akibat Beban Konstruksi Perkerasan Jalan Dengan Perkuatan Pondasi Tiang

Penurunan yang terjadi akibat beban kendaraan sebesar 0,002 m seperti yang terlihat pada Gambar 4.22.



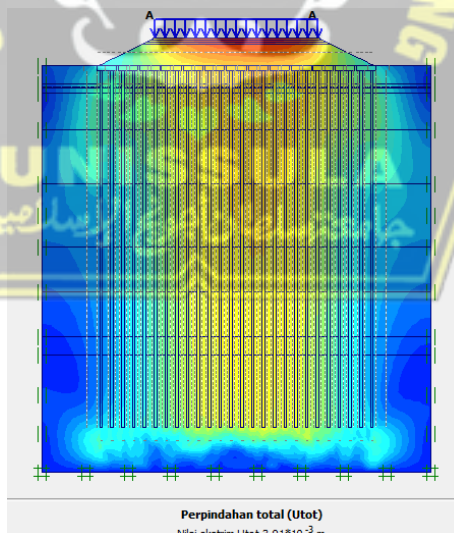
Gambar 4.22 Penurunan Tanah Akibat Beban Kendaraan Dengan Perkuatan Pondasi Tiang

Penurunan yang terjadi selama konsolidasi 1 tahun sebesar 0,0039 m dengan nilai SF 9,76 seperti yang terlihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Penurunan Tanah Konsolidasi 1 tahun Dengan Perkuatan Pondasi Tiang

Penurunan yang terjadi selama konsolidasi 20 tahun sebesar 0,00391 m dengan nilai SF 9,73 seperti yang terlihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Penurunan Tanah Konsolidasi 20 tahun Dengan Perkuatan Pondasi Tiang

4.5. Hasil Perhitungan

4.5.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Hasil perhitungan perencanaan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 4.8. sebagai berikut.

Tabel 4.8 Hasil Perencanaan Perkerasan Lentur

Klasifikasi	Hasil
Umur Rencana	20 tahun
Ekivalen Beban Sumbu Tunggal (ESAL)	8,16 ton
Lebar Jalur Rencana	18 m
Tebal Lapis Permukaan jalan	30 cm
Tebal Lapis Pondasi Atas	20 cm
Tebal Lapis Pondasi Bawah	25 cm
Tebal Lapis Timbunan	2,4 m

4.5.2. Perkuatan Tanah Lunak

Perkuatan tanah lunak menggunakan tiang pancang dengan data pada Tabel 4.9. kelompok tiang tersebut dapat menahan beban $Q = 25 \text{ kN/m}^2$

Tabel 4.9 Hasil Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Klasifikasi	Hasil
Diameter Tiang (D)	30 cm
Panjang Tiang (L)	40 m
Jarak Antar Tiang (S)	1,2 m
Jumlah Tiang Pancang	26 buah
Beban Lalu Lintas (Q)	25 kN/m^2

Hasil analisis penurunan dengan menggunakan program Plaxis 8.6 didapatkan hasil keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Penurunan Tanah Lunak pada Permodelan Plaxis 2D

Kondisi	Waktu (hari)	Penurunan (cm)	SF
Tanpa Perkuatan Tanah	365	11,1	2,07
	7300	15,3	2,38
Dengan Perkuatan Tiang Pancang	365	0,390	9,76
	7300	0,391	9,73

4.6. Pembahasan

1. Hasil perencanaan perkerasan lunak didapatkan untuk tebal lapis pondasi bawah sebesar 25 cm, lapis pondasi atas sebesar 20 cm, dan lapis permukaan sebesar 30 cm. Umur rencana jalan adalah 20 tahun akan tetapi berdasarkan ketentuan di dalam AASHTO 1993, kinerja perkerasan maksimum hanya akan dapat dicapai sampai umur 15 tahun.
2. Penurunan yang terjadi pada tanah lunak sebelum ada perkuatan selama 7300 hari adalah 15,3 cm dengan nilai SF sebesar 2,38, kemudian setelah diberi perkuatan pondasi tiang pancang dengan diameter tiang 30 cm dan jarak antar tiang 120 cm penurunan tanah lunak setelah 7300 hari sebesar 0,391 cm dengan nilai SF meningkat menjadi 9,73.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan dan pembahasan pada Bab IV dapat diambil kesimpulan bahwa konstruksi perkerasan jalan lentur dapat menahan beban lalu lintas dan dibuat lapis timbunan dengan tebal 2,4 meter.
2. Perkuatan tanah dengan pondasi tiang pancang dengan diameter tiang 30 cm sedalam 40 meter mampu mengurangi penurunan pada tanah lunak saat dibebani konstruksi perkerasan jalan.

5.2. Saran

Di dalam perencanaan perkerasan jalan lentur di atas tanah ini, digunakan jenis tanah lunak lempung kepasiran. Kami sarankan jika ada perencanaan jalan yang sama yaitu di atas tanah lunak, agar digunakan beberapa jenis tanah lunak karena panjangnya jalan yang direncanakan. Serta dalam perbaikan tanah lunak dapat menggunakan metode yang lain seperti PVD. Jika hal ini tidak kami lakukan, karena terbatasnya waktu pengerjaan Tugas Akhir.

DAFTAR PUSTAKA

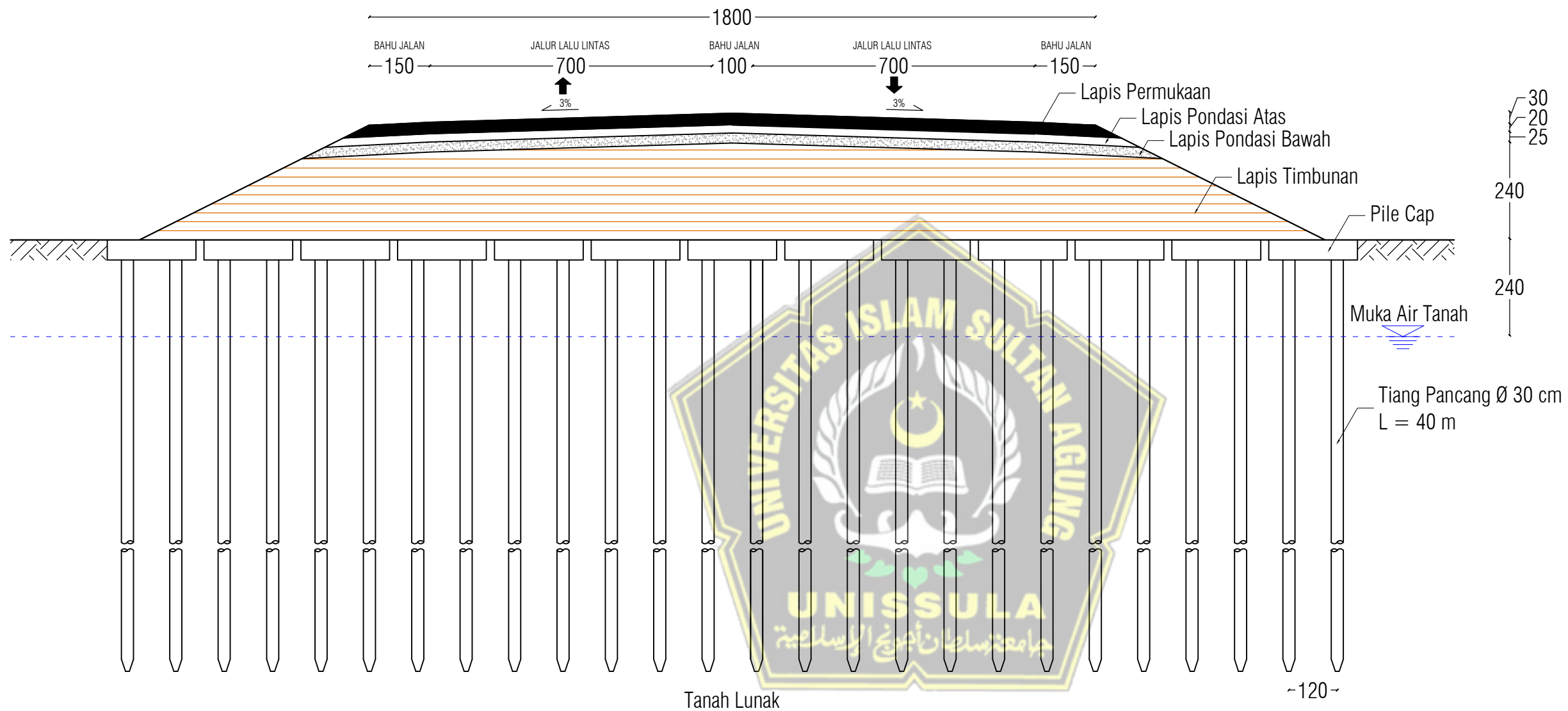
- [1] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004 Tentang Jalan
- [2] Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah - DIY, 2021, *Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Jalan Nasional Ruas Jalan Perbatasan Semarang - Demak Tahun 2019*, Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga, Kabupaten Semarang.
- [3] Biroinfrasda.jatengprov.go.id. 2021. *Trase Jalan Tol Semarang - Demak dan Tanggul Laut Kota Semarang*. URL: <https://biroinfrasda.jatengprov.go.id/programkegiatan/trase-jalan-tol-semarang-demak-dan-tanggul-laut-kota-semarang/>. Diakses pada : 1-April-2021.
- [4] Geosintetik untuk Perkuatan Timbunan pada Tanah Lunak. 7 April 2013. Galeripustaka.com. URL: <http://www.galeripustaka.com/2013/04/geosintetik-untuk-perkuatan-timbunan.html>. Diakses pada : 6-Juni-2021.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017, *Manual Desain Perkerasan Jalan 2017*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- [6] American Association Of State Highway & Transportation Official, 1993, *Design of Pavement Structures*, American Association Of State Highway & Transportation Official, Washington DC.
- [7] Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2001, *Panduan Geoteknik 1*, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Bandung.
- [8] Sophian, R.I. 2010. *Penurunan Muka Tanah Di Kota-Kota Besar Pesisir Pantai Utara Jawa (Studi Kasus : Kota Semarang)*. Bulletin of Scientific Contribution, volume 8, Nomor 1, April 2010: 4 1-60
- [9] Suroso, Harimurti dan Meddy Harsono. 2008. *Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay) Menggunakan Cerucuk dengan Variasi Panjang*

dan Diameter Cerucuk, Jurnal Rekayasa Sipil/Volume 2, No. 1-2008 ISSN 1978-5658.

- [10] Karina, Lucia dan Mochtar I.B. 1995. *Studi Model Perubahan Daya Dukung dan settlement untuk Pondasi Dengan Pemasangan Mikropile atau Cerucuk*. Tugas Akhir Penelitian S-1. Jurusan Teknik Sipil. FTSP-ITS.
- [11] Yudiawati, Y. 2002. *Daya Dukung Ultimit Cerucuk Galam Berdasarkan Hasil Percobaan Pembebanan Lapangan*, Jurnal Intekna Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin.
- [12] Hardiyatmo, H.C. 2001. *Teknik Fondasi II*. Edisi 1, P.T. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [13] Ramdhani, Arif, Tri Sulistyowati, & Agung Prabowo. 2019. *Pengaruh Penggunaan Cerucuk Dengan Pemasangan Secara Horizontal Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak*. Spektrum Sipil. Vol. 6 No 2.
- [14] Hartandi, Ribut., Ari N, Ristiono., 2009, *Analisa Geoteknik Pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan Trengguli-Jati Kabupaten Kudus*, Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
- [15] Saputra, Yudha Eka Priatama, 2018, *Perencanaan Struktur Rusunawa 6 Lantai di Boyolali dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakulta Teknik UMS Surakarta.



LAMPIRAN



 **PENAMPANG MELINTANG JALAN DENGAN TIANG PANCANG**
SKALA 1:120



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN JALAN TOL
SEMARANG-DEMAK
DI BAGIAN YANG BERADA
DI ATAS TANAH LUNAK

Dosen Pembimbing I

Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, MSc., Ph.D

Dosen Pembimbing II

Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Digambar

Bagus Wibowo
3.02.017.00034

Bayu Ardian Khoirudin
3.02.017.00036

Judul Gambar

PENAMPANG MELINTANG JALAN
DENGAN TIANG PANCANG

LAPORAN

HASIL PENYELIDIKAN TANAH



PROYEK

**PERENCANAAN PABRIK PVC PT. LESSO INDONESIA
JATENG LAND
KECAMATAN SAYUNG
KABUPATEN DEMAK**

**PT. YODYA KARYA (PERSERO)
TAHUN ANGGARAN 2017**



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

Jl. Kaligawe Km. 4 Po. Box. 1054 Semarang 50012
Telp. (024) 6583584 Ext. 501. Fax (024) 6582455
<http://www.unissula.ac.id>

HASIL PENYELIDIKAN

3

3.1 HASIL PENGAMATAN BORING

Dari percobaan boring diketahui profil tanah dasar pada lokasi BM.01 s/d BM.08 sampai kedalaman – 40,00 meter kondisi tanah sebagai berikut :

3.1.1 Pada Lokasi Bor BM.01 :

- ❑ Kedalaman 0 s/d – 3,00 m tanah berupa TANAH URUG COKLAT GELAP TERDAPAT PASIR KRIKILAN SEDIKIT BONGKAH BATUAN, KERAS.
- ❑ Kedalaman – 3,00 m s/d – 4,00 m tanah LEMPUNG BERPASIR COKLAT SEDIKIT KEABUAN TERDAPAT KRIKIL, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 4,00 m s/d – 9,50 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 9,50 m s/d – 13,00 m LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU GELAP TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 13,00 m s/d – 15,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU TERANG TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 15,00 m s/d – 26,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP TERDAPAT KULIT KERANG SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 26,00 m s/d – 30,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP KEHITAMAN SEDIKIT COKLAT, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 30,00 m s/d – 34,00 m tanah berupa LEMPUNG SEDIKIT PASIR HITAM KEABUAN, AGAK LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 34,00 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG PADAT ABU - ABU GELAP KEHITAMAN, AGAK KERAS.

Terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 3,00 m.

3.1.2 Pada Lokasi Bor BM.02 :

- ❑ Kedalaman 0 s/d – 2,50 m tanah berupa TANAH URUG COKLAT GELAP BERPASIR TERDAPAT BONGKAH BATUAN, KERAS.
- ❑ Kedalaman – 2,50 m s/d – 3,50 m tanah berupa LEMPUNG BERPASIR ABU - ABU SEDIKIT COKLAT TERDAPAT KRIKIL, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 3,50 m s/d – 9,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 9,00 m s/d – 14,50 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU GELAP TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 14,50 m s/d – 20,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 20,00 m s/d – 28,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 28,00 m s/d – 32,50 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP KEHITAMAN SEDIKIT COKLAT, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 32,50 m s/d – 37,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT HITAM KEABUAN SEDIKIT COKLAT, AGAK LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 37,00 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG ABU - ABU GELAP KEHITAMAN SEDIKIT PASIR, AGAK LUNAK.

Terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 2,70 m.

3.1.3 Pada Lokasi Bor BM.03 :

- ❑ Kedalaman 0 s/d – 2,50 m tanah TANAH URUG COKLAT BERPASIR TERDAPAT BONGKAH BATUAN SEDIKIT KRIKIL, KERAS.
- ❑ Kedalaman – 2,50 m s/d – 3,50 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERDAPAT PASIR BERKRIKIL, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 3,50 m s/d – 7,50 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 7,50 m s/d – 13,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG SEDIKIT PASIR TERDAPAT KULIT KERANG, LUNA.

- ❑ Kedalaman – 13,00 m s/d – 21,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU TERANG SEDIKIT PASIR TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 21,00 m s/d – 30,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - GELAP KEHITAMAN SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 30,00 m s/d – 33,50 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU TERANG SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 33,50 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT HITAM PEKAT KEABUAN SEDIKIT PASIR, AGAK LUNAK.

Terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 2,50 m.

3.1.4 Pada Lokasi Bor BM.04 :

- ❑ Kedalaman 0 s/d – 2,00 m tanah berupa TANAH URUG COKLAT GELAP TERDAPAT PASIR BERKRIKIL TERDAPAT BONGKAH BATUAN, KERAS.
- ❑ Kedalaman – 2,00 m s/d – 4,00 m tanah berupa LEMPUNG BERPASIR COKLAT KEABUAN TERDAPAT KRIKIL, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 4,00 m s/d – 7,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERDAPAT SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 7,00 m s/d – 15,00 m tanah LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 15,00 m s/d – 19,50 m tanah berupa LEMPUNG ABU - ABU GELAP TERDAPAT KULIT KERANG SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 19,50 m s/d – 23,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP SEDIKIT KULIT KERANG.
- ❑ Kedalaman – 23,00 m s/d – 30,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP KEHITAMAN TERDAPAT KULIT KERANG, SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 30,00 m s/d – 34,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT COKLAT GELAP KEHITAMAN SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 34,00 m s/d – 36,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP KEHITAMAN SEDIKIT COKLAT, AGAK LUNAK.

- Kedalaman – 36,00 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT COKLAT GELAP KEHITAMAN SEDIKIT PASIR, AGAK LUNAK.

Tidak terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 2,80 m

3.1.5 Pada Lokasi Bor BM.05 :

- Kedalaman 0 s/d – 3,00 m tanah berupa TANAH URUG COKLAT GELAP TERDAPAT PASIR BERKRIKIL TERDAPAT SEDIKIT BONGKAH BATUAN, KERAS.
- Kedalaman – 3,00 m s/d – 5,20 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU SEDIKIT COKLAT TERDAPAT PASIR, LUNAK.
- Kedalaman – 5,20 m s/d – 12,00 m tanah LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- Kedalaman – 12,00 m s/d – 17,00 m tanah berupa LEMPUNG ABU - ABU GELAP TERDAPAT KULIT KERANG SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- Kedalaman – 17,00 m s/d – 28,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP TERDAPAT KULIT KERANG SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- Kedalaman – 28,00 m s/d – 32,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT COKLAT GELAP KEHITAMAN SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
- Kedalaman – 32,00 m s/d – 36,00 m tanah berupa LEMPUNG COKLAT GELAP KEABUAN SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- Kedalaman – 36,00 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT COKLAT GELAP KEHITAMAN SEDIKIT ABU - ABU TERDAPAT PASIR, AGAK LUNAK.

Tidak terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 3,10 m

3.1.6 Pada Lokasi Bor BM.06 :

- Kedalaman 0 s/d – 2,00 m tanah berupa TANAH URUG COKLAT GELAP TERDAPAT PASIR SEDIKIT KRIKIL, AGAK KERAS.
- Kedalaman – 2,00 m s/d – 3,00 m tanah berupa LEMPUNG COKLAT KE ABUAN TERDAPAT PASIR SEDIKIT KRIKIL, LUNAK.
- Kedalaman – 3,00 m s/d – 7,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG, LUNAK.

- ❑ Kedalaman – 7,00 m s/d – 13,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG, LUNAK TERDAPAT KULIT KERANG, SEDIKIT PASIR.
 - ❑ Kedalaman – 13,00 m s/d – 20,00 m tanah berupa Lempung, abu-abu, agak lunak LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
 - ❑ Kedalaman – 20,00 m s/d – 25,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP SEDIKIT KEHITAMAN TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
 - ❑ Kedalaman – 25,00 m s/d – 30,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU KECOKLATAN TERDAPAT PASIR SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
 - ❑ Kedalaman – 30,00 m s/d – 32,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT COKLAT KEABUAN SEDIKIT KULIT KERANG TERDAPAT PASIR, AGAK LUNAK.
 - ❑ Kedalaman – 32,00 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU KECOKLATAN, TERDAPAT PASIR, AGAK LUNAK.
- Tidak terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 2,40 m

3.1.7 Pada Lokasi Bor BM.07 :

- ❑ Kedalaman 0 s/d – 2,00 m tanah berupa TANAH URUG COKLAT GELAP TERDAPAT PASIR BERKRIKIL SEDIKIT BONGKAH BATUAN, KERAS.
- ❑ Kedalaman – 2,00 m s/d – 4,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG SEDIKIT PASIR TERDAPAT KRIKIL, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 4,00 m s/d – 10,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU GELAP SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 10,00 m s/d – 23,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG SEDIKIT PASIR TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 23,00 m s/d – 26,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.

- ❑ Kedalaman – 26,00 m s/d – 33,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU SEDIKIT KECOKLATAN SEDIKIT PASIR TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 33,00 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT COKLAT KEABUAN SEDIKIT PASIR, AGAK LUNAK.

Tidak terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 2,20 m

3.1.8 Pada Lokasi Bor BM.08 :

- ❑ Kedalaman 0 s/d – 2,00 m tanah berupa TANAH URUG COKLAT GELAP TERDAPAT PASIR BERKRIKIL, AGAK KERAS.
- ❑ Kedalaman – 2,00 m s/d – 4,00 m tanah berupa LEMPUNG BERPSIR ABU - ABU KECOKLATAN SEDIKIT KRIKIL, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 4,00 m s/d – 7,00 m tanah berupa LEMPUNG LANAUN ABU - ABU GELAP, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 7,00 m s/d – 12,00 m tanah LEMPUNG LANAUN ABU - ABU TERANG SEDIKIT PASIR TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 12,00 m s/d – 24,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU TERANG TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 24,00 m s/d – 31,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP KEHITAMAN SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 31,00 m s/d – 38,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP SEDIKIT KECOKLATAN SEDIKIT PASIR, LUNAK.
- ❑ Kedalaman – 38,00 m s/d – 40,00 m tanah berupa LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP KEHITAMAN SEDIKIT COKLAT TERDAPAT PASIR, AGAK LUNAK.

Tidak terdapat muka air tanah sampai kedalaman – 2,00 m

3.2 HASIL PENYELIDIKAN LABORATORIUM

Dari hasil penyelidikan dengan kekuatan geser langsung diketahui sifat-sifat tanah setempat sebagai berikut:

DAYA DUKUNG TANAH dan TYPE PONDASI

4

Berdasarkan kondisi tanah dasar hasil penyelidikan maka dapat dilakukan analisis kapasitas dukung tanah sebagai berikut:

4.1 Pondasi Tiang Pancang

Dari hasil Bor mesin ternyata letak kedalaman tanah keras dengan nilai N SPT sebesar 50 atau $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$ ditemukan pada kedalaman – 40,00 m.

Untuk keperluan perencanaan pondasi untuk bangunan dengan beban sedang sampai berat, maka dapat digunakan Pondasi Tiang Pancang

Daya dukung tiang dapat diperkirakan dari persamaan :

$$Q_a = q_c \cdot A_b / 3 + JHP \cdot O / 5$$

Dimana : **A_b** adalah luas penampang tiang, sedangkan **O** adalah keliling tiang

Ukuran Tiang Pancang dapat berupa :

Tiang pancang O (bulat) dengan ukuran diameter 30 cm dengan rencana kedalaman – 40,00 meter.

Besarnya daya dukung tiang tersebut belum dikalikan efisiensi tiang akibat pengaruh kelompok tiang

SUMMARY OF SOIL DATA

PEKERJAAN/PROYEK
LOKASI

: PERENCANAAN PABRIK PVC PT. LESSO TECHNOLOGY INDONESIA
: JATENG LAND KECAMATAN SAYUNG KABUPATEN DEMAK

No	Sample No	Depth (m)	Gs	W (%)	γ_m (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	e	n (%)	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	Atterberg Limits			Gravel %	Sand %	Silt %	Clay %
											LL	PL	PI				
1	BM.01	5.00	2.595	97.955	1.412	0.713	2.637	0.725	0.024	29.35	29.65	24.12	5.53	1.72	37.11	32.25	28.92
2	BM.01	10.00	2.613	75.111	1.394	0.796	2.281	0.695	0.036	29.35	33.85	25.00	8.85	1.83	34.81	31.69	31.69
3	BM.01	15.00	2.619	77.068	1.329	0.750	2.491	0.714	0.113	20.55	29.50	26.07	3.43	10.28	29.81	31.46	28.46
4	BM.01	20.00	2.618	71.604	1.359	0.792	2.306	0.698	0.101	23.99	23.77	21.35	2.42	7.28	39.81	31.75	21.17
5	BM.01	25.00	2.608	61.745	1.437	0.888	1.936	0.659	0.145	29.35	24.33	21.30	3.03	6.43	36.11	31.81	25.66
6	BM.01	30.00	2.626	77.990	1.384	0.778	2.376	0.704	0.314	23.99	22.66	18.99	3.67	8.25	41.26	26.18	24.31
7	BM.01	35.00	2.603	46.293	1.443	0.986	1.640	0.621	0.024	29.35	35.45	26.17	9.28	8.68	37.81	21.41	32.11
8	BM.01	40.00	2.594	67.522	1.450	0.865	1.997	0.666	0.177	23.99	37.85	25.55	12.30	2.38	44.51	28.01	25.11
9	BM.02	5.00	2.606	64.395	1.636	0.995	1.618	0.618	0.080	21.72	28.20	24.30	3.90	3.65	25.48	39.23	31.64
10	BM.02	10.00	2.625	51.217	1.604	1.061	1.474	0.596	0.093	22.86	37.77	25.23	12.54	8.93	33.86	30.17	27.05
11	BM.02	15.00	2.633	68.466	1.565	0.929	1.835	0.647	0.048	27.27	24.88	23.55	1.33	10.43	35.96	27.80	25.82
12	BM.02	20.00	2.612	75.038	1.530	0.874	1.988	0.665	0.028	29.35	35.30	26.61	8.69	8.80	27.48	33.66	30.06
13	BM.02	25.00	2.605	45.275	1.563	1.076	1.421	0.587	0.020	28.32	32.50	21.70	10.80	6.97	30.56	31.24	31.24

14	BM.02	30.00	2.616	44.638	1.643	1.136	1.303	0.566	0.076	21.72	39.55	25.93	13.62	6.55	31.98	31.34	30.13
15	BM.02	35.00	2.594	75.569	1.408	0.802	2.236	0.691	0.117	31.34	19.22	16.10	3.12	7.88	34.51	34.57	23.05
16	BM.02	40.00	2.603	27.587	1.793	1.406	0.852	0.460	0.491	30.36	27.65	26.51	1.14	6.28	30.76	37.51	25.46
17	BM.03	5.00	2.619	80.855	1.644	0.909	1.881	0.653	0.052	22.86	24.10	22.43	1.67	6.13	28.41	34.52	30.95
18	BM.03	10.00	2.631	78.004	1.626	0.913	1.881	0.653	0.059	23.99	31.77	25.23	6.54	4.97	28.51	36.82	29.70
19	BM.03	15.00	2.615	86.460	1.600	0.858	2.047	0.672	0.056	25.10	18.44	18.17	0.27	5.03	37.21	32.43	25.34
20	BM.03	20.00	2.626	72.418	1.625	0.942	1.786	0.641	0.064	26.20	41.25	26.70	14.55	5.93	42.26	28.59	23.23
21	BM.03	25.00	2.595	72.176	1.465	0.851	2.049	0.672	0.068	20.55	12.22	11.46	0.76	5.83	30.13	38.69	25.35
22	BM.03	30.00	2.605	75.474	1.544	0.880	1.961	0.662	0.209	22.86	42.30	23.77	18.53	3.38	23.28	45.26	28.09
23	BM.03	35.00	2.608	49.711	1.780	1.189	1.193	0.544	0.374	28.32	29.33	25.83	3.50	10.63	37.76	30.97	20.65
24	BM.03	40.00	2.605	77.246	1.609	0.908	1.870	0.652	0.185	22.86	30.66	27.62	3.04	11.08	34.41	32.00	22.52
25	BM.04	5.00	2.608	77.235	1.580	0.892	1.924	0.658	0.068	22.86	32.76	23.39	9.37	3.90	25.68	35.90	34.52
26	BM.04	10.00	2.601	73.267	1.503	0.868	1.998	0.666	0.028	26.20	43.15	35.35	7.80	9.13	33.86	27.37	29.65
27	BM.04	15.00	2.621	80.074	1.440	0.800	2.278	0.695	0.072	25.10	25.88	19.61	6.27	8.43	35.23	27.05	29.30
28	BM.04	20.00	2.605	93.173	1.409	0.729	2.571	0.720	0.032	28.32	36.55	26.61	9.94	8.38	27.86	31.28	32.49
29	BM.04	25.00	2.591	67.733	1.440	0.858	2.019	0.669	0.032	32.31	33.73	29.36	4.37	6.25	33.46	29.56	30.74
30	BM.04	30.00	2.607	53.503	1.544	1.006	1.591	0.614	0.068	23.99	41.77	36.27	5.50	6.65	33.56	30.51	29.29
31	BM.04	35.00	2.604	68.431	1.427	0.847	2.075	0.675	0.141	25.10	21.88	12.03	9.85	6.88	31.51	38.85	22.77
32	BM.04	40.00	2.613	80.982	1.531	0.846	2.087	0.676	0.205	32.31	26.00	19.29	6.71	5.28	27.56	39.75	27.42

33	BM.05	5.00	2.605	88.554	1.481	0.786	2.316	0.698	0.052	29.35	31.00	24.56	6.44	2.78	37.26	28.15	31.82
34	BM.05	10.00	2.597	71.652	1.490	0.868	1.992	0.666	0.080	28.32	39.85	31.36	8.49	2.83	36.51	30.34	30.34
35	BM.05	15.00	2.626	59.090	1.396	0.877	1.994	0.666	0.129	20.55	28.55	27.26	1.29	9.88	29.01	32.09	39.03
36	BM.05	20.00	2.623	72.701	1.423	0.824	2.183	0.686	0.085	23.99	36.40	29.98	6.42	6.97	36.11	34.15	22.77
37	BM.05	25.00	2.610	66.242	1.422	0.855	2.050	0.672	0.137	28.32	27.88	23.14	4.74	6.28	36.86	31.02	25.85
38	BM.05	30.00	2.613	64.573	1.436	0.873	1.994	0.666	0.237	27.27	31.92	27.95	3.97	8.25	37.26	26.71	27.78
39	BM.05	35.00	2.600	70.818	1.440	0.843	2.084	0.676	0.117	22.86	41.00	32.43	8.57	8.63	38.51	29.68	23.19
40	BM.05	40.00	2.608	84.139	1.469	0.798	2.269	0.694	0.225	20.55	37.77	28.81	8.96	2.28	41.06	28.34	28.34
41	BM.06	5.00	2.610	78.729	1.565	0.876	1.980	0.664	0.052	25.10	26.66	23.66	3.00	4.30	25.31	35.20	35.20
42	BM.06	10.00	2.609	79.018	1.472	0.822	2.173	0.685	0.080	22.86	33.35	24.78	9.07	8.18	34.16	28.84	28.84
43	BM.06	15.00	2.623	81.077	1.475	0.815	2.220	0.689	0.076	28.32	35.44	28.17	9.27	10.93	33.46	27.24	28.38
44	BM.06	20.00	2.616	76.328	1.485	0.842	2.107	0.678	0.085	23.99	38.55	31.36	7.19	8.53	28.11	31.06	32.31
45	BM.06	25.00	2.604	77.813	1.503	0.845	2.082	0.676	0.064	29.35	31.15	27.31	3.84	7.03	28.86	30.78	33.34
46	BM.06	30.00	2.609	75.659	1.550	0.882	1.958	0.662	0.113	21.72	36.30	30.30	6.00	7.55	35.88	28.29	28.29
47	BM.06	35.00	2.600	75.687	1.436	0.817	2.181	0.686	0.125	28.32	26.88	17.80	9.08	9.38	41.76	30.15	18.72
48	BM.06	40.00	2.599	76.884	1.632	0.923	1.817	0.645	0.290	25.10	33.95	26.51	7.44	6.28	25.76	39.90	28.07
49	BM.07	5.00	2.605	67.341	1.541	0.921	1.828	0.646	0.080	22.86	28.66	25.50	3.16	7.13	40.26	28.26	24.36
50	BM.07	10.00	2.596	70.513	1.491	0.874	1.969	0.663	0.020	28.32	31.15	26.36	4.79	5.63	28.41	32.99	32.99
51	BM.07	15.00	2.593	62.960	1.531	0.940	1.759	0.638	0.048	27.27	31.25	26.51	4.74	4.93	28.51	37.82	28.75

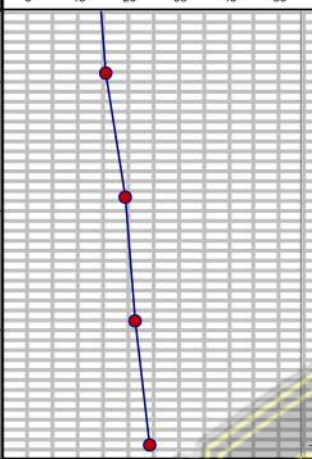
52	BM.07	20.00	2.608	68.932	1.429	0.846	2.083	0.676	0.076	25.10	24.05	22.73	1.32	6.28	29.76	36.55	27.42
53	BM.07	25.00	2.603	73.006	1.506	0.871	1.990	0.666	0.294	25.10	29.77	25.69	4.08	6.97	35.36	30.28	27.39
54	BM.07	30.00	2.594	57.222	1.514	0.963	1.693	0.629	0.241	29.35	21.85	17.27	4.58	6.53	35.71	34.66	23.11
55	BM.07	35.00	2.593	60.425	1.377	0.858	2.021	0.669	0.221	32.31	22.25	13.84	8.41	4.58	31.38	33.77	30.28
56	BM.07	40.00	2.603	60.647	1.460	0.909	1.863	0.651	0.101	32.31	22.25	20.33	1.92	4.28	27.46	37.79	30.48
57	BM.08	5.00	2.597	58.034	1.495	0.946	1.745	0.636	0.052	22.86	24.88	24.44	0.44	6.63	30.26	34.94	28.18
58	BM.08	10.00	2.613	55.629	1.548	0.995	1.627	0.619	0.044	26.20	21.95	20.83	1.12	4.93	40.71	28.67	25.70
59	BM.08	15.00	2.612	68.366	1.437	0.853	2.061	0.673	0.093	22.86	37.45	26.17	11.28	1.22	44.31	28.24	26.23
60	BM.08	20.00	2.614	71.379	1.453	0.848	2.083	0.676	0.097	23.99	24.05	23.98	23.98	1.88	41.86	29.22	27.05
61	BM.08	25.00	2.619	73.409	1.474	0.850	2.082	0.675	0.294	25.10	33.17	26.36	6.81	2.28	38.86	30.01	28.86
62	BM.08	30.00	2.601	77.066	1.356	0.766	2.396	0.705	0.241	29.35	22.25	22.02	0.23	9.53	31.41	29.54	29.54
63	BM.08	35.00	2.615	43.311	1.668	1.164	1.247	0.555	0.491	28.32	23.77	22.73	1.04	11.33	34.36	32.59	21.73
64	BM.08	40.00	2.598	52.146	1.597	1.050	1.475	0.596	0.596	28.32	29.45	26.72	2.73	4.08	35.06	31.96	28.91

Semarang, Agustus 2017
Laboratorium Mekanika Tanah Unissula
Kepala,

Ir. H. Dioko Susilo Adhy, MT
No. Reg 1.2.216.2.031.09.1008893

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG				PROJECT : Perencanaan Pabrik PVC PT. Lesso Technology Indonesia			
LOCATION : KAB. DEMAK		DISKRIPSI BY : Ir. H. DJOKO SUSILO ADHY, MT					
Bor No. : BM.6		ELEVATION EXISTING : 0.30					
DATE START : 1 AGUSTUS 2017		DATE FINISH : 3 AGUSTUS 2017					
MASTER BOR : BUDIONO		DEPT OF GWL : 2.40					
SAMPLE TYPE : UDS & DS		DEPT OF BOR : 40,0 m (0 - 40 m)		TYPE OF HAMMER : Automatic Hammer			
BACKFILL TYPE :		Note : Pengamatan GWL Saat Pelaksanaan Pengeboran					

Depth (m)	Depth of GWL	SPT (N)				STANDARD PENETRATION (N)	USC	% of Core	SOIL SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	ELEVATION (m)
		N ₁	N ₂	N ₃	N						
0						0				TANAH URUG COKLAT GELAP TERDAPAT PASIR SEDIKIT KRIKIL, AGAK KERAS	0.3
1											-0.7
2											-1.7
3	GWL	0	0	1	1					LEMPUNG COKLAT KE ABUAN TERDAPAT PASIR SEDIKIT KRIKIL, LUNAK	-2.7
4											-3.7
5		0	1	1	2		4.0-5.0		JDS	LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG, LUNAK	-4.7
6											-5.7
7											-6.7
8		1	1	2	3						-7.7
9											-8.7
10		1	1	2	3		9.50-10.0		JDS	LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERANG, LUNAK TERDAPAT KULIT KERANG, SEDIKIT PASIR	-9.7
11											-10.7
12		1	1	1	2						-11.7
13											-12.7
14											-13.7
15		1	1	1	2		14.50-15.0		JDS	LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK	-14.7
16											-15.7
17		1	1	2	3						-16.7
18											-17.7
19											-18.7
20		2	2	3	5		19.50-20.0		JDS		-19.7
21											-20.7
22		2	4	4	8					LEMPUNG LIAT ABU - ABU GELAP SEDIKIT KEHITAMAN TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK	-21.7
23											-22.7
24											-23.7
25		2	4	8	12		24.50-25.0		JDS		-24.7
26											-25.7
27		4	6	8	14					LEMPUNG LIAT ABU - ABU KECOKLATAN TERDAPAT PASIR SEDIKIT KULIT KERANG, LUNAK	-26.7
28											-27.7
29											-28.7
30		3	8	10	18		29.50-30.0		JDS		-29.7
31										LEMPUNG LIAT COKLAT KEABUAN SEDIKIT KULIT KERANG TERDAPAT PASIR, AGAK LUNAK	-30.7

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG					PROJECT : Perencanaan Pabrik PVC PT. Lesso Technology Indonesia						
					LOCATION : KAB. DEMAK		DIISKRIPTION BY : Ir. H. DJOKO SUSILO ADHY, MT				
					Bor No. : BM.6		ELEVATION EXISTING : 0.30				
					DATE START : 1 AGUSTUS 2017		DATE FINISH : 3 AGUSTUS 2017				
					MASTER BOR : BUDIONO		DEPT OF GWL : 2.40				
SAMPLE TYPE : UDS & DS					DEPT OF BOR : 40,0 m (0 - 40 m)		TYPE OF HAMMER : Automatic Hammer				
BACKFILL TYPE :					Note : Pengamatan GWL Saat Pelaksanaan Pengeboran						
Depth (m)	Depth of GWL	SPT (N)				STANDARD PENETRATION (N)	USC	% of Core	SOIL SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	ELEVATION (m)
		N ₁	N ₂	N ₃	N						
32		6	8	12	20					LEMPUNG LIAT ABU - ABU KECOKLATAN , TERDAPAT PASIR, AGAK LUNAK	-31.7
33											-32.7
34											-33.7
35		8	12	12	24		34 45-50.0 JDS				-34.7
36											-35.7
37		8	12	14	26						-36.7
38											-37.7
39											-38.7
40		10	13	16	29	39 50-40.0 JDS					-39.7
41										End of this boring, casing down to 40.0 meter	-40.7
42											-41.7
43											-42.7
44											-43.7
45						44 50-45.0 JDS					-44.7
46											-45.7
47											-46.7
48											-47.7
49											-48.7
50						49 50-50.0 JDS					-49.7
51											-50.7
52											-51.7
53											-52.7
54											-53.7
55						54 50-55.0 JDS					-54.7
56											-55.7
57											-56.7
58											-57.7
59											-58.7
60						59 50-60.0 JDS					-59.7
61											-60.7
62											-61.7
63											-62.7
64											-63.7
65						64 50-65.0 JDS					-64.7
66											-65.7



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : Perencanaan Pabrik PVC PT. Lesso Technology Indonesia
 Lokasi : Jateng Land Kecamatan Sayung Kabupaten Demak
 Titik : **S.6**
 Tanggal : 29 Juli 2017
 Kedalaman : **20,00 meter**
 Dikerjakan : Budiono
 Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Kedalaman / Depth (m)	Conus Resistant (kg / cm ²)	Conus + Cleep Resistant (kg / cm ²)	Lokal Friction (kg / cm ²)	Total Friction (kg / cm ²)
0.0	0	0	0	0
0.2	28	40	12	24
0.4	35	57	22	68
0.6	40	69	29	126
0.8	60	80	20	166
1.0	30	40	10	186
1.2	27	36	9	204
1.4	9	13	4	212
1.6	7	12	5	222
1.8	4	6	2	226
2.0	3	5	2	230
2.2	3	6	3	236
2.4	3	6	3	242
2.6	3	5	2	246
2.8	2	5	3	252
3.0	5	8	3	258
3.2	5	9	4	266
3.4	7	10	3	272
3.6	9	14	5	282
3.8	9	16	7	296
4.0	7	12	5	306
4.2	5	11	6	318
4.4	5	10	5	328
4.6	6	11	5	338
4.8	6	13	7	352
5.0	8	14	6	364
5.2	4	8	4	372



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : Perencanaan Pabrik PVC PT. Lesso Technology Indonesia
Lokasi : Jateng Land Kecamatan Sayung Kabupaten Demak
Titik : **S.6**
Tanggal : 29 Juli 2017
Kedalaman : **20,00 meter**
Dikerjakan : Budiono
Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Kedalaman / Depth (m)	Conus Resistant (kg / cm ²)	Conus + Cleep Resistant (kg / cm ²)	Lokal Friction (kg / cm ²)	Total Friction (kg / cm ²)
5.4	3	8	5	382
5.6	5	10	5	392
5.8	5	12	7	406
6.0	6	14	8	422
6.2	6	13	7	436
6.4	8	15	7	450
6.6	9	17	8	466
6.8	10	20	10	486
7.0	9	18	9	504
7.2	6	13	7	518
7.4	6	12	6	530
7.6	5	10	5	540
7.8	5	9	4	548
8.0	5	11	6	560
8.2	7	14	7	574
8.4	7	12	5	584
8.6	7	14	7	598
8.8	9	16	7	612
9.0	11	20	9	630
9.2	13	18	5	640
9.4	10	16	6	652
9.6	9	15	6	664
9.8	7	13	6	676
10.0	10	15	5	686
10.2	8	13	5	696
10.4	10	16	6	708
10.6	7	12	5	718



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : Perencanaan Pabrik PVC PT. Lesso Technology Indonesia
Lokasi : Jateng Land Kecamatan Sayung Kabupaten Demak
Titik : S.6
Tanggal : 29 Juli 2017
Kedalaman : 20,00 meter
Dikerjakan : Budiono
Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Kedalaman / Depth (m)	Conus Resistant (kg / cm ²)	Conus + Cleep Resistant (kg / cm ²)	Lokal Friction (kg / cm ²)	Total Friction (kg / cm ²)
10.8	6	10	4	726
11.0	5	11	6	738
11.2	7	10	3	744
11.4	7	12	5	754
11.6	9	15	6	766
11.8	12	17	5	776
12.0	14	20	6	788
12.2	15	21	6	800
12.4	12	18	6	812
12.6	13	17	4	820
12.8	11	15	4	828
13.0	10	15	5	838
13.2	12	17	5	848
13.4	14	19	5	858
13.6	14	20	6	870
13.8	12	18	6	882
14.0	12	16	4	890
14.2	10	15	5	900
14.4	9	13	4	908
14.6	8	12	4	916
14.8	8	12	4	924
15.0	8	13	5	934
15.2	7	12	5	944
15.4	10	16	6	956
15.6	13	18	5	966
15.8	15	19	4	974
16.0	14	20	6	986



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : Perencanaan Pabrik PVC PT. Lesso Technology Indonesia
 Lokasi : Jateng Land Kecamatan Sayung Kabupaten Demak
 Titik : **S.6**
 Tanggal : 29 Juli 2017
 Kedalaman : **20,00 meter**
 Dikerjakan : Budiono
 Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

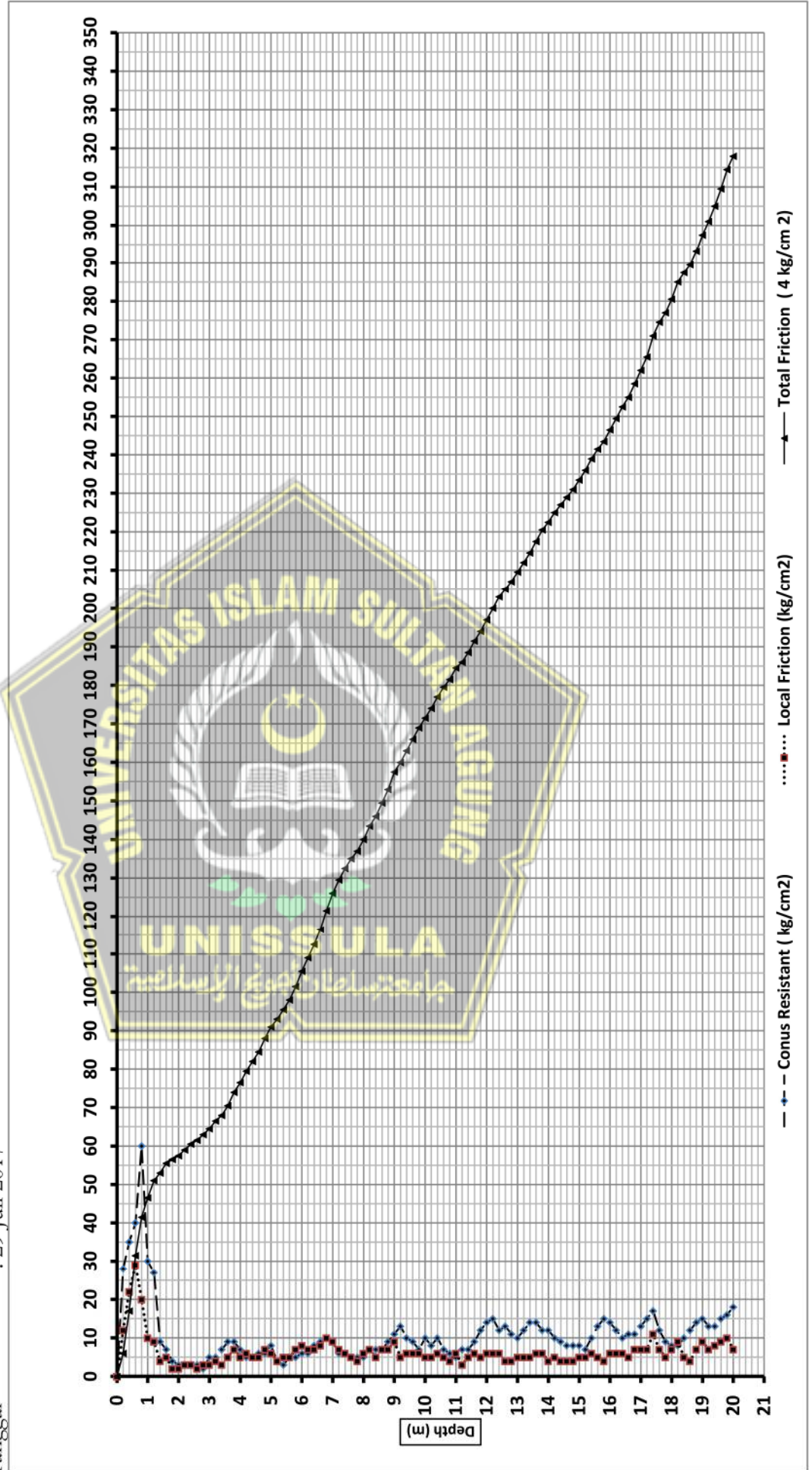
DUTCH CONE PENETRATION TEST

Kedalaman / Depth (m)	Conus Resistant (kg / cm ²)	Conus + Cleep Resistant (kg / cm ²)	Lokal Friction (kg / cm ²)	Total Friction (kg / cm ²)
16.2	12	18	6	998
16.4	10	16	6	1010
16.6	11	16	5	1020
16.8	11	18	7	1034
17.0	13	20	7	1048
17.2	15	22	7	1062
17.4	17	28	11	1084
17.6	12	19	7	1098
17.8	9	14	5	1108
18.0	8	15	7	1122
18.2	8	17	9	1140
18.4	10	15	5	1150
18.6	12	16	4	1158
18.8	14	21	7	1172
19.0	15	24	9	1190
19.2	13	20	7	1204
19.4	13	21	8	1220
19.6	15	24	9	1238
19.8	16	26	10	1258
20.0	18	25	7	1272
20.2				
20.4				
20.6				
20.8				
21.0				
21.2				
21.4				

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
 UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : Perencanaan Pabrik PVC PT. Lesso Technology Indonesia
 Lokasi : Jateng Land Kecamatan Sayung Kabupaten Demak
 Titik : S.6
 Tanggal : 29 Juli 2017

Kedalaman : 20,00 meter
 Dikerjakan : Budiono
 Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT



PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Pretension Spun Piles Prestressed Concrete Post Tension Spun Piles (Cylinder Piles) Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile) Inner Boring System

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

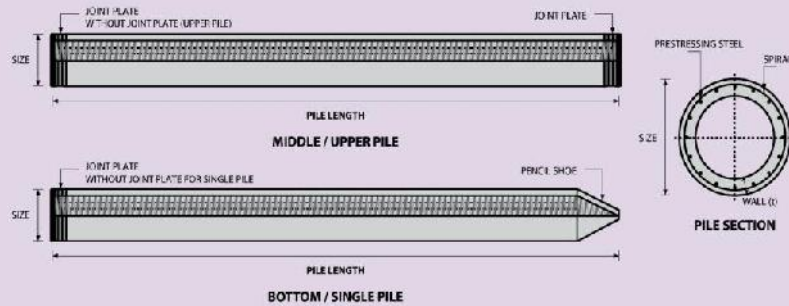
Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
Manufacturing	SNI 2847 - 2013 WB - PCP - PS - 05 WB - PCP - PS - 16	Indonesian Standard Code for Concrete Production Manufacturing Procedure Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

November - 2017

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,762.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

**) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 08 / A.2 / SA - T / III / 2021

Lampiran : - -

Perihal : Bimbingan Tugas Akhir

Kepada : Yth. :

1 Ir. Gatot Rusbintardjo, MSc, Ph.D (Dosen Pembimbing I Tugas Akhir)

2 Dr. Abdul Rochim, ST, MT (Dosen Pembimbing II Tugas Akhir)

Dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil UNISSULA

Assalamu'alaikum Wr Wb.

Bersama Surat ini kami menghadapkan mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memenuhi syarat untuk mengerjakan Tugas Akhir (TA) :

No	Nama	NIM
1	Bayu Ardian Khoirudin	30201700036
2	Bagus Wibowo	30201700034

Maka dengan ini kami mohon kepada Bapak / Ibu untuk memberikan Bimbingan Tugas Akhir (TA) kepada mahasiswa tersebut diatas.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 15 Januari 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar, ST, M.Eng

NIK. 210216089

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Bagus Wibowo 30201700034
 Bayu Ardian Khoirudin 30201700036
 Laporan : Tugas Akhir
 Dosen Pembimbing : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,M.Sc.,Ph.D
 Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	10/12/18	- VULCAN T. 18: Konstruksi plan paya di- atas kanal tawar. - Analisis umum list bab 1 - Data li tawar kurang untuk bab 2 - Untuk peny- lengkapan in ba' peke- rasan, memper- hatikan lagi lin las plan tema yang - detail. - Club uji dan detail top. Daring 2	

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Bagus Wibowo 30201700034
 Bayu Ardian Khoirudin 30201700036
 Laporan : Tugas Akhir
 Dosen Pembimbing : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,M.Sc.,Ph.D
 Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
2	Rabe 24 2021 3	Tab 1 : - Catar belakang: • Axioid dan fungsi plan • Konstruksi perbinaan plan → the T.O plan: berencana akan plan perbaikan dan plan leu- ter & kabe di atas tual rumah.	

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Bagus Wibowo 30201700034
 Bayu Ardian Khoirudin 30201700036
 Laporan : Tugas Akhir
 Dosen Pembimbing : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,M.Sc.,Ph.D
 Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
3	Kamis 1/4 '2021	- Perbaiki bab 1 sesuai koreksi di bagian gambar (foto) perbedaan dari jalan di atas rumah lu- uah - print gambar cap. sesuai dengan lu- ah & bab 1 & 2 benar. - Bab 2 mulai dari bab 2 sesuai dengan mlu - Cap data l-l jelas suu - rumah.	

+ 2017, 2018, 2019
 & 2020 (kalau ada)
 - Mulai menguji teori
 pada Canada.

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Bagus Wibowo 30201700034
 Bayu Ardian Khoirudin 30201700036
 Laporan : Tugas Akhir
 Dosen Pembimbing : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,M.Sc.,Ph.D
 Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	Selasa $\frac{6}{4}$ '21.	- <u>Bab 1</u> Pembahasan dengan melihat bab 1 Alma & Isha - <u>Bab 2</u> = bab 1	
5	Selasa $\frac{13}{4}$ '21.	<u>Bab 1</u> Pembahasan sesuai koreksi <u>Bab 2</u> : sudah betul, karena di pinda- hi sesuai koreksi trial & koreksi - manual.	

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Bagus Wibowo 30201700034
 Bayu Ardian Khoirudin 30201700036
 Laporan : Tugas Akhir
 Dosen Pembimbing : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,M.Sc.,Ph.D
 Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
6	21/4	Dab 1 - Probailei bab 1 sesuai buku Dab 2 - judul judul kitab dan isi bab sesuai sub bab dimulai meng- kutip paragraf- paragraf	
6	20/4	Bab 1 - sesuai Dab 2 - li probaile. Tulis bab 3 & dimulai meng- kutip paragraf paragraf (bab 4).	

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Bagus Wibowo 30201700034
 Bayu Ardian Khoirudin 30201700036
 Laporan : Tugas Akhir
 Dosen Pembimbing : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,M.Sc.,Ph.D
 Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
8	Senin 26/21 4	- Bab 1 see - Bab 2 diperbaiki - Bab 3 → perbaiki bagian alir & beberapa daerah hasil lunar	
9	Selasa 4/21	- Bab 1 ✓ - Bab 2 - Perbaiki - Teknik Perkuatlah hasil lunar Bab 3 : perbaiki Bab 4 : lihati TA yuda	

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
10	Jumat $\frac{21}{5}$ '21	- Probaili per- hitung per bab IV	3 th
11	Selasa $\frac{25}{5}$ '21	- Probaili bab 4.	4 th
12	Kamis $\frac{27}{5}$ '21	- Probaili bab 4	th
13	Selasa $\frac{1}{6}$ '21	- Probaili bab 4 sintama 1 cassas panyo' uadn nomogram dan I xva.	th
14	Kamis $\frac{2}{6}$ '21	- Probaili per- hitung perke- asaan dan belean tanah rumah.	th

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
15	Selasa $\frac{29}{6}$ 121	- Bab 4, 5 & 6 di panti mesra bab 4, 5 & 6 TA sera.	
16	Kamis $\frac{1}{7}$ 121	- Acc bab 5 & 6 Isnat: - bilik kapur - Daftar - bilik kapur - lampiran.	
17	Selasa $\frac{6}{7}$ 121	- Acc bab bilik kapur. - Tiap bilik panti point - Daftar Tinjauan T.A	

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Bagus Wibowo 30201700034

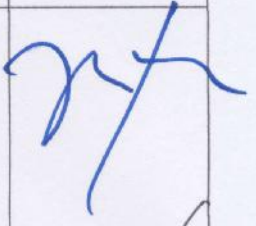
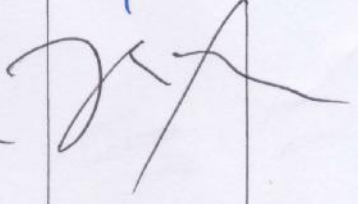
Bayu Ardian Khoirudin 30201700036

Laporan : Tugas Akhir

Dosen Pembimbing : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,M.Sc.,Ph.D

Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
01.	15/03/2021	1. Buat surat permohonan pinjaman data data ke lab. Geoteknik (ke lab bu Lisa) 2. Spesifikasi : Jln. Semarang - Demak (konsistensi tanah lunak)	
02.	17/03/2021	1. Data tanah dasar Sayung diterima 2. Buat Bab I s.d III	
03	29/03/2021	Cari referensi dari perusahaan Maccapen terkait perbaikan jalan	
04	24/05/2021	1. Perbaiki TUGAS studi 2. Perbaiki penulisan sesuai panduan TA dari prodi	
05	10/06/2021	- Pada Gambar 3.1 digambarkan sekalian perbaikan tanahnya - Periksa lapis timbunan Subgrade abdulrochim@unissula.ac.id	

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
06	28 Juli 2021	- angka 9 pada lapis timbunan - notasi pada perhitungan Beban di atas tanah lunak	
07	10 Juli 2021	Bisa maju Seminar TA	Ace 





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 04 /A.3 / SA - T / VII / 2021

Lampiran :

Perihal : **Undangan**

Kepada Yth : Bapak Ir. Gatot Rusbintardjo, MSc, Ph.D
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 15 Juli 2021

Jam : 09.30 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Bagus Wibowo

Bayu Ardian Khoirudin

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 15 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar, ST, M.Eng

NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 04 /A.3 / SA - T / VII / 2021

Lampiran :

Perihal : Undangan

Kepada Yth : Bapak Dr. Abdul Rochim,ST,MT
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 15 Juli 2021

Jam : 09.30 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Bagus Wibowo

Bayu Ardian Khoirudin

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 15 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 04 /A.3 / SA - T / VII / 2021

Lampiran :

Perihal : Undangan

Kepada Yth : Ibu Lisa Fitriyana,ST,M.Eng
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 15 Juli 2021

Jam : 09.30 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Bagus Wibowo

Bayu Ardian Khoirudin

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 15 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Kamis
15 Juli 2021
09.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Konstruksi Perkerasan Jalan Di Atas Tanah Lunak (Studi kasus Jalan Tol Semarang - Demak)

1	Bagus Wibowo	30201700034	1	
2	Bayu Ardian Khoirudin	30201700036	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Ir. Gatot Rusbintardjo, MSc, Ph.D	
2	Dr. Abdul Rochim, ST, MT	
3	Lisa Fitriyana, ST, M.Eng ✓	3

Semarang, 15 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar, ST, M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS

Hari
Tanggal
Jam

Kamis
15 Juli 2021
09.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Konstruksi Perkerasan Jalan Di Atas Tanah Lunak (Studi kasus Jalan Tol Semarang - Demak)

0

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

FEASIBLE AUTOMATIC CONSTRUCTION
OVER SOFT SOIL

1	Bagus Wibowo	30201700034	1	Bagus
2	Bayu Ardian Khoirudin	30201700036	2	Bayu

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Ir. Gatot Rusbintardjo, MSc, Ph.D	1
2	Dr. Abdul Rochim, ST, MT	2

Semarang, 15 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar, ST, M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari : Kamis
Tanggal : 15 Juli 2021
Tempat :

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1	Alma Mia Aulia	30201700016	1
2	Wahyu Wardani	30201700183	2
3			3
4			4
5			5
6			6
7			7
8			8
9			9
10			10
11			11
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20

MENGETAHUI

DOSEN PENGUJI

Ir. Gede Rudi Intanjo, M.P.Eng, M.Sc., Ph.D

DOSEN PENGUJI

Dr. Abdul Rochim, ST, MT



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 04 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Kamis Tanggal 15 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Bagus Wibowo	30201700034
2 Nama	Bayu Ardian Khoirudin	30201700036

Judul TA Konstruksi Perkerasan Jalan Di Atas Tanah Lunak (Studi kasus Jalan Tol Semarang - Demak)

0

0

Dengan Hasil

Disetujui dan disetujui
DOSEN PEMBINA KONTAK

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan digunakan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing

Ir. Gatot Rusbintardio, MSc, Ph.D

Dr. Abdul Rochim, ST, MT

Lisa Fitriyana, ST, M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Akhyar, ST, M.Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax: (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Bagus Wibowo / 30201700034, Bayu Ardian Khoirudin / 30201700036
Hari / Tanggal : Sabtu / 20. 05 - 2021
Judul TA : Konstruksi Perkerasan Jalan Di Atas Tanah
Lurah - Studi Kasus Jalan Tol Semarang - Demak

NO	
1	Champion 2 & kawan satu lawan penuh,
2	
3	
4	
5	

DOSEN PENGUJI



Ir. Garot Rusbintardjo, M.P. Eng., M.Sc., Ph.D.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Bagus Wibowo / 30201700034, Bayu Ardian Khoirudin / 30201700036
Hari / Tanggal : Kamis / 15 Juli 2021
Judul TA : Konstruksi Perkerasan Jalan Di Atas Tanah Lunak - Studi kasus Jalan Tol Semarang - Demak

NO	
1	* Laporan : 1. Lembar Plagiasi dan Keaslian dipisah 2. Spasi Daftar Isi dan Daftar tabel disamakan 3. Bab 4 dan 5 jadi satu 4. Hal 52 (SV penempatannya) 5. Gambar pile cap (m, n) 6. Kesimpulan dijadikan poin 1 & 2 7. Daftar Pustaka (14-17 tidak ada di narasi)
4	* PPT : 1. flow chart perlu direvisi
5	

DOSEN PENGUJI

Dr. Abdul Rochim, ST., MT



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

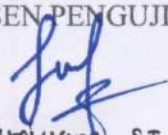
Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Bogus Wilbowo / 30201700034, Bayu Ardian Khoirudin / 30201700036
Hari / Tanggal : Kamis / 15 Juli 2021
Judul TA : Konstruksi Perluasan Jalan Di Atas Tanah Lunak - Studi Kasus Jalan Tol Semarang - Demak

NO	
1	* Laporan :
2	1. Berita Acara (Jabatan)
3	2. Bab 4 (rumus diacu pada Bab 2)
4	3. Diberi kata-kata sebelum rumus
5	4. Diberi kata-kata sebelum gambar 4.7 dst
6	5. Data properti tanah untuk Plaxis
7	6. Penambahan SF
8	7. Diberi penjelasan pada MAT
9	* PPT :
10	1. Slide perencanaan LHR
11	2. Penjelasan Trase Jalan
12	
13	
14	
15	

DOSEN PENGUJI


Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

PERENCANAAN JALAN TOL SEMARANG-DEMAK DI BAGIAN YANG BERADA DI ATAS TANAH LUNAK

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

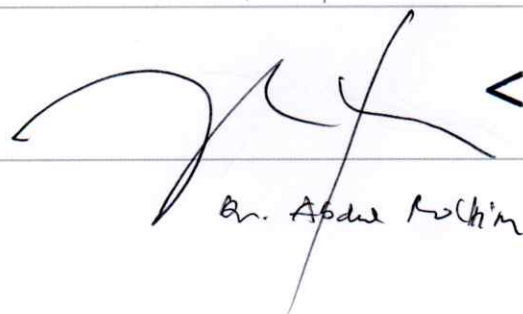
9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	5%
2	repository.its.ac.id Internet Source	1%
3	media.neliti.com Internet Source	1%
4	repository.upstegal.ac.id Internet Source	1%
5	id.123dok.com Internet Source	<1%
6	123dok.com Internet Source	<1%
7	jurnal.unismabekasi.ac.id Internet Source	<1%
8	jurnal.pnj.ac.id Internet Source	<1%
9	jurnal.borneo.ac.id Internet Source	<1%

14/08/2021


An. Abdul Rochim

10	rekayasasipil.ub.ac.id Internet Source	<1 %
11	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
12	jurnal.untag-sby.ac.id Internet Source	<1 %
13	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
14	repository.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
15	core.ac.uk Internet Source	<1 %
16	Submitted to Universitas Islam Malang Student Paper	<1 %
17	repository.iainpurwokerto.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
19	repo.stikesicme-jbg.ac.id Internet Source	<1 %
20	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
21	www.scribd.com Internet Source	<1 %

22	anzdoc.com Internet Source	<1 %
23	journal.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
24	www.spektrum.unram.ac.id Internet Source	<1 %
25	idoc.pub Internet Source	<1 %
26	bpsdm.pu.go.id Internet Source	<1 %
27	es.scribd.com Internet Source	<1 %
28	puslit2.petra.ac.id Internet Source	<1 %
29	rjoas.com Internet Source	<1 %
30	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
31	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
32	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
33	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %

34	adoc.pub Internet Source	<1 %
35	indagmuna.com Internet Source	<1 %
36	jom.unpak.ac.id Internet Source	<1 %
37	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
38	scholar.unand.ac.id Internet Source	<1 %
39	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
40	repository.unmuha.ac.id Internet Source	<1 %
41	id.scribd.com Internet Source	<1 %
42	D K Fitriyah, J Propika, L L Lestari, H Istiono, D Pertiwi, R Sekartadji. "Pile Foundation Analysis on High – Rise Building using Finite Element-Spring Method on Sandy Clay Soil", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019 Publication	<1 %
43	ee.unkhair.ac.id Internet Source	<1 %

44	qdoc.tips Internet Source	<1 %
45	Submitted to Asian Institute of Technology Student Paper	<1 %
46	doku.pub Internet Source	<1 %
47	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
48	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	<1 %
49	dspace.utpl.edu.ec Internet Source	<1 %
50	junaidawally.blogspot.com Internet Source	<1 %
51	repository.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
52	ebook.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
53	ejournal.unib.ac.id Internet Source	<1 %
54	eprints.perbanas.ac.id Internet Source	<1 %
55	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %

<1 %

56

radentaufiq.wordpress.com

Internet Source

<1 %

57

repository.unwidha.ac.id

Internet Source

<1 %

58

sipiljurusanku.blogspot.com

Internet Source

<1 %

59

e-journal.uajy.ac.id

Internet Source

<1 %

60

elqorni.wordpress.com

Internet Source

<1 %

61

eprints.uns.ac.id

Internet Source

<1 %

62

lib.ui.ac.id

Internet Source

<1 %

63

mafiadoc.com

Internet Source

<1 %

64

repository.unib.ac.id

Internet Source

<1 %

65

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

66

www.slideshare.net

Internet Source

<1 %



67

Henny Prasetyo, Yosef Cahyo Setianto Poernomo, Agata Iwan Candra. "Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dan Rencana Anggaran Biaya (Pada Proyek Ruas Jalan Karangtalun – Kalidawir Kabupaten Tulungagung)", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2020

Publication

<1 %

68

jurnal.umj.ac.id
Internet Source

<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude matches

Off

Exclude bibliography

Off

