LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISA GEOTEKNIK PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUAS JALAN TRENGGULI – JATI KABUPATEN KUDUS

(Geotechnic Analysis on Trengguli – Jati Road Development Project in Kudus)

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Akademis
Dalam Menyelesaikan Program Strata 1 (S – 1)
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro
Semarang

DISUSUN OLEH

RIBUT HARTANTI
L2A005099

RISTIONO ARI N.
L2A005103

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2009

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA GEOTEKNIK PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUAS JALAN TRENGGULI – JATI KABUPATEN KUDUS

(Geotechnic Analysis on Trengguli – Jati Road Development Project in Kudus)

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh :

Ribut Hartanti	L2A005099
Ristono Ari N.	L2A005103

Telah disahkan pada tanggal Agustus 2009

Disetujui, Dosen Pembimbing I Tugas Akhir	Disetujui, Dosen Pembimbing II Tugas Akhir
Prof.Dr.Ir.Sri Prabandiyani, MS. NIP 130 916 166	Ir. Indrastono D.A.,M.Ing. NIP. 131 773 820

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Ir. Sri Sangkawati, MS
NIP. 130 872 030

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, ridha, serta hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul *Analisa Geoteknik pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan Trengguli - Jati Kabupaten Kudus.* Sholawat serta salam tak lupa selalu kami curahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, semoga syafa'atnya selalu menyertai kita semua.

Tugas Akhir ini merupakan mata kuliah wajib yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Dalam kurikulum baru di Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, mata kuliah Tugas Akhir mempunyai bobot 4 SKS

Dalam menyelesaikan laporan ini , penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah dan Ibu serta keluarga tercinta yang telah banyak memberikan bantuan baik material maupun spiritual, dorongan semangat, dan doa sehingga dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Ir. Sri Sangkawati, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
3. Prof. Dr. Ir. Sri Prabandiyani, MS. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingannya hingga selesainya Laporan Tugas Akhir ini.
4. Ir. Indrastono D.A., M.Ing. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikanbimbingannya hingga selesainya Laporan Tugas Akhir ini.
5. Ir. Salamun MS., selaku dosen wali 2161.
6. Teman temanku, serta semua pihak yang yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu di sini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan penguasaan ilmu rekayasa di bidang sipil dan bagi semua yang membutuhkan.

Semarang, Agustus 2009

Penulis

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

DAFTAR ISI

Halaman Judul …….. i

Halaman Pengesahan …… ii

Kata Pengantar ……..... iii

Daftar Isi …….. v

Daftar Gambar ……... ix

Daftar Tabel ……. xi

Bab I Pendahuluan …… 1

1.1. Tinjauan Umum …….… 1

1.2. Latar Belakang ……..... 2

1.3. Maksud dan Tujuan …….. 2

1.4. Batasan Masalah …….…. 3

1.5. Lokasi Proyek …….… 4

1.6. Sistematika Penulisan ……..…. 5

Bab II Studi Pustaka …….. 6

2.1. Tinjauan Umum …….….. 6

2.2. Tanah …….… 6

2.2.1. Komposisi Tanah …….…. 6

2.2.2. Batas-Batas Konsistensi Tanah ……... 9

2.2.3. Modulus Elastisitas Tanah ……... 10

2.2.4. *Poison's Ratio* …….……. 11

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2.2.5. Sistem Klasifikasi Tanah …….…. 12

2.2.6. Sifat Mekanik Tanah …… 18

2.2.7. Tanah Ekspansif …….….. 27

2.2.7.1. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif ……..… 27

2.2.7.1.1. Identifikasi Mineralogi ……..…. 27

2.2.7.1.2. Cara Tidak Langsung …… 27

2.2.7.1.3. Metode Pengukuran Langsung …….. 30

2.2.7.2. Sifat-Sifat Tanah Ekspansif …….. 30

2.3. Pengaruh Lalu-Lintas …… 34

2.3.1. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan ……. 34

2.3.2. Lalu-Lintas Harian Rata-Rata …… 35

2.3.3. Volume Lalu-Lintas ……... 36

2.3.4. Beban Gandar ……. 37

2.4. Aspek Perkerasan Jalan ……. 37

2.4.1. Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) 38

2.4.2. Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) ……..... 38

2.4.2.1 Perancangan Konstruksi Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode Analisa Komponen ……...……. 41

2.5 Program Plaxis 8.2 …… 47

Bab III Metodologi Penelitian …… 48

3.1. Lokasi Studi kasus ……. 48

3.2. Tahap Persiapan …… 48

3.3. Metode Pengumpulan Data …… 48

3.4. Analisis Pengolahan Data ……. 50

3.5 Cara Analisa ……... 51

3.6 Alur (flowchart) Analisa …… 51

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Bab IV Analisa dan Pengolahan Data …… 53

4.1. Analisa Awal …… 53

4.1.1 Kondisi *Landscap* (Tata Guna Lahan) …….. 53

4.1.2 Kondisi Awal Jalan ……... 54

4.1.2.1 Geometri Jalan ……... 54

4.1.2.2 Klasifikasi Kelas dan Fungsi Jalan …… 54

4.1.2.3 Kondisi Perkerasan …… 58

4.1.3 Kondisi Awal Tanah Dasar …….. 59

4.1.3.1 Data *Soil Test* …….. 60

4.1.3.2 *Direct Shear Test* ……..… 60

4.1.3.3 Data *Grain Size* ……..…. 61

4.1.3.4 *Consolidation Test* ……..…. 62

4.1.3.5 Data *Atterberg Limit* ……..….. 62

4.1.3.6 Data *Shrinkage Limit* ……..… 65

4.1.3.7 Data Kadar Air ……... 66

4.1.3.8 Data *Swelling Test* ……. 66

4.1.3.9 Data California Bearing Ratio (CBR) ……... 67

4.2. Analisa Permasalahan ……. 67

4.2.1 Klasifikasi Tanah ……. 67

4.2.2 Identifikasi Tanah Ekspansif ……. 68

4.2.3. *California Bearing Ratio* (CBR) ……. 71

4.3. Analisa Geoteknik …… 72

4.3.1. Analisa Daya Dukung Perkerasan …… 72

4.3.1.1. Analisa Geoteknik dengan Perhitungan Manual …… 72

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

4.3.1.2 Analisa Geoteknik dengan Program Plaxis 8.2 …….. 75
4.3.2. Analisa Settlement …… 85

4.4 Alternatif Solusi …….. 87

4.4.1. Perbaikan Tanah Dengan PVD …… 87

4.4.2. Penambahan Tebal Perkerasan ……. 89

4.4.3. Penggunaan Geogrid – Non Woven Geotekstil Composit ……... 102

Bab V Penutup …….. 114

5.1. Kesimpulan …….. 114

5.2. Saran …… 115

Daftar Pustaka

Lampiran

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta lokasi proyek	4
Gambar 2.1	Tiga fase elemen tanah	7
Gambar 2.2	Batas – batas *Atterberg*	9
Gambar 2.3	Klasifikasi berdasarkan teksur tanah	13
Gambar 2.4	Diagram plastisitas	16
Gambar 2.5	Penyebaran beban 2V : 1 H	22
Gambar 2.6	Kurva penurunan terhadap beban yang diterapkan	24
Gambar 2.7	Lapisan perkerasan kaku	38
Gambar 2.8	Lapisan perkerasan lentur	39
Gambar 3.1	Alur (flowchart) analisa	52
Gambar 4.1	Analisa saringan	62
Gambar 4.2	Grafik kedalaman zona aktif tanah (Za)	70
Gambar 4.3	Grafik fluktuasi nilai LL dan nilai PL	70
Gambar 4.4	Lapisan perkerasan jalan STA 42+|000	72
Gambar 4.5	Distribusi beban gandar oleh lapisan perkerasan	73
Gambar 4.6	Menu General Setting Project	75
Gambar 4.7	Menu Dimensions	76
Gambar 4.8	Toolbar Geometri	76
Gambar 4.9	Toolbar Material Sets	77
Gambar 4.10	Model Geometri	78
Gambar 4.11	Mesh	78
Gambar 4.12	Jendela Water Pressure Generation	79
Gambar 4.13	Jendela Initial Ground Water	80
Gambar 4.14	Jendela K0 – Prosedur	80
Gambar 4.15	Jendela Initial Soil Stress	81
Gambar 4.16	Toolbar Calculate	82

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Gambar 4.17 Select Point for Curve 82
Gambar 4.18 Kondisi tanah pada saat pembebanan pada P = 102,67 kN/m^2... 83
Gambar 4.19 Kondisi tanah pada saat pembebanan hingga runtuh 83
Gambar 4.20 Hubungan Displacement dan Multiplier hingga runtuh 84
Gambar 4.21 Gambar perbandingan lebar dan tinggi perkerasan 86
Gambar 4.22 Penempatan PVD 88
Gambar 4.23 Nomogram 98
Gambar 4.24 Lapisan perkerasan pada proyek 100
Gambar 4.25 Menu General Setting Project 103
Gambar 4.26 Menu Dimensions 103
Gambar 4.27 Toolbar Geometri 104
Gambar 4.28 Toolbar Material Sets 104
Gambar 4.29 Model Geometri 105
Gambar 4.30 Mesh 106
Gambar 4.31 Jendela Water Pressure Generation 107
Gambar 4.32 Jendela Initial Ground Water 107
Gambar 4.33 Jendela K0 – Prosedur 108
Gambar 4.34 Jendela Initial Soil Stress 108
Gambar 4.35 Toolbar Calculate 109
Gambar 4.36 Select Point for Curve 110
Gambar 4.37 Kondisi tanah pada saat pembebanan pada P = 102,67 kN/m^2... 111
Gambar 4.38 Kondisi tanah pada saat pembebanan hingga runtuh 111
Gambar 4.39 Hubungan Displacement dan Multiplier hingga runtuh 112

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hubungan nilai Indeks Plastisitas dengan jenis tanah menurut *Atterberg*	10
Tabel 2.2	Nilai perkiraan modulus elastisitas tanah.....	10
Tabel 2.3	Hubungan antara jenis tanah dan *Poisson's Ratio*	11
Tabel 2.4	Klasifikasi tanah sistem AASHTO	14
Tabel 2.5	Klasifikasi tanah sistem AASHTO	15
Tabel 2.6	Klasifikasi tanah sistem USC.....	17
Tabel 2.7	Faktor daya dukung Terzaghi	26
Tabel 2.8	Hubungan potensial mengembang dengan indeks plastisitas	28
Tabel 2.9	Klasifikasi potensi mengembang didasarkan pada batas *Atterberg Limit*.....	29
Tabel 2.10	Data estimasi kemungkinan perubahan volume tanah ekspansif	29
Tabel 2.11	Tingkat ekspansif tanah berdasarkan batas susut	30
Tabel 2.12	Klasifikasi menurut kelas jalan	34
Tabel 2.13	Beban gandar kendaraan	37
Tabel 2.14	Lebar lajur ideal	42
Tabel 2.15	Indeks permukaan pada akhir umur rencana	43
Tabel 2.16	Indeks permukaan pada awal umur rencana	43
Tabel 2.17	Koefisien kekuatan relatif bahan	45
Tabel 2.18	Batas minimum tebal lapis perkerasan untuk lapis permukaan	46
Tabel 2.19	Batas minimum tebal lapis perkerasan untuk lapis pondasi	46
Tabel 4.1	Rekapitulasi kondisi *Landscap* (tata guna lahan)	53
Tabel 4.2	Lalu lintas harian (arah Trengguli – Jati)	55
Tabel 4.3	Lalu lintas harian (arah Jati –Trengguli)	56
Tabel 4.4	Lalu lintas harian (dua arah)	57

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.5 Rekapitulasi kondisi perkerasan jalan 59
Tabel 4.6 Data *Soil test* 60
Tabel 4.7 Data *Direct Shear test* 61
Tabel 4.8 Data *Grain Size* 61
Tabel 4.9 Data *Consolidation test* 62
Tabel 4.10 Data *Atterberg Limit* dari tes Pit 63
Tabel 4.11 Data *Atterberg Limit* dari sampel test Boring 63
Tabel 4.12 Data *Shrinkage Limit* 65
Tabel 4.13 Data kadar air 66
Tabel 4.14 Data *Swelling test*..... 67
Tabel 4.15 Data CBR laboratorium 67
Tabel 4.16 Perhitungan zona aktif tanah 69
Tabel 4.17 Data material lapisan pekerasan jalan 77
Tabel 4.18 Tahap-tahap perhitungan pembebanan 81
Tabel 4.19 Perbandingan nilai daya dukung tanah 85
Tabel 4.20 Perhitungan derajat konsolidasi rata-rata dengan memperhitungkan radiasi vertikal dan radial 89
Tabel 4.21 Data sekunder lalu lintas jalan ruas Trengguli – Jati 90
Tabel 4.22 Data sekunder lalu lintas jalan ruas Trengguli – Jati 91
Tabel 4.23 Variabel pertumbuhan lalu lintas 92
Tabel 4.24 Angka pertumbuhan lalu lintas 92
Tabel 4.25 Data LHR pada awal dan akhir umur rencana 93
Tabel 4.26 Nilai Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) 95
Tabel 4.27 Nilai Lintas Ekivalen Akhir (LEA) 95
Tabel 4.28 Rekapitulasi data curah hujan tahunan 97
Tabel 4.29 Data maerial lapisan perkerasan jalan 104
Tabel 4.30 Data Geogrid – Non Woven Geotekstil Composit 105
Tabel 4.31 Tahap – tahap pembebanan 109

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 TINJAUAN UMUM

Seiring dengan perkembangan zaman di Indonesia saat ini pembangunan demi pembangunan, khususnya pembangunan di bidang transportasi terus dilaksanakan demi tercapainya tujuan pembangunan nasional. Hal ini disebabkan karena transportasi memegang peranan penting dalam kehidupan perekonomian di negara kita. Pembanunan di bidang transportasi lebih ditujukan pada terciptanya suatu transportasi nasional yang handal dan diselenggarakan secara terpadu, tertib, lancar, aman dan efisien. Sedangkan sistem transportasi nasional itu sendiri berperan untuk menunjang dan menggerakkan dinamika pembangunan serta mendukung mobilitas manusia, barang dan jasa.

Kondisi tersebut menuntut tersedianya fasilitas yang semakin baik, terutama menyangkut sarana dan prasarana transportasi yang dapat mendukung pertumbuhan yang terjadi. Sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi suatu daerah, akan diikuti pula dengan meningkatnya arus lalu lintas kendaraan yang melewati jaringan jalan daerah tersebut, sehingga akan menimbulkan permasalahan lalu lintas. Penanganan permasalahan lalu lintas erat kaitannya dengan kondisi jalan yang tersedia. Hal ini terjadi karena kondisi jalan akan mengalami penurunan kelayakan, baik dari segi kapasitas maupun dari segi kekuatan struktur perkerasan jalan tersebut.

Upaya untuk mewujudkan prasarana yang mendukung peningkatan pergerakan lalu lintas sebagai dampak dari pertumbuhan suatu daerah harus diimbangi dengan perencanaan yang matang dan mengacu pada kondisi topografi dan geografi setempat, kondisi lalu lintas, tersedianya biaya, aspek geoteknik yang ada, maupun berkaitan dengan Rencana Umum Tata Ruang Kota (RUTRK). Dengan demikian prasarana yang akan dibangun tersebut dapat berfungsi dengan optimal.

1.2 LATAR BELAKANG

Jalan raya sebagai prasarana transportasi darat membentuk jaringan transportasi yang menghubungkan daerah-daerah, sehingga menunjang perkembangan ekonomi dan pembangunan. Dengan bertambahnya jumlah kendaraan menyebabkan meningkatnya volume lalu lintas, sementara kapasitas jalan cenderung tetap. Hal ini akan menyebabkan terjadinya kepadatan lalu lintas yang berdampak pada biaya transportasi. Tingkat pelayanan jalan yang lebih baik akan menghasilkan.biaya trasportasi yang lebih murah.

Ruas jalan Trengguli - Jati merupakan jalan nasional yang mempunyai peranan penting dalam pengembangan ekonomi regional maupun nasional. Mengingat pentingnya hal itu, maka perkembangan arus lalu lintas pada daerah tersebut harus diikuti dengan tingkat pelayanan jalan yang sesuai agar tidak mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.

Untuk merencanakan suatu konstruksi jalan raya yang baik maka harus diketahui kondisi dari tanah yang akan memikul semua beban, meliputi beban perkerasan dan beban lalu lintas. Setelah diketahui sifat, jenis dan kemampuan daya dukung tanah maka pekerjaan perencanaan dapat dilakukan. Permasalahan dominan yang terjadi pada ruas jalan Trengguli – Jati adalah tingkat kerusakan jalan yang cukup berarti yang diakibatkan oleh kondisi tanah yang labil yaitu berupa tanah ekspansif. Untuk itu diperlukan analisa geoteknik agar ruas jalan Trengguli – Jati dapat berfungsi secara optimal.

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Judul tugas akhir ini adalah “Analisa Geoteknik pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan Trengguli – Jati Kabupaten Kudus”.

Analisa geoteknik ini dimaksudkan untuk :

a. mengetahui jenis dan karakteristik tanah dasar pada ruas jalan eksisting.

b. mengetahui dan kemampuan daya dukung tanah yang ada di lapangan.

c. menganalisa kemampuan geoteknik tanah dasar dan kerusakan pada jalan terutama pada bagian *subgrade* sebagai faktor utama pendukung jalan.

Tujuan yang hendak dicapai dari analisa geoteknik pada proyek pembangunan ruas jalan Trengguli – Jati Kabupaten Kudus ini adalah :

a. untuk mengetahui kondisi daya dukung tanah dasar yang ada di lapangan agar jalan aman dan dapat berfungsi dengan baik demi kelancaran jaringan transportasi yang menghubungkan daerah-daerah, sehingga menunjang perkembangan ekonomi dan pembangunan.
b. untuk memberikan solusi penanganan tanah dasar yang sesuai dengan kondisi yang ada, sehingga tanah mampu mendukung semua beban yang ada baik beban perkerasan maupun beban lalu lintas yang ada.
c. untuk memberikan alternatif-alternatif lain dalam penanganan kondisi tanah dasar agar bila salah satu alternatif mengalami kendala dalam pelaksanaan maka dapat digunakan alternatif yang lain sesuai analisa yang ada.

Selain itu, manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

a. Bermanfaat bagi pembaca untuk menganalisa permasalahan yang lain dalam upaya mendesain infrastruktur jalan raya dengan *subgrade* tanah ekspansif.
b. Bermanfaat bagi penulis sebagai bahan perbandingan di dalam tugas akhir ini dan memperoleh tambahan ilmu pengetahuan.

1.4 BATASAN MASALAH

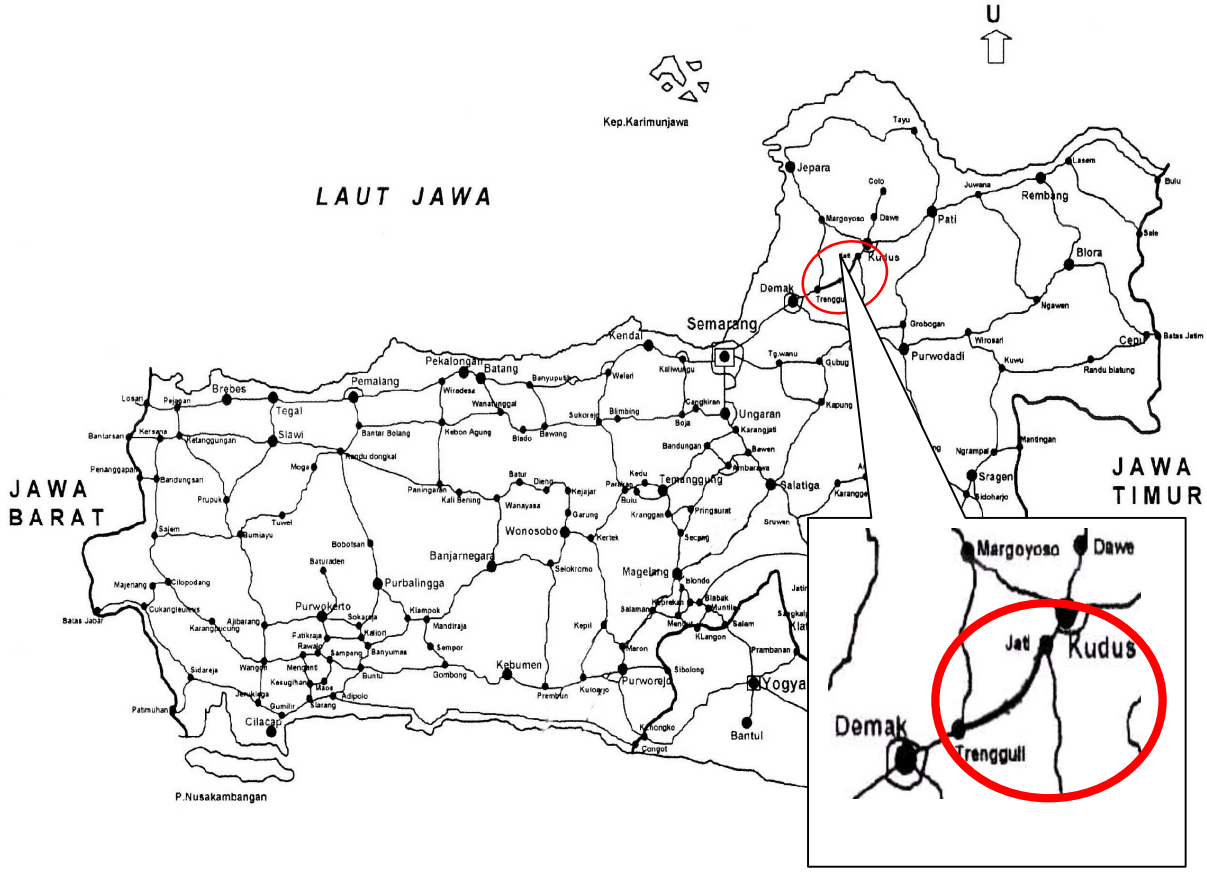
Dalam penulisan tugas akhir ini batasan-batasan yang diberikan adalah :

a. Menentukan sifat / propertis dan daya dukung tanah dasar pada ruas jalan Trengguling – Jati.
b. Menganalisis kemampuan geoteknik subgrade yang telah ada dan mencari faktor penyebab terjadinya kerusakan jalan terutama bagian subgrade sebagai faktor pendukung utama jalan.

c. Studi ini tidak meninjau mengenai kontruksi perkerasan tapi hanya subgrade yang ada.

1.5 LOKASI PROYEK

Jalan yang akan dievaluasi yaitu ruas jalan Trengguli – Jati yang terletak pada Kecamatan Jati, Kota Kudus. Peta lokasi pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Peta : Lokasi Pekerjaan

Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini dibahas mengenai tinjauan umum, latar belakang, maksud dan tujuan, manfaat analisa, batasan masalah, judul tugas akhir, lokasi proyek dan sistematika penulisan tugas akhir.

Bab II Studi Pustaka

Dalam bab ini dibahas dasar-dasar teori dan rumus geoteknik yang akan digunakan untuk pemecahan masalah yang ada, baik untuk menganalisis faktor-faktor dan data-data pendukung maupun perhitungan teknis.

BAB III Metodologi

Bab ini berisi tentang penjelasan langkah kerja pelaksanaan penulisan tugas akhir yang meliputi : lokasi studi kasus, tahap persiapan, alur analisa, metode pengumpulan data, analisis pengolahan data dan cara analisa.

BAB IV Analisa dan Pengolahan Data

Berisi tentang proses analisa data dan permasalahan, serta hasil analisa tanah berdasarkan teori dan hasil studi pustaka serta solusi dari permasalahan tersebut.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Studi pustaka adalah suatu pembahasan yang berdasarkan pada bahan-bahan, buku referensi yang bertujuan untuk memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk menggunakan rumus-rumus tertentu dalam mendesain sesuatu. Mayoritas sifat tanah pada *subgrade* Jalan Trengguli-Jati Kudus adalah tanah ekspansif. Dengan kondisi tanah ekspansif tersebut maka dapat menyebabkan terjadinya kerusakan-kerusakan jalan.

2.2 TANAH

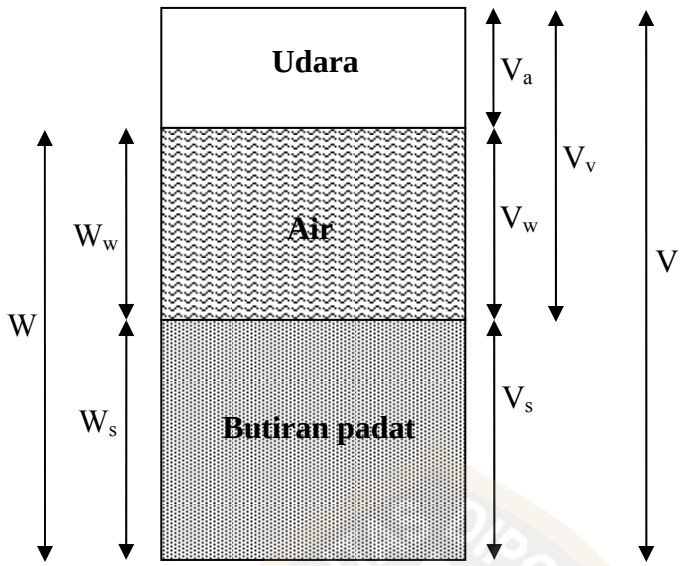
Tanah merupakan suatu material yang mencakup semua bahan dari tanah lempung sampai berakal, dimana tanah mempunyai sifat elastis, homogen, isotropis.

2.2.1 Komposisi Tanah

Tanah menurut *Braja M. Das* (1998) didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Maka diperlukan tanah dengan kondisi kuat menahan beban di atasnya dan menyebarkannya merata.

Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu: butiran padat (*solid*), air dan udara. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.1 Tiga fase elemen tanah

Hubungan volume-berat :

$$\mathbf{V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a}$$

Dimana : Vs = volume butiran padat

Vv = volume pori

Vw = volume air di dalam pori

Va = volume udara di dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan dengan :

$$\mathbf{W = W_s + W_w}$$

Dimana : W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1. Angka Pori

Angka pori atau *void ratio* (e) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat, atau :

$$e = \frac{Vv}{Vs}$$

2. Porositas

Porositas atau *porosity* (n) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total, atau :

$$n = \frac{Vv}{V}$$

3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (S) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$S = \frac{Vw}{Vv}$$

Hubungan antara angka pori dan porositas dapat diturunkan dari persamaan, dengan hasil sebagai berikut :

$$e = \frac{Vv}{Vs} = \frac{n}{1-n}$$

$$n = \frac{e}{1+e}$$

4. Kadar Air

Kadar air atau *water content* (w) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki, yaitu :

$$w = \frac{Ww}{Ws}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

5. Berat Volume

Berat volume (γ) didefinisikan sebagai berat tanah per satuan volume.

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

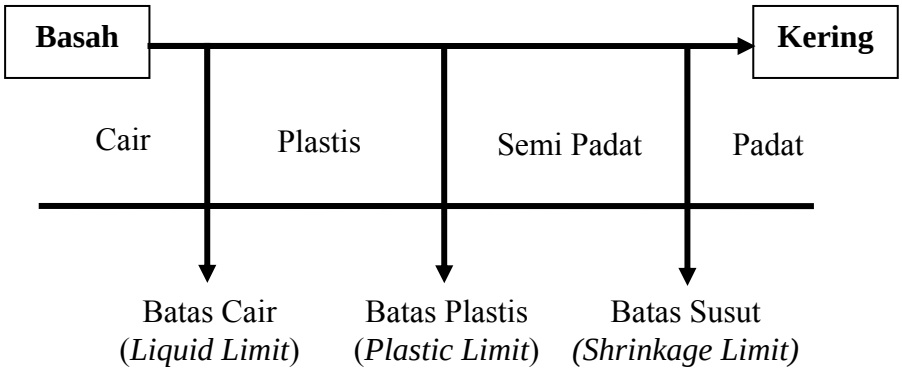
6. Berat spesifik

Berat spedifik atau *Specific gravity* (Gs) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat satuan butir dengan berat satuan volume.

$$Gs = \frac{\gamma s}{\gamma w}$$

2.2.2 Batas-Batas Konsistensi Tanah

Atterberg adalah seorang ilmuwan dari Swedia yang berhasil mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi, sehingga batas konsistensi tanah disebut Batas-batas *Atterberg*. Kegunaan batas *Atterberg* dalam perencanaan adalah memberikan gambaran secara garis besar akan sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk yaitu kekuatannya rendah, sedangkan *compressiblity*nya tinggi sehingga sulit dalam hal pemadatannya. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan ke dalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis dan cair, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Batas-batas *Atterberg*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1. Batas cair (LL) adalah kadar air tanah antara keadaan cair dan keadaan plastis.
2. Batas plastis (PL) adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis.
3. Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis, atau :

$$PI = LL - PL$$

Indeks Plastisitas (IP) menunjukkan tingkat keplastisan tanah. Apabila nilai Indeks Plastisitas tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Klasifikasi jenis tanah menurut *Atterberg* berdasarkan nilai Indeks Plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Hubungan Nilai Indeks Plastisitas dengan Jenis Tanah Menurut *Atterberg*

IP	Jenis Tanah	Plastisitas	Kohesi
0	Pasir	Non Plastis	Non Kohesif
< 7	Lanau	Rendah	Agak Kohesif
7- 17	Lempung berlanau	Sedang	Kohesif
> 17	Lempung murni	Tinggi	Kohesif

Sumber : Bowles (1991)

2.2.3 Modulus Elastisitas Tanah

Nilai modulus *Young* menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari *Triaxial Test*. Nilai Modulus elastisitas (Es) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	Es (kg/cm^2)
Lempung	
Sangat lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Keras	70 – 200
Berpasir	300 – 425

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Jenis Tanah	Es (kg/cm^2)
Pasir	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
Pasir dan Kerikil	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loses	150 – 600
Cadas	1400 – 14000

Sumber : Bowles (1991)

2.2.4 *Poisson's Ratio*

Nilai *poisson's ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai *poisson's ratio* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Hubungan antara jenis tanah dan *Poisson's Ratio*

Jenis Tanah	*Poisson's Ratio* (μ)
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1- 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir padat	0,2 – 0,4
Pasir kasar (e= 0,4 – 0,7)	0,15
Pasir halus (e=0,4 – 0,7)	0,25
Batu	0,1 – 0,4
Loses	0,1 – 0,3

Sumber : Bowles (1991)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2.2.5 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang ada mempunyai beberapa versi, hal ini disebabkan karena tanah memiliki sifat-sifat yang bervariasi. Adapun beberapa metode klasifikasi tanah yang ada antara lain:

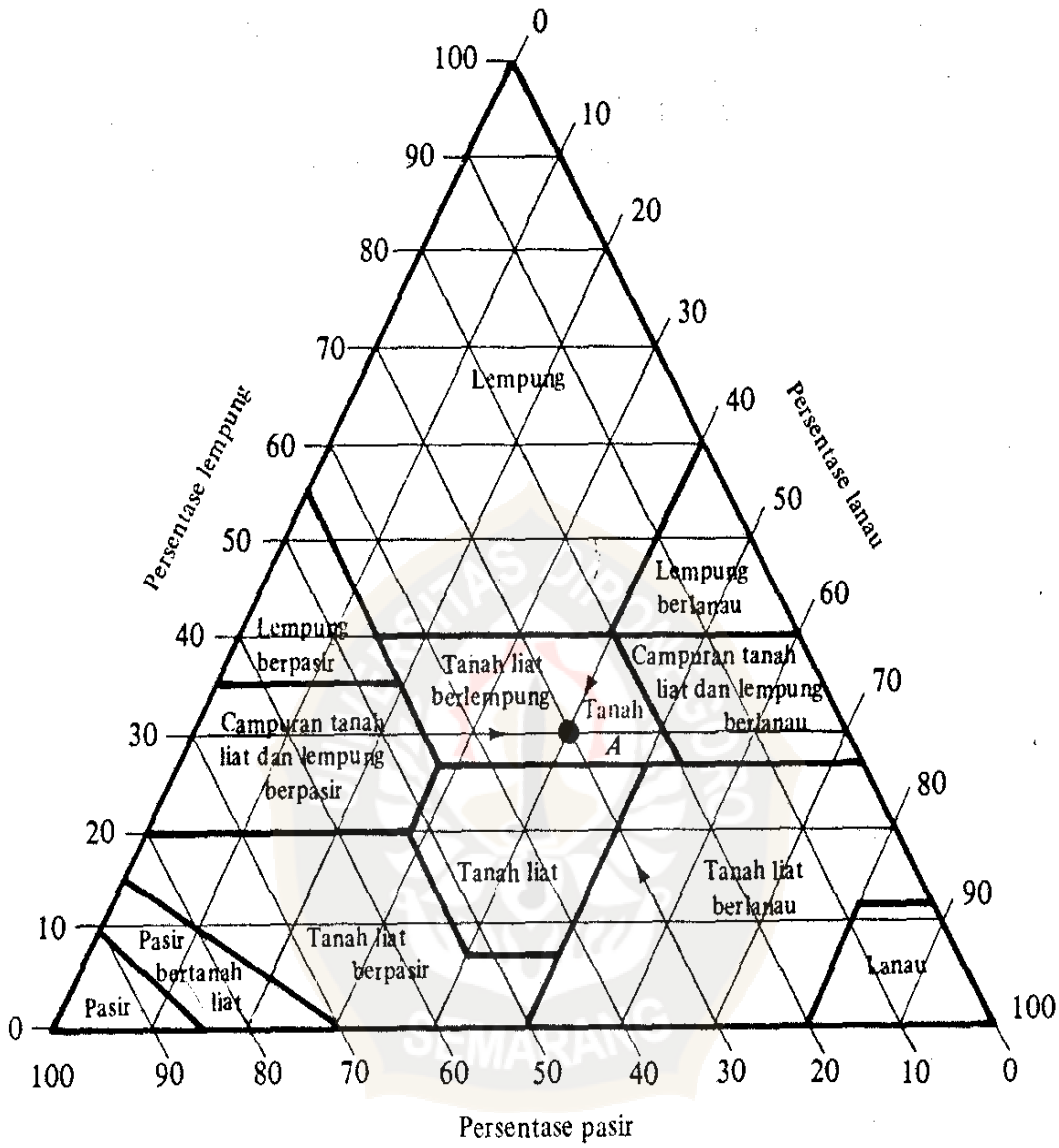
A. Klasifikasi Tanah Berdasar Tekstur.
B. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO
C. Klasifikasi Tanah Sistem USC

A. Klasifikasi Tanah Berdasar Tekstur

Pengaruh daripada ukuran tiap-tiap butir tanah yang ada didalam tanah tersebut merupakan pembentuk tekstur tanah. Tanah tersebut dibagi dalam beberapa kelompok berdasar ukuran butir: pasir *(sand*), lanau (*silt*), lempung (*clay*). Departernen Pertanian AS telah mengembangkan suatu sistem klasifikasi ukuran butir melalui prosentase pasir, lanau dan lempung yang digambar pada grafik segitiga Gambar 2.3.

Cara ini tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah yang disebabkan adanya kandungan (baik dalam segi jumlah dan jenis) mineral lempung yang terdapat pada tanah. Untuk dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah perlu memperhatikan jumlah dan jenis mineral lempung yang dikandungnya.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Sumber : Braja M. Das (1998)

Gambar 2.3 Klasifikasi berdasar tekstur tanah

B. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Sistem klasifikasi tanah sistem AASHTO pada mulanya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok, A-1 sampai A-7. Setelah diadakan beberapa kali perbaikan, sistem ini dipakai oleh *The American Association of State Highway Officials* (AASHTO) dalam tahun 1945. Bagan pengklasifikasian sistem ini dapat dilihat seperti pada Tabel 2.4. dan Tabel 2.5. di bawah ini.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Pengklasifikasian tanah dilakukan dengan cara memproses dari kiri ke kanan pada bagan tersebut sampai menemukan kelompok pertama yang data pengujian bagi tanah tersebut memenuhinya. Khusus untuk tanah-tanah yang mengandung bahan butir halus diidentifikasikan lebih lanjut dengan indeks kelompoknya. Indeks kelompok didefinisikan dengan Tabel 2.4 tentang klasifikasi tanah sistem AASHTO dibawah ini.

Tabel 2.4 Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	**Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)**						
Klasifikasi ayakan	A-1				A-2		
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% Lolos) No. 10 No. 40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks35	Maks35	Maks35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah kerikil pasir	Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau				
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Sumber : Braja M. Das (1998)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 2.5. Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Analisis Ayakan (% Lolos) No. 10 No. 40 No.200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Sumber : Braja M. Das (1998)

C. Klasifikasi Tanah Sistem USC

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh *Cassagrande* dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps Engineers*. Sistem ini telah dipakai dengan sedikit modifikasi oleh *U.S. Bureau of Reclamation* dan *U.S Corps of Engineers* dalam tahun 1952. Dan pada tahun 1969 American *Society for Testing and Material* telah menjadikan sistem ini sebagai prosedur standar guna mengklasifikasikan tanah untuk tujuan rekayasa.

Sistem USC membagi tanah ke dalam dua kelompok utama:

a. Tanah berbutir kasar → adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya tertahan pada ayakan No. 200. Tanah butir kasar terbagi atas kerikil dengan simbol G (*gravel*), dan pasir dengan simbol S (*sand*).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

b. Tanah butir halus → adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya lewat pada saringan No. 200. Tanah butir halus terbagi atas lanau dengan simbol M (*silt*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dan lempung organik dengan simbol O, bergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas. Tanda L untuk plastisitas rendah dan tanda H untuk plastisitas tinggi.

Adapun simbol-simbol lain yang digunakan dalam klasifikasi tanah ini adalah :

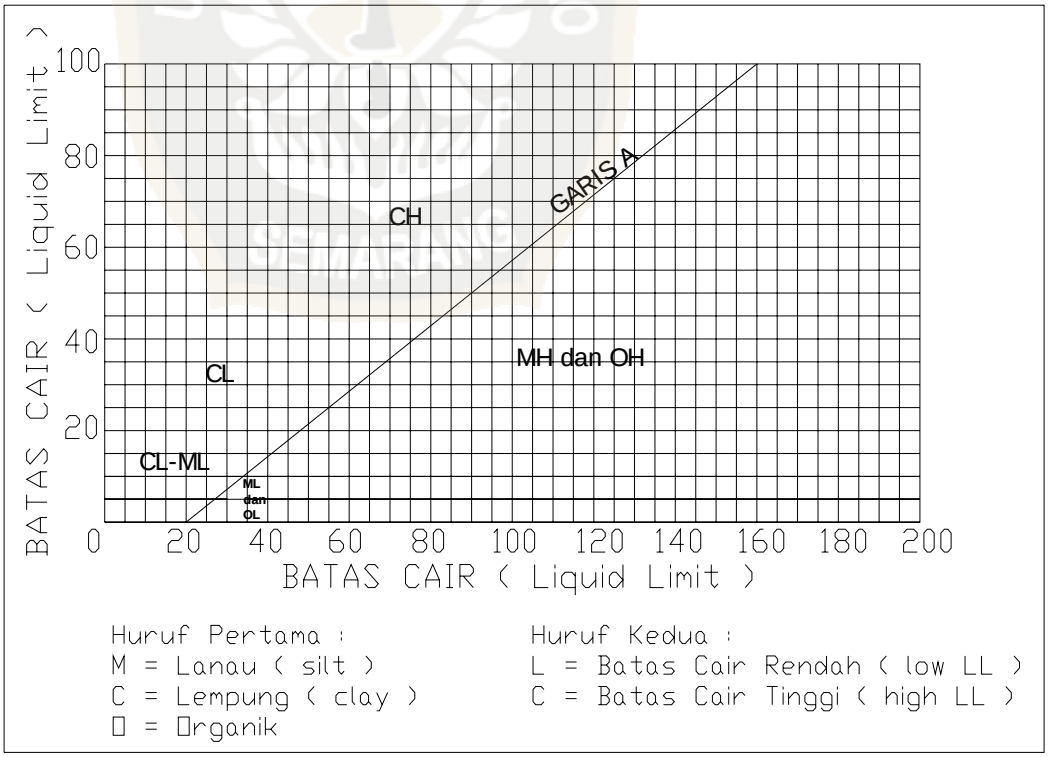
W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)

L = *low plasticity* (plastisitas rendah) (LL < 50)

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) (LL > 50)

Untuk lebih jelasnya klasifikasi system USC dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Tabel 2.6 di bawah ini:



Gambar 2.4 Diagram Plastisitas

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 2.6. Klasifikasi tanah sistem USC

Major Division					Simbol	Nama
TANAH BERBUTIR KASAR lebih dari setengah bahan adalah lebih besar dari ukuran saringan no. 200	KERIKIL lebih dari setengah fraksi kasar adalah lebih besar dari ukuran saringan no. 4	(untuk klasifikasi visual, ukuran 6 mm dapat dipergunakan sebagai ekuivalen dari ukuran no. 4)	KERIKIL BERSIH (butir halus yang tidak ada atau sedikit)		GW	kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir sedikit atau tidak ada butir halus
					GP	kerikil bergradasi buruk, campuran kerikil-pasir sedikit atau tidak ada butir halus
			KERIKIL BERBUTIR HALUS (jumlah butir halus yang cukup banyak) (butir halus		GM	kerikil lanau, campuran kerikil-pasir-lanau bergradasi buruk
					GC	kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung bergradasi buruk
	PASIR lebih dari setengah fraksi kasar adalah lebih kecil dari ukuran saringan no. 4		PASIR BERSIH (butir halus yang tidak ada atau sedikit)		SW	pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butir halus
					SP	pasir bergradasi buruk pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butir halus
			PASIR BERBITUR (jumlah butir halus yang cukup banyak) (butir halus		SM	pasir berlanau, campuran pasir-lanau bergradasi buruk
					SC	pasir berlempung, cmpuran pasir-lempung bergradasi buruk
TANAH BERBUTIR HALUS lebih dari setengan bahan adalah lebih kecil dari ukuran saringan no. 200	LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih kecil dari 50				ML	lanau inorganis dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas
					CL	lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus
					OL	lanau organis dan lanau-lempung organis dengan plastisitas rendah
	LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih besar dari 50				MH	lanau inorganis, tanah berpasir atau berlanau halus mengandung mika atau diatoma, lanau elastis
					CH	lempung inorganis dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
					OH	lempung organis dengan plastisitas sedang sampai tinggi
TANAH SANGAT ORGANIS					PT	gambut (peat), rawang (muck), gambut rawa (peat-bog), dan sebagainya

Sumber : Braja M. Das (1998)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2.2.6 Sifat Mekanik Tanah

1. Regangan

Jika lapisan tanah mengalami pembebanan maka lapisan tanah akan mengalami regangan yang hasilnya berupa penurunan (*settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun pengurangan rongga pori / air dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera (immediate settlement) dan penurunan konsolidasi (consolidation settlement).

Penurunan yang terjadi pada tanah berbutir kasar dan halus yang kering atau tak jenuh terjadi dengan segera sesudah penerapan bebannya. Penurunan pada kondisi ini disebut penurunan segera. Penurunan segera merupakan penurunan bentuk elastic. Dalam prakteknya sulit untuk memperkirakan besarnya penurunan. Hal ini tidak hanya karena tanah dalam kondisi alamnya tidak homogen dan anistropis dengan modulus elastisitas yang bertambah dengan kedalamannya, tetapi juga terdapat kesulitan dalam mengevaluasi kondisi tegangan dan regangan di lapisannya.

Penurunan tanah yang mengalami pembebanan, secara garis besar diakibatkan oleh konsolidasi. Konsolidasi merupakan gejala yang menggambarkan deformasi yang tergantung pada waktu dalam suatu medium berpori jenuh jenuh seperti tanah yang mengalami pembebanan (eksternal). Bahan akan berdeformasi seiring dengan waktu ketika cairan atau air dalam pori secara sedikit demi sedikit berdifusi.

Penurunan konsolidasi adalah penurunan yang terjadi memerlukan waktu yang lamanya tergantung pada kondisi lapisan tanahnya. Penurunan konsolidasi dapat dibagi dalam tiga fase dimana :

Fase awal, yaitu fase dimana terjadi penueunan segera setelah beban bekerja. Disini terjadi proses penekanan udara keluar dari pori tanahnya. Proporsi penurunan awal dapat diberikan dalam perubahan angka pori dan dapat ditentukan dari kurva waktu terhadap penurunan dari pengujian konsolidasi.

Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanahnya akibat tekanan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanahnya seperti permeabilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horizontal dari zona mampat dan batas lapisan lolos air, dimana air keluar menuju lapisan lolos air.

Fase konsolidasi sekunder, yaitu merupakan lanjutan dari proses konsolidasi primer, dimana proses berjalan sangat lambat. Penurunan jarang diperhitungkan karena biasanya sangat kecil. Kecuali pada jenis tanah organik tinggi dan beberapa lempung tak organik yang sangat mudah mampat.

Penurunan total adalah jumlah dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Bila dinyatakan dalam bentuk persamaan, penurunan total adalah :

$S = Si + Sc + Ss$ dimana :

S = penurunan total

Si = penurunan segera

Sc = penurunan akibat konsolidasi primer

Ss = penurunan akibat konsolidasi sekunder

a. Penurunan Segera (immediately settlement)

Penurunan segera atau penurunan elastic dari suatu pondasi terjadi segera setelah pemberian beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan kadar air. Besarnya penurunan ini tergantung pada ketentuan dari pondasi dan tipe material dimana pondasi itu berada.

Suatu pondasi lentur yang memikul beban merata dan terletak di atas material yang elastis (seperti lempung jenuh) akan mengalami penurunan elastis berbentuk cekung. Tetapi bila pondasi tersebut kaku dan berada di atas material yang elastic seperti lempung, maka tanah di bawah pondasi itu akan mengalami penurunan yang merata dan tekanan pada bidang sentuh akan mengalami pendistribusian ulang.

Bentuk penurunan dan distribusi tekanan pada bidang sentuh antara pondasi dan permukaan tanah seperti yang dijelaskan diatas adalah benar apabila modulus elastisitas dan tanah tersebut adalah konstan untuk seluruh kedalaman lapisan tanah.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Hasil pengujian SPT (stadart penetration Test) yang dilakukan oleh Bowles pada tahun 1968 dan menghasilkan persamaan guna menghitung penurunan segera. Persamaan tersebut adalah :

$$Si = \frac{4q}{N}\left(\frac{B}{B+1}\right)^2, untuk\ B > 1{,}2\ m$$

Berdasarkan analisis data lapangan dari Schultze san Sherif (1973), Meyerhof (1974) yang dikutip oleh Soedarmo, D.G. dan Purnomo, S.J.E. (1993) memberikan hubungan empiris untuk penurunan pada pondasi dangkal sebagai berikut :

$$Si = \frac{q\sqrt{B}}{N}$$

Keterangan : Si = penurunan dalam inci

Q = intensitas beban yang diterapkan dalam Ton/ft²

B = lebar pondasi dalam inci

Dimana penurunan segera pada sudut dari bentuk luasan empat persegi panjang flexibel dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Si = \frac{qB}{E}\ (1 - u^2)\ Ip$$

Keterangan : B = Lebar area pembebanan

Ip = Koefisien pengaruh

u = Angka poison

q = Tambahan regangan

b. Penurunan Konsolidasi (consolidation settlement)

Bila suatu lapisan tanah jenuh yang permeabilitasnya rendah dibebani, maka tekanan air pori dalam tanah tersebut akan bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah yang tekanan air porinya lebih rendah, yang diikuti proses penurunan tanahnya. Karena permeabilitasnya rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terlepasnya air pori keluar dari rongga tanah.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Penambahan beban di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan karena adanya deformasi partikel tanah, keluarnya air atau udara dalam pori. Faktor-faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan.

Untuk menghitung penurunan akibat konsolidasi tanah primer dapat digunakan rumus :

$$Sc = \frac{Cc.H}{1+e0} \log \left(\frac{Po+\Delta p}{Po}\right)$$

Keterangan :

Sc = besar penurunan lapisan tanah akibat konsolidasi

Cc = indeks pemampatan (compression index)

H = tebal lapisan tanah

e0 = angka pori awal

Po = tekanan efektif rata-rata

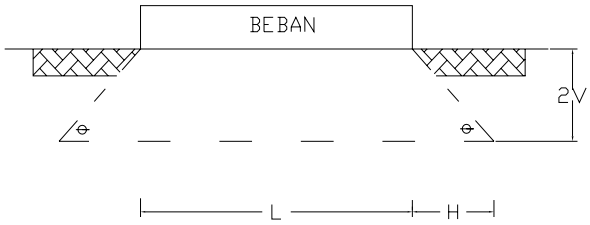
Δp = besar penambahan tekanan

Untuk menghitung indeks pemampatan lempung yang struktur tanahnya belum terganggu / belum rusak, menurut Terzaghi dan Peck (1967) seperti yang dikutip oleh Braja M. (1998) menyatakan penggunaan rumus empiris sebagai berikut :

Cc = 0.009 (LL-10), dengan LL adalah Liquid Limit dalam persen

Salah satu pendekatan yang sangat sederhana untuk menghitung tambahan tegangan beban di permukaan Boussinesq. Caranya adalah dengan membuat garis penyebaran beban 2V : 1H (2 vertikal berbanding 1 horizontal). Gambar 2.5. menunjukkan garis penyebaran beban. Dalam cara ini dianggap beban pondasi Q didukung oleh pyramid yang mempunyai kemiringan sisi 2V : 1H

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.5 Penyebaran Beban 2V : 1H

Tambahan tegangan vertikal dinyatakan dalam persamaan :

$$\Delta p = \frac{q.L.B}{((L+Z)(B+Z))}$$

Keterangan :

Δp = tambahan tegangan vertical

q = beban terbagi rata pada dasar pondasi

L = panjang pondasi

B = lebar pondasi

Z = kedalaman yang ditinjau

c. Kecepatan Waktu Penurunan

Lamanya waktu penurunan yang diperhitungkan adalah waktu yang dibutuhkan oleh tanah untuk melakukan proses konsolidasi. Hal ini dikarenakan proses penurunan segera (*immediate settlement*) berlangsung sesaat setelah beban bekerja pada tanah (t = 0).

Waktu penurunan akibat proses konsolidasi primer tergantung pada besarnya kecepatan konsolidasinya tanah lempung yang dihitung dengan memakai koefisien konsolidasi (Cv), panjang aliran rata-rata yang harus ditempuh air pori selama proses konsolidasi (Hdr) serta faktor waktu (Tv). Faktor waktu (Tv) ditentukan berdasarkan derajat konsolidasi (u) yang merupakan perbandingan penurunan yang telah terjadi akibat konsolidasi (Sct)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

dengan penurunan konsolidasi (Sc), dimana Sct adalah besar penurunan aktual saat ini (St) dikurangi besar penurunan segera (Si).

$U = \frac{St - Si}{Sc}$ Cassagrande (1938) dan Taylor (1948) yang dikutip Braja M.Das, (1998) memberikan hubungan u dan Tv sebagai berikut :

- Untuk U < 60% ; Tv $= \frac{\pi}{4}\left(\frac{U\%}{100}\right)^2$
- Untuk U > 60% ; Tv = 1,781 – 0,9log(1-U)

Untuk menghitung waktu konsolidasi digunakan persamaan berikut :

$$T = \frac{Tv.H1^2}{Cv1}$$

Panjang aliran rata-rata ditentukan sebagai berikut :

- Untuk tanah dimana air porinya dapat mengalir kearah atas dan bawah maka H1 sama dengan setengah tebal lapisan tanah yang mengalami konsolidasi.
- Untuk tanah dimana air porinya hanya dapat mengalir keluar kedalam satu arah saja, maka H1 sama dengan tebal lapisan tanah yang mengalami konsolidasi.

2. Keruntuhan Geser Akibat Terlampauinya Daya Dukung Tanah

Analisa daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja diatasnya. Dalam perencanaan biasanya diperhitungkan agar pondasi tidak menimbulkan tekanan yang berlebihan pada tanah bawahnya, karena tekanan yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan yang besar bahkan dapat menyebabkan keruntuhan.

Jika beban yang diterapkan pada tanah secara berangsur ditambah, maka penurunan pada tanah akan semakin bertambah. Akhirnya pada waktu tertentu terjadi kondisi dimana beban tetap, pondasi mengalami penurunan besar, Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan daya dukung tanah telah terjadi.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Gambar kurva penurunan yang terjadi terhadap besarnya beban yang diterapkan diperlihatkan oleh Gambar 2.7. mula-mula pada beban yang diterapkan penurunan yang terjadi kira-kira sebanding dengan bebannya. Hal ini digambarkan sebagai kurva yang mendekati kondisi garis lurus yang menggambarkan hasil distorsi elastic dan pemampatan tanah. Bila beban bertambah terus, pada kurva terjadi suatu lengkungan tajam yang dilanjutkan dengan garis lurus kedua dengan kemiringan yang lebih curam. Bagian ini menggambarkan keruntuhan geser telah terjadi pada tanahnya.

Daya dukung ultimate (*ultimate bearing capacity*) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Bila dinyatakan dalam persamaan. Maka :

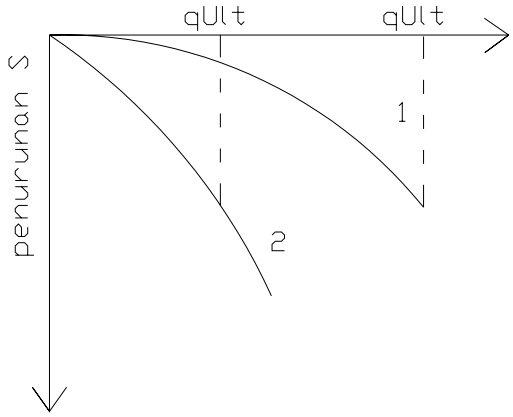
$$qu = \frac{pu}{A}$$

keterangan : qu = daya dukung ultimate atau daya dukung batas

pu = beban ultimate atau beban batas

A = luas area beban

Jika tanah padat, sebelum terjadi keruntuhan didalam tanahnya, penurunan kecil dan bentuk kurva penurunan baban akan seperti yang ditunjukkan kurva 1 dalam Gambar 2.6. kurva 1 menunjukkan kondisi keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Saat beban ultimate tercapai, tanah melewati fase kedudukan keseimbangan plastis. Jika tanah sangat tidak padat atau lunak, penurunan yang terjadi sebelum keruntuhan sangat besar. Keruntuhannya terjadi sebelum keseimbangan plastis sepenuhnya dapat dikerahkan seperti yang ditunjukkan kurva 2. Kurva 2 menunjukkan keruntuhan geser local (*local shear failure*)



Gambar 2.6 Kurva Penurunan Terhadap Beban yang Diterapkan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Untuk menghitung daya dukung ultimate dari tanah dapat digunakan rumus :

qult = c Nc + ∂.d.Nq + $\frac{1}{2}$.∂.B. N∂ ; untuk pondasi lajur

Setelah dipengaruhi oleh faktor bentuk dan faktor kedalaman maka rumus diatas dapat dimodifikasi sebagai berikut :

qult = (c.Nc.Fcs.Fcd + q.Nq.Fqs.Fqd + 0,5.B.∂.F∂s.F∂d)

$$Sf = \frac{qult}{qbeban}$$

Keterangan : q = ∂ Df = tekanan efektif overbulen

Sf = faktor keamanan

Nc = (Nq – 1) cotg Ø

$$Nq = \frac{a^2}{2\cos^2(45^\circ + \frac{\emptyset}{2})}$$

$$a = e^{\left(0{,}75\,\pi - \frac{\emptyset}{2}\right)\tan\emptyset}$$

$$N\partial = \frac{\tan\emptyset}{2}\left(\frac{Kp\,\delta}{\cos^2\emptyset} - 1\right)$$

Fcs = 1 + (B/L)*(Nq/Nc)

Fqs = 1 + (B/L)*tan Ø

F ∂s = 1-0,4*(B/L)

Fcd = 1+0,4*(Df/B)

Fqd = 1+2tan Ø (1-sin Ø)²*(Df/B)

F∂d = 1

Dimana pada tanah dasar mendapat tekanan desak, nilai tekanan desak pada tanah ini dapat dihitung dengan menggunakan analisa yang direkomendasikan oleh Giroud dan Noiray (1981), seperti pada rumus dibawah ini :

$$P = \frac{Pa}{2(b+2*H.\tan\alpha)\,(L+2*H\tan\alpha)}$$

Beban gandar Pa, diasumsikan didisipasikan melalui tebal perkerasan dimana tan α dapat diambil sebesar 0,6 (John, 1987). Bidang kontak ekuivalen roda diatas

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

permukaan jalan diambil sebagai B x L, dimana B dan L adalah lebar dan panjang kontak dari roda.

Untuk kendaraan jalan raya termasuk lori :

B = $\sqrt{(Pa/Pt)}$

Untuk kendaraan konstruksi berat dengan roda lebar dan ganda :

B = $\sqrt{(1{,}414\ Pa/Pt)}$

Dimana : pa = beban gandar

Pt = tekanan roda (nilai tipikal untuk kendaraan konstruksi = 620 kpa (Giroud et al, 1984)

Tabel 2.7 Faktor Daya Dukung Terzaghi

Ø (sudut geser)	Nc	Nq	Nγ	Kpγ
0	5,71	1,0	0,0	10,8
5	7,30	1,6	0,5	12,2
10	9,60	2,7	1,2	14,7
15	12,90	4,4	2,5	18,6
20	17,70	7,4	5,0	25,0
25	25,10	12,7	9,7	35,0
30	37,20	22,5	19,7	52,0
34	52,60	36,5	36,0	-
35	57,80	41,4	42,4	82,0
40	95,70	81,3	100,4	141,0
45	172.30	173,2	297,5	298,0
48	258,30	287,9	780,1	-
50	347,50	415,1	1153,2	800,0

Pada Tabel 2.7 menggambarkan nilai Nc, Nq, Nγ, Kpγ dari setiap sudut geser tanah. Semakin besar sudut geser tanah maka nilai-nilai koefisien daya dukung Terzaghi juga akan semakin besar. Untuk angka dengan sudut geser yang tidak ada pada tabel di atas, nilai koefisien daya dukung Terzaghi dapat diperoleh dengan metode interpolasi.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2.2.7 Tanah Ekspansif

Tanah dengan karakter ekspansif ditemukan pada jenis tanah lempung (*clay*). Tanah lempung dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran partikel, indeks plastisitas, batas cair, dan kandungan mineral. *American Society of Testing Materials* (ASTM) mensyaratkan lebih dari 50% lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) dengan indeks plastisitas minimum 35%.

2.2.7.1 Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Tanah ekspansif adalah suatu jenis tanah yang memiliki derajat pengembangan volume yang tinggi sampai sangat tinggi, biasanya ditemukan pada jenis tanah lempung yang sifat fisiknya sangat terpengaruh oleh air. Dari permukaan tanah hingga kedalaman tertentu, kadar air ini akan memberikan pengaruh kembang susut tanah yang cukup tinggi. Daerah ini dinamakan zona aktif tanah (Za). Zona aktif tanah ini dapat dipergunakan untuk perencanaan penanganan permasalahan tanah dasar dalam berbagai konstruksi bangunan.

Menurut Chen (1975), cara-cara yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif dilakukan dengan 3 cara:

- Identifikasi Minerologi
- Cara Tidak Langsung *(single index method)*
- Cara Langsung

2.2.7.1.1 Identifikasi Mineralogi

Analisa mineralogi sangat beerguna untuk mengidentifikasi potensi kembang susut suatu tanah lempung. Identifikasi dilakukan dengan cara:

- Difraksi Sinar X (*X-Ray Diffraction)*
- Penyerapan Terbilas *(Dye Absorbsion)*
- Penurunan Panas *(Differenstial Thermal Analysis)*
- Analisa Kimia *(Chemical Analysis)*

2.2.7.1.2 Cara Tidak Langsung

Hasil uji sejumlah indeks dasar tanah dapat digunakan untuk evaluasi berpotensi ekspansif atau tidak pada suatu contoh tanah. Uji indeks dasar adalah uji

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

batas-batas Atterberg, linier shrinkage test (uji susut linier), uji mengembang bebas dan uji kandungan koloid.

❖ **Atterberg Limit**

Holtz dan Gibbs (1956) sebagaimana yang dikutip Chen (1975), secara empiris menunjukkan hubungan nilai potensial mengembang dengan indeks plastisitas dari hasil uji atterberg. Besaran indeks plastis dapat digunakan sebagai indeks awal bahwa *swelling* pada tanah lempung (Seed, Woodward dan Lundgreen, 1962). Potensi mengembang didefinisikan sebagai presentase mengembang, contoh tanah lempung yang telah dipadatkan pada kadar air optimum metode AASTHO setelah contoh direndam dengan 1 psi.

Chen (1975) berpendapat bahwa potensi mengembang tanah ekspansif sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitas sehingga Chen membuat klasifikasi potensi pengembangan pada tanah lempung berdasarkan indeks plastisitas, seperti yang tercantum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.8 Hubungan potensial mengembang dengan indeks plastisitas

Potensial Mengembang	Indeks Plastisitas
Rendah	0 – 15
Sedang	10 – 35
Tinggi	20 – 55
Sangat Tinggi	35 <

Sumber : Chen (1975)

Beberapa ahli telah mengidentifikasikan pengaruh *soil properties* terhadap potensi pengembangan dan penyusutan tanah ekspansif. Seed et al. (1962) membuktikan bahwa hanya dengan *plasticity index* saja sudah cukup untuk indikasi tentang karakteristik pemuaian tanah lempung. Oleh Seed et al. (1962) dirumuskan suatu persamaan yang menunjukkan hubungan antara potensi pengembangan (*swell potential*) dengan *plasticity index* sebagai berikut:

$$S = 60k(PI)^{2,44}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Keterangan: S = *swell potential*

K = 3,6 x 10^{-5}

PI = *plasticity index*

❖ **Linier Shrinkage**

Chen (1975) sebagaimana mengutip dari Altmeyer (1955) membuat acuan mengenai hubungan derajat mengembang tanah lempung dengan nilai presentase susut linier dan presentase batas susut Atterberg, seperti yang tercantum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.9 Klasifikasi potensi mengembang didasarkan pada batas Atterberg limit

Batas Susut Atterberg (%)	Susut Linier (%)	Derajat Mengembang
< 10	>8	Kritis
10 – 12	5 – 8	Sedang
>12	0 – 8	Tidak Kritis

Sumber : Altmeyer (1955)

❖ **Metode Klasifikasi (Metode USBR)**

Holtz dan Gibbs menyusun identifikasi tentang kriteria tingkat ekspansif suatu tanah yang kemudian disempurnakan oleh Chen (1975). Tabel identifikasi dari Holtz tersebut terdapat dalam Tabel 2.10. Altmeyer (1955) menyusun identifikasi berdasarkan batas susut. Identifikasi tersebut terdapat dalam Tabel 2.11

Tabel 2.10 Data Estimasi Kemungkinan Perubahan Volume Tanah Ekspansif

Data from Index Test			Probable Expansion Percent Total Vol Change	Degree of Expansion
Colloid Content Percent Minus 0,001 mm	Plasticity Index	Shrinkage Index		
> 28	> 35	< 11	> 30	very high
20 - 13	25 – 41	7 - 12	20 - 30	high
13 - 23	15 – 28	10 - 16	10 - 30	medium
> 15	< 18	> 15	< 10	low

Sumber : Holtz and Gibbs (1959)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 2.11 Tingkat Ekspansif Tanah Berdasarkan Batas Susut

Linear Shrinkage	Shrinkage Index	Degree of Expansion
< 5	> 12	non critical
5 - 8	10 – 12	marginal
> 8	< 10	critical

Sumber : Altmeyer (1955)

2.2.7.1.3 Metode Pengukuran Langsung

Metode pengukuran terbaik adalah dengan pengukuran langsung yaitu suatu cara untuk menentukan potensi pengembangan dan tekanan pegembangan dari tanah ekspansif menggunakan *Oedometer Terzaghi*. Contoh tanah yang berbentuk silinder tipis diletakkan dalam konsolidometer yang dilapisi dengan lapisan pori pada sisi atas dan bawahnya yang selanjutnya diberi beban sesuai dengan beban yang diinginkan. Besarnya pengembangan contoh tanah dibaca beberapa saat setelah tanah dibasahi dengan air. Besarnya pengembangan adalah pengembangan tanah dibagi dengan tebal awal contoh tanah. Adapun cara pengukuran tekanan pengembangan ada dua cara yang umum digunakan.

Cara pertama, pengukuran dengan beban tetap sehingga mecapai persentase mengembang tertinggi kemudian contoh tanah diberi tekanan untuk kembali ke tebal semula. Cara kedua, contoh tanah direndam dalam air dengan mempertahankan volume atau mencegah terjadinya pengembangan dengan cara menambah beban diatasnya setiap saat. Metode ini sering juga disebut *constan volume.*

2.2.7.2 Sifat-Sifat Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

a. Kadar Air (*Moisture Content*)

Jika kadar air (*moisture content*) dari suatu tanah ekspansif tidak berubah berarti tidak ada perubahan volume dan struktur yang ada di atas lempung tidak akan terjadi pergerakan yang diakibatkan oleh pengangkatan (*heaving*). Tetapi jika terjadi penambahan kadar air maka terjadi pengembangan volume (*expansion*) dengan arah vertikal dan horisontal. Holtz dan Fu Hua Chen (1975) mengemukakan bahwa tanah lempung dengan kadar air alami di bawah 15% biasanya menunjukkan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

indikasi berbahaya. Lempung akan mudah menyerap air sampai mencapai kadar air 35% dan mengakibatkan kerusakan struktur akibat pemuaian tanah. Sebaliknya apabila tanah lempung tersebut mempunyai kadar air di atas 30%, maka pemuaian tanah telah terjadi dan pemuaian lebih lanjut akan kecil sekali.

b. Kelelahan Pengembangan (*Fatique of Swelling*)

Gejala kelelahan pengembangan (*fatique of swelling*) telah diselidiki dengan cara penelitian siklus atau pengulangan pembasahan dan pengeringan yang berulang. Hasil penelitian menunjukkan pengembangan tanah pada siklus pertama lebih besar daripada siklus berikutnya. Kelelahan pengembangan diindikasikan sebagai jawaban yang melengkapi hasil penelitian tersebut sehingga dapat disimpulkan bahwa suatu *pavement* yang ditempatkan pada tanah ekspansif yang mengalami siklus iklim yang menyebabkan terjadinya pengeringan dan pembasahan secara berulang mempunyai tendensi untuk mencapai suatu stabilitas setelah beberapa tahun atau beberapa kali siklus basah – kering

Secara ideal penanganan kerusakan jalan pada lapis tanah lempung ekspansif adalah berusaha menjaga atau mempertahankan kadar air pada tanah tersebut agar tetap konstan, minimal tidak mengalami perubahan kadar air yang signifikan, baik kondisi musim penghujan maupun musim kering, sehingga tidak terjadi kembang susut yang besar. Alternatif penanganan tersebut dapat berupa:

a. Penggantian material

   Dengan cara pengelupasan tanah, yaitu tanah lempung diambil dan diganti dengan tanah yang mempunyai sifat lebih baik.

b. Pemadatan (*compaction*)

   Dengan cara ini biaya yang dibutuhkan lebih sedikit (ekonomis).

c. Prapembebanan

   Dengan cara memberi beban terlebih dahulu pada tanah tersebut yang berfungsi untuk mereduksi *settlement* dan menambah kekuatan geser.

d. Drainase

   Dengan cara membuat saluran air di bawah prapembebanan yang berfungsi untuk mempercepat *settlement* dan juga mampu menambah kekuatan geser (*sand blanket and drains*).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

e. Stabilisasi

- Stabilisasi mekanis, yaitu dengan cara mencampur berbagai jenis tanah yang bertujuan untuk mendapatkan tanah dengan gradasi baik (*well graded*) sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan.
- Stabilisasi kimiawi, yaitu stabilisasi tanah dengan cara substitusi ion-ion logam dari tingkat yang lebih tinggi seperti terlihat pada skala substitusi di bawah ini:

  $Li < Na < NH_4 < K < Mg < Rb < Ca < Co < Al$

Sebagai contoh yaitu dengan menambahkan *stabilizing agent* pada tanah tersebut, antara lain *portland cement* (PC), *hydrated lime*, *bitumen*, dan lain-lain.

f. Penggunaan *geosynthetics*

Geosintetis secara umum didefinisikan sebagai bahan polimer yang diaplikasikan di tanah. Produk atau bahan yang merupakan geosintetis antara lain:

1. Geotekstil

Geotekstil merupakan cikal bakal dari geosintetis, berupa lembaran polimer yang fleksibel, terbuat dari serat sintetis. Ada dua macam geotekstil, yang pertama berbentuk serat-serat polimer yang berbentuk benang-benang atau elemen-elemen pipih yang dianyam berbentuk lembaran dan disebut geotekstil ayam (*woven geotextile*), dimana jenis ini tidak mempunyai kemampuan drainase dan mempunyai kecenderungan untuk membentuk lapis kedap air dari butiran tanah halus di bawah beban lalu-lintas dinamis. Yang kedua adalah geotekstil nir-anyam *(non-woven geotextile)* di mana serat-serat dijadikan lembaran secara acak, dimana jenis ini mempunyai dimensi ketebalan dan permeabilitas yang tinggi sehingga merupakan material drainase yang baik, yang akan mengakibatkan tekanan air pori pada tanah dasar akan terdisipasi sehingga meningkatkan kekuatan tanah dasar.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Adapun keuntungan untuk pemakaian geotekstil pada lapisan perkerasan adalah sebagai berikut :

- Mencegah kontaminasi agregat *subbase* dan *base* oleh tanah dasar lunak sehingga memungkinkan distribusi beban lalulintas yang efektif melalui lapisan-lapisan timbunan ini.
- Meniadakan kehilangan agregat timbunan ke dalam tanah dasar yang lunak dan dengan demikian memperkecil biaya dan kebutuhan akan tambahan lapisan agregat terbuang.
- Mengurangi tebal galian.
- Mengurangi penurunan dan deformasi yang tidak merata.

2. Geogrid

Geogrid adalah polimer plastik yang berbentuk seperti jala, geogrid dikembangkan untuk mengatasi daya dukung tanah lunak dan mempunyai tegangan yang tinggi untuk pembebanan yang lama. Geogrid biasanya digunakan untuk pembangunan jalan di atas tanah lunak, bendungan, serta lereng yang tinggi. Adapun keuntungan untuk pemakaian geogrid pada lapisan perkerasan adalah sebagai berikut :

- Untuk mengatasi daya dukung tanah lunak.
- Mempunyai struktur geometri yang dapat menyerap gaya geser.
- Untuk menghindari ketidakstabilan tanah lunak.
- Meningkatkan ketahanan agregat timbunan terhadap keruntuhan setempat pada lokasi beban dengan memperkuat tanah timbunan.
- Mempunyai tegangan desain yang tinggi untuk pembebanan yang lama.

3. Geomembran

Salah satu jenis geotekstil yang sering digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan adalah *geomembrane* yang oleh orang awam terlihat seperti plastik kedap air. Kemudian di atas lapisan itulah konstruksi jalan dibuat.

Geomembran adalah suatu lembaran sintetis yang memiliki sifat permeabilitas sangat rendah yang berfungsi untuk mengontrol perpindahan cairan (kadar air) yang pada suatu struktur. Penggunaan geomembran ini

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

menyebabkan kandungan air di dalam tanah berangsur-angsur menjadi stabil. Pada kasus tanah ekspansif, perubahan kadar air dapat menyebabkan perubahan volume tanah sehingga dapat terjadi kerusakan cukup serius pada struktur. Geomembran dapat menghambat dan menghalangi perubahan kadar air pada tanah dasar sehingga dapat mencegah timbulnya kerusakan pada konstruksi jalan di atasnya.

Pada pelaksanaannya, geomembran dapat digunakan dalam berbagai cara, yaitu:

- *Vertical Geomembrane*

  Membran vertikal dipasang pada kedua sisi perkerasan jalan dengan kedalaman minimal 2/3 zona aktif (Nelson dan Miller, 1992), dan tidak boleh kurang dari 1 meter.

- *Horizontal Geomembrane*

  Membran horisontal dipasang sedemikian rupa sehingga menutupi lebar jalan pada kedalaman tertentu, kemudian di atasnya diberi urugan tanah yang berasal dari daerah lain dan bukan merupakan jenis tanah ekspansif.

2.3. Pengaruh Lalu Lintas

2.3.1. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Jalan terbagi dalam kelas-kelas yang penetapannya didasarkan pada kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan Ton. Dalam " Tata Cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota tahun 1997 ", klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan seperti pada Tabel 2.12 berikut:

Tabel 2.12 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

FUNGSI	KELAS	MUATAN SUMBU TERBERAT (TON)
ARTERI	I	>10
	II	10
	III A	8
KOLEKTOR	III A	8
	III B	8

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1997)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Klasifikasi jalan dibedakan menurut beberapa hal, diantaranya :

a. Berdasarkan Fungsi Jalan, terbagi atas :

Jalan Arteri yaitu jalan yang melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan yang masuk dibatasi secara efisien.

Jalan Kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Jalan Lokal yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan yang masuk dibatasi.

b. Berdasarkan Kelas Jalan,terbagi atas :

Jalan Utama (Kelas I) adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang tinggi antara kota-kota yang penting/antara pusat-pusat produksi eksport.

Jalan Sekunder (kelas II) adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi antara kota-kota yang penting dan kota-kota yang lebih kecil serta melayani daerah sekitar.

Jalan Penghubung (Kelas III) adalah jalan untuk keperluan aktivitas daerah yang juga dipakai sebagai jalan penghubung antara jalan-jalan yang sama atau berlainan.

Klasifikasi kelas jalan juga dapat ditentukan berdasarkan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dalam SMP.

2.3.2. Lalu Lintas Harian Rata-rata

Lalu Lintas Harian Rata-rata adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik dalam satu ruas dengan pengamatan selama satu tahun dibagi 365 hari. Besarnya LHR akan digunakan sebagai dasar perencanaan jalan dan evaluasi lalu lintas pada masa yang akan datang. Untuk memprediksi jumlah LHR pada tahun rencana, digunakan persamaan regresi :

$$Y = a + bx$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Dengan $a = \frac{\Sigma Y - b\Sigma X}{n}$ $b = \frac{n\Sigma(XY) - \Sigma X \Sigma Y}{n\Sigma(X)^2 - (\Sigma X)^2}$

Dimana : Y = Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

X = Tahun ke-

n = jumlah tahun

a dan b = Konstanta

Prediksi tingkat pertumbuhan lalu lintas (I) didapat dari data lalu lintas (LHR) sebelumnya :

$$I = [\ LHR_n - LHR_{(n-1)} / LHR_{(n-1)}\ ] \times 100\%$$

atau

$$i = \left(\sqrt[n]{B/A}\right) - 1$$

Dimana :

LHR_n = Lalu Lintas Harian Rata-rata pada tahun ke n

I = Pertumbuhan lalu lintas

B = LHR tahun ke – n

A = LHR tahun awal

2.3.3. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melintas di suatu titik pada suatu ruas jalan dengan interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam satun mobil penumpang (smp). Dalam sebuah perencanaan, digunakan perhitungan volume puncak yang dinyatakan dala, volume per jam perencanaan. Perhitungan volume lalu lintas digunakan rumus berdasarkan MKJI No. 036/bm/1997.

$$\mathbf{Q_{DH} = LHRT \times k}$$

Keterangan :

Q_{DH} = arus lalu lintas yang digunakan dalam perancangan

k = faktor peubah dari LHRT ke lalu lintas jam puncak

LHRT = lalu lintas harian rata-rata tahunan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2.3.4. Beban Gandar

Beban gandar akan mempengaruhi perhitungan baik pada perhitungan *flexible pavement* maupun *rigid pavement.* Selain itu beban gandar juga akan mempengaruhi perencanaan geotekstil dan daya dukung tanah dasar. Berikut ini akan ditampilkan beban gandar untuk masing-masing kendaraan pada Tabel 2.13 di bawah ini :

Tabel 2.13 Beban Gandar Kendaraan

Jenis Kendaraan	Beban (Ton)	Distribusi Beban (Ton)
1 = sepeda motor, skuter, sepeda kumbang, dan roda tiga	2	1 + 1
2 = sedan, jeep, dan station wagon	2	1 + 1
3 = oplet, pick up, suburban, combi, dan minibus	2	1 + 1
4 = mikro truk dan mobil hantaran	6	2 + 4
5a = bus kecil	8	3 + 5
5b = bus besar	9	3 + 6
6a = truk ringan dua sumbu	8	3 + 5
6b = truk sedang dua sumbu	16	6 + 10
7a = truk tiga sumbu	26	6 + 18
7b = truk gandengan	36	6 + 10 + 10 + 10
7c = truk semi trailer	36	6 + 10 + 18

Beban gandar 8 ton dengan distribusi 3+5 artinya gandar depan memikul beban dengan muatan sumbu sebesar 3 ton dan gandar belakang sebesar 5 ton, jadi beban gandar lebih dipengaruhi oleh jenis kendaraan serta jumlah gandar kendaraan. Muatan sumbu terberat selalu berada di gandar belakang.

.

2.4. ASPEK PERKERASAN JALAN

Struktur perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan raya yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekakuan dan kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalau lintas diatasnya dengan aman.

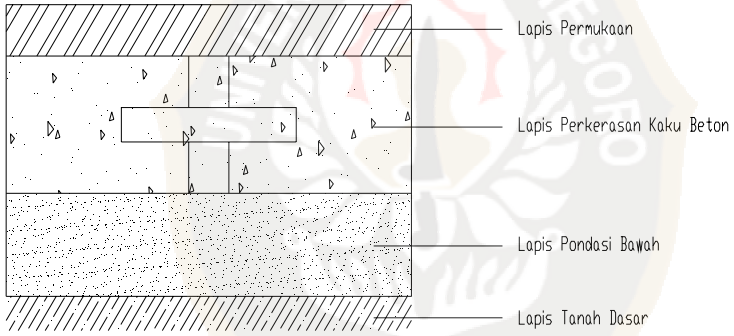
Dalam perencanaan jalan perkerasan merupakan bagian penting dimana perkerasan mempunyai fungsi sebagi berikut :

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

- Menyebarkan beban lalu lintas sehingga besarnya beban yang dipikul oleh tanah dasar (*subgrade*) lebih kecil dari kekuatan tanah dasar itu sendiri.
- Melindungi tanah dasar dari air hujan.
- Mendapatkan permukaan yang rata dan memiliki koefisien gesek yang mencukupi sehingga pengguna jalan lebih aman dan nyaman dalam berkendara.

2.4.1 Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan ini menggunakan bahan ikat semen Portland, pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. Struktur lapisan perkerasan kaku dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini:



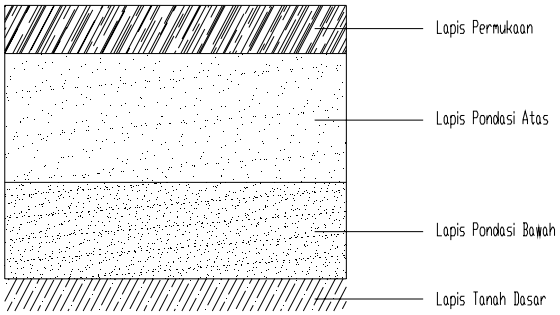
Gambar 2.7 Lapisan Perkerasan Kaku

2.4.2 Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan – lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Struktur dari lapisan perkerasan lentur dijelaskan pada Gambar 2.8. Lapisan – lapisan tersebut adalah :

a. Lapisan Permukaan (*surface coarse*)
b. Lapisan Pondasi Atas (*base coarse*)
c. Lapisan Pondasi Bawah (*sub-base coarse*)
d. Lapisan Tanah Dasar (*sub grade*)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.8. Lapisan Perkerasan Lentur

Ketebalan perkerasan didesain agar mampu memikul tegangan yang ditimbulkan oleh kendaraan, perubahan suhu, kadar air dan perubahan volume pada lapis di bawahnya. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perkerasan lentur adalah sebagi berikut :

1. Umur rencana

   Pertimbangan yang digunakan dalam menentukan umur rencana perkerasan jalan adalah pertimbangan biaya konstruksi, klasifikasi fungsional jalan dan pola lalu lintas jalan yang bersangkutan, dimana tidak terlepas dari satuan pengembangan wilayah yang telah ada.

2. Lalu lintas

   Analisa lalu intas berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan komposisi beban sumbu kendaraan berdasarkan data yang terbaru.

3. Konstruksi jalan

   Konstruksi jalan terdiri dari tanah dan perkerasan jalan. Penetapan rencana tanah dasar dan bahan material yang akan digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan harus didasarkan atas survey dan penelitian laboratorium.

Faktor – faktor yang mempengaruhi besar tebal perkerasan jalan adalah :

- Jumlah jalur (N) dan koefisien distribusi kendaraan (C)
- Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan
- Lalu lintas harian rata rata
- Daya dukung tanah (DDT) dan CBR
- Faktor regional (FR)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari bagian – bagian yang memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

   Lapisan permukaan adalah lapisan setelah lapisan perkerasan yang paling atas. Lapisan ini berfungsi antara lain sebagai berikut :

   - Lapis perkerasan penahan beban roda, yang mempunyai stabilitas tinggi untuk penahan beban roda selama masa layanan.
   - Lapisan kedap air, air hujan yang jatuh tidk merembes kedalam lapisan perkerasan sehingga melemahkan lapisan-lapisan dibawahnya.
   - Lapisan aus, karena menderita gaya gesekan dengan roda.
   - Lapisan penyebar beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang lebih jelek daya dukungnya.

2. Lapisan pondasi (*base course*)

   Lapisan pondasi perkerasan adalah lapisan antara lapisan permukaan dengan subgrade. Adapun fungsi lapisan ponsdasi adalah :

   - Lapisan perkerasan yang menahan gaya lintang roda dan menyebarkan ke lapisan yang dibawahnya (*subgrade*).
   - Lapisan peresapan agar air tanah tidak berkumpul.
   - Bantalan dari lapisan permukaan.

   Bahan-bahan untuk lapisan pondasi harus kuat sehingga dapat menahan beban-beban yang berada di atasnya. Sebelum menentukan suatu bahan yang digunakan sebagai bahan pondasi hendaknya dilakukan penelitian dan pertimbangan sebaik-baiknya sesuai dengan persyaratan yang ada.

3. Lapis pondasi bawah (*sub base coarse*)

   - Menyebarkan beban ke tanah dasar.
   - Mencegah tanah dasar masuk ke lepisan pondasi.
   - Untuk menghemat penggunaan material.
   - Sebagai lantai kerja lapis pondasi atas.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

4. Tanah dasar (*sub grade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula, galian, timbunan tanah yang dipadatkan. Tanah dasar merupakan permukaan tanah dasar untuk perkerasan. Bentuk dan jenis konstruksi perkerasan jalan tergantung sifat-sifat dan jenis tanah. Secara geoteknik, daya dukung tanah ditentukan dengan *soil test*. Umumnya permasalahan yang terjadi menyangkut tanah meliputi daya dukung tanah, permeabilitas,kadar air, sifat mengembang. Lapisan *subgrade* akan terpengaruh terhadap daya dukung tanah. Semakin bagus sifat tanah untuk *subgrade* maka makin meningkat daya dukung tanah tersebut.

2.4.2.1 Perancangan Konstruksi Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode Analisa Komponen

Tebal perkerasan lentur dihitung berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung LHR setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.
   a. Menghitung LEP (lintas ekivalen permulaan)

$$LEP = \sum_{j=1}^{n} LHR_0 \times C_j \times E_j$$

Keterangan:

LHR = lalu lintas harian rata rata pada awal umur rencana

Cj = koefisien distribusi kendaraan

Ej = angka ekivalen tiap jenis kendaraan

   b. Menghitung LEA (lintas ekivalen akhir)

$$LEA = \sum_{j=1}^{n} LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Keterangan:

i = angka perkembangan lalu lintas

j = jenis kendaraan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

c. Menghitung LET (lintas ekivalen tengah)

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA)$$

d. Menghitung LER (lintas ekivalen rencana)

$$LER = LET \times \frac{UR}{10}$$

Keterangan:

UR = umur rencana

2. Menghitung daya dukung tanah dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR, DCP, dan lain-lain. Dari nilai CBR yang diperoleh, maka ditentukan nilai CBR rencana yang merupakan nilai CBR rata-rata pada suatu jalur tertentu.

Caranya adalah sebagai berikut:

a. tentukan nilai harga CBR terendah,
b. tentukan jumlah harga nilai CBR,
c. tentukan jumlah harga CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR.

3. Faktor Regional (FR)

Faktor ini dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat, serta iklim dan cuaca setempat. Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian, atau tikungan tajam, FR ditambah dengan 0,5. Pada rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0. Nilai FR dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Lebar Lajur Ideal

Curah Hujan (mm / tahun)	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6% - 10%)		Kelandaian III (>10%)	
	Kelandaian Berat (%)					
	≤30%	>30%	≤30%	>30%	≤30%	>30%
<900	0,5	1,0-1,5	1	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
>900	1,5	2,0-2,5	2	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Sumber : SKBI (1987)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

4. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan adalah nilai kerataan dan kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan lalu lintas. Selengkapnya nilai IP dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana

LER*)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10 – 100	1,5	1,5-2,0	2	-
100 – 1000	1,5-2,0	2	2,0-2,5	-
>1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Catatan : pada proyek proyek penunjangan jalan, jalan murah, atau jalan darurat maka Ipt dapat diambil 1,0

Sumber : SKBI (1987)

Dalam menentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan pada awal umur rencana. Tabel 2.16 berikut memuat tentang nilai IPo.

Tabel 2.16 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness*) (mm/Km)
LASTON	≥4 3,9 – 3,5	≤ 1000 >1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5 3,4 – 3,0	≤ 2000 >2000
HRA	3,9 – 3,5 3,4 – 3,0	≤ 2000 >2000
BURDA	3,9 – 3,5	<2000
BURTU	3,4 – 3,0	<2000
LAPEN	3,4 - 3,0 2,9 – 2,5	≤3000 >3000

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness*) (mm/Km)
LATASBUM	2,9 – 2,5	-
BURAS	2,9 – 2,5	-
LATASIR	2,9 – 2,5	-
JALAN TANAH	≤2,4	-
JALAN KERIKIL	≤2,4	-

Sumber : SKBI (1987)

5. Menghitung ITP (indeks tebal perkerasan)

   Indeks tebal perkerasan (ITP) dapat dicari dengan menggunakan nomogram sesuai yang terdapat pada buku petunjuk perencanaan perkerasan jalan metode analisis komponen yang masing-masing nomogram dipakai berdasarkan nilai IP dan IPo. Dengan menarik garis lurus antara nilai daya dukung tanah (DDT) dan harga LER, maka didapat nilai ITP, kemudian garis dihubungkan lagi dengan nilai faktor regional (FR) sehingga didapat ITP. Nilai ITP digunakan untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan dengan rumus sebagai berikut:

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

   Keterangan :

   a_1, a_2, a_3 = koefisien relatif kekuatan bahan

   D_1, D_2, D_3 = tebal minimum masing-masing lapisan (cm)

   Selengkapnya nilai koefisien relatif kekuatan bahan dapat dilihat pada Tabel 2.17.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 2.17 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg)	CBR (%)	
0,4	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,3	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,3	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal makadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,2	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab tanah semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab tanah semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,1	-	-	20	Tanah/lempung pasiran

Sumber : SKBI (1987)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

6. Perancangan Tebal Lapisan Perkerasan

a. Lapis permukaan

Batas minimum tebal perkerasan untuk lapis permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.18 di bawah ini.

Tabel 2.18 Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan untuk Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum	Bahan
<3,00 3,00 – 6,70 6,71 – 7,49	5 5 7,5	Lapis pelindung : buras/burtu/burda Lapen/aspal makadam, HRA,lasbutag,laston Lapen/aspal makadam, HRA,lasbutag,laston
7,50 – 9,99 ≥10,00	7,5 10	Lasbutag,laston Laston

Sumber : SKBI (1987)

b. Lapis pondasi

Batas minimum tebal perkerasan untuk lapis pondasi dapat dilihat pada Tabel 2.19 di bawah ini.

Tabel 2.19 Batas minimum tebal lapis perkerasan untuk lapis pondasi

ITP	Tebal Minimum	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20 10	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur Laston atas
7,50 - 9,99	20 15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi makadam Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi makadam,lapen, laston atas
≥12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi makadam,lapen, laston atas

Sumber : SKBI (1987)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

c. Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah tebal minimum adalah 10 cm.

Sumber : SKBI (1987)

2.5 Program Plaxis 8.2

PLAXIS (*Finite Element Code For Soil and Rock Analysis*) adalah program pemodelan dan *Postprocessing* metode elemen hingga yang mampu melakukan analisa masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan sipil. PLAXIS V.8 menyediakan berbagai analisa teknik tentang *Displacement,* tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, dan lain-lain. Program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisa.

Parameter tanah yang digunakan dalam program PLAXIS V.8 diantaranya yaitu :

a) Berat Volume Tanah Kering / *dry soil weight* (γ *dry*)
b) Berat Volume Tanah Basah / *wet soil weight* (γ *wet*)
c) Permeabilitas Arah Horizontal / *horisontal permeability* (k_x)
d) Permeabilitas Arah Vertikal / *vertical permeability* (k_y)
e) Modulus *Young* / *Young's Modulus* (Eref),
f) *Poisson's Ratio* (v)
g) Kohesi / *Cohesion* (c)
h) Sudut Geser / *Friction Angle* (φ)
i) Sudut Dilatasi / *Dilatancy Angle* (ψ)

Program komputer ini menggunakan elemen segitiga dengan pilihan 6 nodal atau 15 nodal. Pada analisis ini digunakan elemen segitiga dengan 15 nodal agar dapat dilakukan interpolasi dan peralihan nodal dengan menggunakan turunan berderajat dua. Dengan menggunakan elemen ini akurasi hasil analisis sudah cukup teliti dan dapat diandalkan.

PLAXIS terdiri dari 4 program :

1. *Input* program
2. *Calculation* program
3. *Output* program
4. *Curve* program

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. LOKASI STUDI KASUS

Objek studi kasus untuk penulisan tugas akhir ini adalah ruas jalan Trengguli – Jati Kabupaten Kudus.

3.2. TAHAP PERSIAPAN

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahan data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan mengefektifkan waktu dan pekerjaan.

Adapun dalam tahap persiapan meliputi :

1. Studi pustaka terhadap materi tugas akhir untuk menentukan garis besar permasalahan.
2. Menentukan kebutuhan data yang akan digunakan.
3. Menggali informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan narasumber.
4. Survey ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan.

Persiapan diatas harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari adanya bagian-bagian yang terlupakn ataupun pekerjaan berulang. Sehingga pekerjaan pada tahap pengumpulan data yang tidak maksimal.

3.3. METODE PENGUMPULAN DATA

Data-data yang mendukung dalam studi kasus ini secara garis besar dapat diklarisifikasikan menjadi 2 bagian, yaitu data primer dan data sekunder.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan langsung atau hasil penelitian terhadap studi objek, yang termasuk kategori data primer adlah data tanah berupa :

1. Data Lapangan
   - Boring Log dan Tes Pit.
   - Data sondir
2. Data yang didapat dari uji laboratorium.
   - Data soil properties berupa *specific gravity*, kohesi (c), sudut geser (Ø), berat isi tanah (∂), *water content* (w), *void ratio* (e)
   - Data liquid dan plastis limit
   - Data proctor test
   - Data CBR
   - Data *Attenberg Limit*
   - Data *Shrinkage Limit*
   - Data *Swelling Test*

b. Data Sekunder

Data ini diperoleh dari pihak lain atau instansi terkait, dengan kata lain menggunakan data yang telah ada. Yang termasuk data sekunder disini adalah :

- Peta lokasi dan gambar trase jalan.
- Lalu-Lintas Harian Rata-Rata, terutama mengenai jenis kendaraan yang melewati jalan tersebut.
- Peraturan-peraturan tentang perancangan perkerasan jalan.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara :

a. Metode Penelitian dan Observasi

Yaitu dengan cara pengamatan langsung melalui penelitian terhadap property tanah terutama dengan melakukan sondir. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui keadaan sebenarnya dan lingkungan sekitar.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

b. Metode interview

Yaitu dengan melakukan wawancara dengan pihak-pihak terkait yang dianggap mengetahui permasalahan. Data ini merupakan data sekunder dan data yang didapat dari metode interview adalah :

- Kondisi lingkungan lokasi
- Asumsi penyebab kerusakan

c. Metode Literatur

Yaitu dengan metode yang digunakan untuk mendapatkan data dengan cara mengumpulkan, mengindentifikasi, mengolah data tertulis dan metoda kerja yang digunakan. Data tertulis bisa juga dari instansi-instansi.

Data yang diperoleh dari metode literatur ini pada umumnya didapat dari instansi terkait, antara lain :

- Peta lokasi, yaitu peta umum tentang wilayah trase jalan berupa peta kontur.
- Gambar trase jalan
- Data Lalu-Lintas Rata-Rata
- Data-data tanah
- Peraturan-peraturan, grafik serta tabel yang berhubungan.

3.4. ANALISIS PENGOLAHAN DATA

Pada tahapan ini dilakukan proses pengolahan data yang diperoleh baik data primer atau data sekunder. Analisis ini meliputi :

a. Analisis Data Tanah

Untuk menentukan nilai-nilai properties tanah guna menentukan daya dukung tanah dasar terhadap pondasi perkerasan jalan serta besarnya penurunan akibat beban pada jalan tersebut.

b. Analisis Kondisi Lapangan Lainnya

Untuk menentukan unsur-unsur lain yang mempengaruhi atau menyebabkan kerusakan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

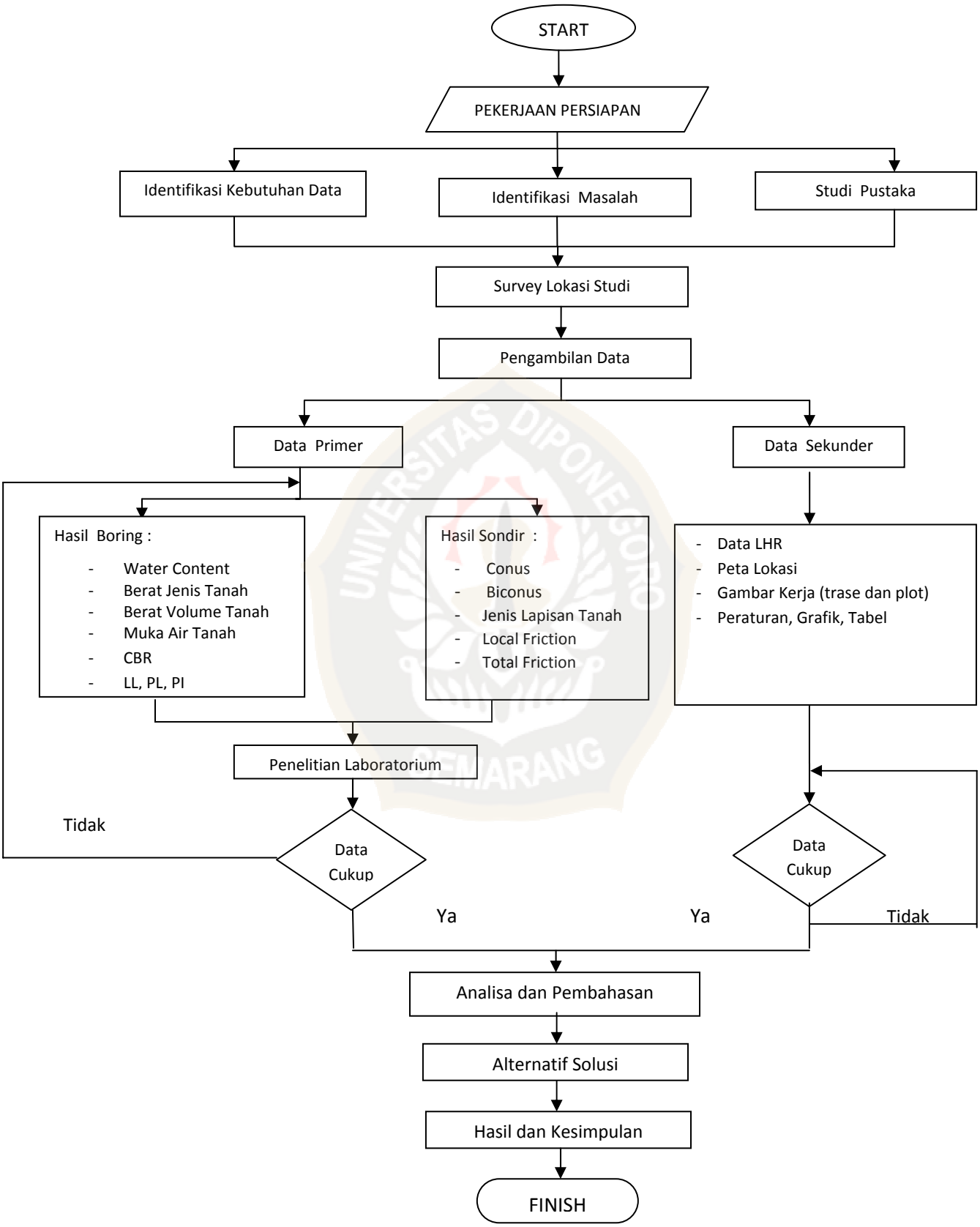
3.5. CARA ANALISA

Adapun cara analisa dalam penulisan tugas akhir ini adalah menghitung daya dukung lapisan subgrade yang telah ada serta memberi alternatif solusi terhadap permasalahan tersebut. Dimana kajian geoteknik berasal dari data penyelidikan di lapangan dan di laboratorium.

3.6. ALUR (FLOWCART) ANALISA

Dalam analisa geoteknik ruas jalan Trengguli – Jati Kabupaten Kudus ini melalui beberapa tahapan. Alur dari tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 tentang alur (flowchart) analisa.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.1 Alur (Flowchart) Analisa

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

BAB IV

ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Analisa Awal

Pada analisa awal tugas akhir ini berisi tentang kondisi awal lapangan dimana jalan yang akan dievaluasi adalah ruas Trengguli – Jati sepanjang 9,4 kilometer yang terletak di antara Demak dan Kudus, tepatnya mulai KM Semarang 36+600 sampai dengan 46+000.

4.1.1. Kondisi *Landscap* (Tata Guna Lahan)

Kondisi landscap sepanjang ruas jalan Trengguli - Jati terdapat berbagai macam tata guna lahan dimulai dari permukiman, pertokoan, ladang, dan sungai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Kondisi Landsekap (Tata Guna Lahan)

No	STA (KM Semarang)	Keterangan
1	36+600 s.d. 37+100	Permukiman
2	37+100 s.d. 37+600	Ladang dan permukiman
3	37+600 s.d. 38+100	Ladang penduduk
4	38+100 s.d. 38+600	Ladang penduduk
5	38+600 s.d. 39+100	Ladang penduduk
6	39+100 s.d. 39+600	Ladang dan permukiman
7	39+600 s.d. 40+100	Sawah, ladang, dan permukiman
8	40+100 s.d. 40+600	Permukiman
9	40+600 s.d. 41+100	Permukiman
10	41+100 s.d. 41+600	Sawah dan Permukiman

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

No	STA (KM Semarang)	Keterangan
11	41+600 s.d. 42+100	Permukiman
12	42+100 s.d. 42+600	Permukiman
13	42+600 s.d. 43+100	Permukiman
14	43+100 s.d. 43+600	Permukiman
15	43+600 s.d. 44+100	Sawah, ladang, dan permukiman
16	44+100 s.d. 44+600	Sawah, ladang, dan permukiman
17	44+600 s.d. 45+100	Permukiman
18	45+100 s.d. 45+600	Permukiman
19	45+600 s.d. 46+000	Permukiman

Sumber : Survei Lapangan (2009)

4.1.2. Kondisi Awal Jalan

4.1.2.1. Geometri Jalan

Kondisi geometri ruas jalan Trengguli-Jati Kabupaten Kudus merupakan jalur nasional penghubung pantai Utara Jawa (Pantura) yang mempunyai 2 jalur dengan lebar tiap jalur 3 meter. Jalan ini tidak mempunyai saluran drainase yang baik sehingga pada musim hujan, jalan akan tergenang oleh air. Oleh karena itu, hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan jalan.

4.1.2.2. Klasifikasi Kelas dan Fungsi Jalan

Dilihat dari klasifikasi berdasarkan muatan sumbu terberat, maka ruas jalan Trengguli – Jati Kabupaten Kudus termasuk jalan arteri primer kelas satu. Kendaraan yang melewati jalan Trengguli Jati ini mempunyai beban gandar yang besar serta beberapa kendaraan yang dengan gandar yang banyak (gandeng) karena merupakan jalur nasional. Pengklasifikasian jalan ini dilihat berdasarkan muatan sumbu terberat dan data LHR ruas jalan Trengguli-Jati.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Data LHR tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan jumlah lajur, jumlah jalur, lebar perkerasan, dan bahu jalan pada ruas jalan yang direncanakan. Hasil survei lalu lintas untuk kedua arah dapat dilihat pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 4.2 Lalu Lintas Harian (Arah Trengguli-Jati)

Jam	Golongan Kendaraan (Arah Trengguli-Jati)												Total	
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8	Kend/jam	Smp/jam
6-7	405	102	75	76	9	33	85	95	65	85	30	13	1073	1358
7-8	345	140	30	52	3	15	25	53	23	23	23	18	750	806
8-9	430	160	45	66	4	19	9	78	30	30	26	40	937	985
9-10	400	105	33	40	5	14	20	65	40	30	30	20	802	884
10-11	300	113	32	55	2	20	20	85	40	12	47	8	734	876
11-12	270	90	40	48	6	17	26	62	29	15	26	6	635	733
12-13	280	105	30	38	4	19	59	85	41	11	23	7	702	826
13-14	300	140	38	55	1	14	40	62	32	16	16	30	744	806
14-15	323	165	112	145	7	62	70	112	96	52	24	8	1176	1527
15-16	440	280	140	208	11	52	60	68	105	140	95	60	1659	2177
16-17	345	200	180	223	6	42	52	75	114	125	90	42	1494	2041
17-18	335	201	120	215	8	42	50	80	125	96	60	16	1348	1851
18-19	365	125	75	113	2	65	37	60	96	108	80	8	1134	1581
19-20	315	145	60	85	12	78	40	105	75	86	42	2	1045	1413
20-21	308	102	40	55	6	30	62	69	81	60	41	3	857	1146
21-22	265	86	42	70	0	40	30	60	77	65	21	0	756	1021
22-23	65	34	18	20	4	12	20	9	31	45	20	3	281	435
23-24	40	22	9	13	2	17	15	12	20	20	11	0	181	275
0-1	40	20	10	9	4	12	9	10	6	15	6	0	141	192
1-2	89	62	11	7	6	14	4	8	12	8	3	0	224	251
2-3	75	45	10	5	5	10	6	9	14	9	12	0	200	248
3-4	60	40	12	17	3	9	5	6	15	30	11	0	208	294
4-5	40	50	18	15	9	30	13	30	20	33	12	0	270	404
5-6	160	55	74	96	22	50	16	32	44	40	30	9	628	850
Jumlah	5995	2587	1254	1726	141	716	773	1330	1231	1154	779	293	17979	22977

Sumber : CV.Cipta Prima Karsa (2008)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.3 Lalu Lintas Harian (Arah Jati-Trengguli)

Jam	Golongan Kendaraan (Arah Jati-Trengguli)												Total	
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8	Kend/ jam	Smp/ jam
6-7	445	155	44	21	6	56	33	120	125	101	75	23	1204	1617
7-8	312	190	107	105	7	30	35	116	106	45	20	25	1098	1382
8-9	246	125	35	106	3	21	26	82	33	15	22	22	736	864
9-10	290	150	33	105	6	20	28	70	20	3	21	25	771	840
10-11	315	151	90	90	2	20	26	98	24	10	15	10	851	938
11-12	401	250	40	95	0	21	28	120	16	15	16	3	1005	1084
12-13	425	225	96	124	2	22	53	40	35	20	25	8	1075	1180
13-14	385	180	92	12	2	15	117	62	50	13	20	9	957	1061
14-15	315	182	98	115	15	70	102	105	42	30	12	15	1101	1321
15-16	314	205	105	75	26	60	83	105	34	30	2	9	1048	1218
16-17	350	150	60	105	4	64	86	108	40	20	20	6	1013	1206
17-18	335	145	60	85	12	67	62	75	29	15	22	4	911	1056
18-19	260	125	62	82	4	40	50	68	28	18	14	5	756	885
19-20	215	120	65	65	5	50	42	44	20	17	15	1	659	775
20-21	117	110	64	52	7	27	23	20	30	16	16	6	488	604
21-22	230	151	40	45	13	16	26	26	15	15	9	1	587	639
22-23	99	68	35	40	2	50	61	72	13	10	10	5	465	592
23-24	40	56	23	33	0	30	60	72	40	45	32	8	439	692
0-1	30	42	26	35	7	32	31	71	25	40	12	0	351	546
1-2	32	35	22	26	0	22	32	61	27	45	20	1	323	521
2-3	38	42	42	35	0	26	29	52	25	30	22	0	341	516
3-4	50	30	52	30	2	26	30	64	22	40	20	0	366	550
4-5	82	50	82	65	6	41	40	82	30	35	12	5	530	733
5-6	92	61	105	79	9	34	40	79	40	25	19	21	604	802
Jumlah	5418	2998	1478	1745	140	860	1143	1812	869	653	471	212	17799	21801

Sumber : CV.Cipta Prima Karsa (2008)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.4 Lalu Lintas Harian (Dua Arah)

Jam	Golongan Kendaraan (Dua Arah)												Total	
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8	Kend/ jam	Smp/ jam
6-7	850	257	119	97	15	89	118	215	190	186	105	36	2277	2975
7-8	657	330	137	157	10	45	60	169	129	68	43	43	1848	2188
8-9	676	285	80	172	7	40	35	160	63	45	48	62	1673	1849
9-10	690	255	66	145	11	34	48	135	60	33	51	45	1573	1724
10-11	615	264	122	145	4	40	46	183	64	22	62	18	1585	1814
11-12	671	340	80	143	6	38	54	182	45	30	42	9	1640	1817
12-13	705	330	126	162	6	41	112	125	76	31	48	15	1777	2006
13-14	685	320	130	67	3	29	157	124	82	29	36	39	1701	1867
14-15	638	347	210	260	22	132	172	217	138	82	36	23	2277	2848
15-16	754	485	245	283	37	112	143	173	139	170	97	69	2707	3395
16-17	695	350	240	328	10	106	138	183	154	145	110	48	2507	3247
17-18	670	346	180	300	20	109	112	155	154	111	82	20	2259	2907
18-19	625	250	137	195	6	105	87	128	124	126	94	13	1890	2466
19-20	530	265	125	150	17	128	82	149	95	103	57	3	1704	2188
20-21	425	212	104	107	13	57	85	89	111	76	57	9	1345	1750
21-22	495	237	82	115	13	56	56	86	92	80	30	1	1343	1660
22-23	164	102	53	60	6	62	81	81	44	55	30	8	746	1027
23-24	80	78	32	46	2	47	75	84	60	65	43	8	620	967
0-1	70	62	36	44	11	44	40	81	31	55	18	0	492	737
1-2	121	97	33	33	6	36	36	69	39	53	23	1	547	772
2-3	113	87	52	40	5	36	35	61	39	39	34	0	541	764
3-4	110	70	64	47	5	35	35	70	37	70	31	0	574	844
4-5	122	100	100	80	15	71	53	112	50	68	24	5	800	1137
5-6	254	116	179	175	31	84	56	111	84	65	49	30	1232	1652
Jumlah	11413	5585	2732	3471	281	1576	1916	3142	2100	1807	1250	505	35778	44778

Sumber : CV.Cipta Prima Karsa (2008)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Catatan:

EMP kendaraan jenis 1 = 0,7

EMP kendaraan jenis 2,3 = 1,0

EMP kendaraan jenis 4,5,6 = 1,5

EMP kendaraan jenis 7 = 2,5

(sumber: MKJI 1997)

Keterangan penggolongan kendaraan:

1 = sepeda motor, skuter, sepeda kumbang, dan roda tiga
2 = sedan, jeep, dan station wagon
3 = oplet, pick up, suburban, combi, dan minibus
4 = mikro truk dan mobil hantaran
5a = bus kecil
5b = bus besar
6a = truk ringan dua sumbu
6b = truk sedang dua sumbu
7a = truk tiga sumbu
7b = truk gandengan
7c = truk semi trailer
8 = kendaraan tidak bermotor

4.1.2.3 Kondisi Perkerasan

Kondisi perkerasan pada ruas jalan Trengguli-Jati pada KM 36+600 sampai dengan 46+000 adalah:

- panjang jalan : 9,4 kilometer
- lebar jalan : 6 meter
- jenis perkerasan : AC

Kerusakan yang terjadi pada perkerasan eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.5.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.5 Rekapitulasi Kondisi Perkerasan Jalan

No	STA	Jenis Perkerasan	Kerusakan
1	36+600 s.d. 37+100	AC	Bergelombang
2	37+100 s.d. 37+600	AC	Bergelombang
3	37+600 s.d. 38+100	AC	Bergelombang
4	38+100 s.d. 38+600	AC	Bergelombang
5	38+600 s.d. 39+100	AC	Retak-retak
6	39+100 s.d. 39+600	AC	Bergelombang
7	39+600 s.d. 40+100	AC	Bergelombang
8	40+100 s.d. 40+600	AC	Retak memanjang, bergelombang
9	40+600 s.d. 41+100	AC	Bergelombang
10	41+100 s.d. 41+600	AC	Retak memanjang, bergelombang
11	41+600 s.d. 42+100	AC	Retak-retak, bergelombang
12	42+100 s.d. 42+600	AC	Retak memanjang, bergelombang
13	42+600 s.d. 43+100	AC	Bergelombang
14	43+100 s.d. 43+600	AC	Bergelombang
15	43+600 s.d. 44+100	AC	Bergelombang
16	44+100 s.d. 44+600	AC	Bergelombang
17	44+600 s.d. 45+100	AC	Bergelombang
18	45+100 s.d. 45+600	AC	Retak-retak, bergelombang
19	45+600 s.d. 46+000	AC	Bergelombang

Sumber : CV.Cipta Prima Karsa (2008)

4.1.3 Kondisi Awal Tanah Dasar

Data kondisi awal tanah dasar untuk Soil test, Direct Shear Test, *Grain Size* digunakan data pada STA 42 + 000 karena pada STA tersebut terdapat kerusakan yang

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

cukup kompleks yaitu retak-retak dan bergelombang dibanding kerusakan pada STA yang lain. Sedangkan untuk identifikasi penyebaran tanah ekspansif menggunakan data *Atterberg Limit* pada semua STA dan untuk identifikasi tanah ekspansif dari data *Shrinkage Limits,* Kadar Air, *Swelling Test,* data *Atterberg Limit* digunakan dari hasil Test Boring.

4.1.3.1 Data *Soil Test*

Soil test dimaksudkan untuk menentukan sifat fisik tanah yang meliputi:

- *Water Content (W)*
- *Dry Unit Weight (γ_d)*
- *Specific Gravity (Gs)*
- *Unit Weight (γ)*
- *Porosity (n)*
- *Void Ratio (e)*

Data *Soil Test* dapat dilihat pada Tabel 4.6. dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 4.6 Data *Soil Test*

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
1.	BJ Tanah Basah	Kg/cm^3	1,949
2.	BJ Tanah Kering	Kg/cm^3	1,536
3.	Water Content	%	26,860
4.	Porositas (n)	%	41,246
5.	Angka Pori (e)		0,702
6.	Specific gravity (Gs)		2,615

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

4.1.3.2. Direct Shear Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam. Data *Direct Shear Test* ini dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.7 Data *Direct Shear Test*

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
1.	Kohesi	Kg/cm^2	0,148
2.	Sudut Geser	Deg.	10,399

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

4.1.3.3 Data *Grain Size*

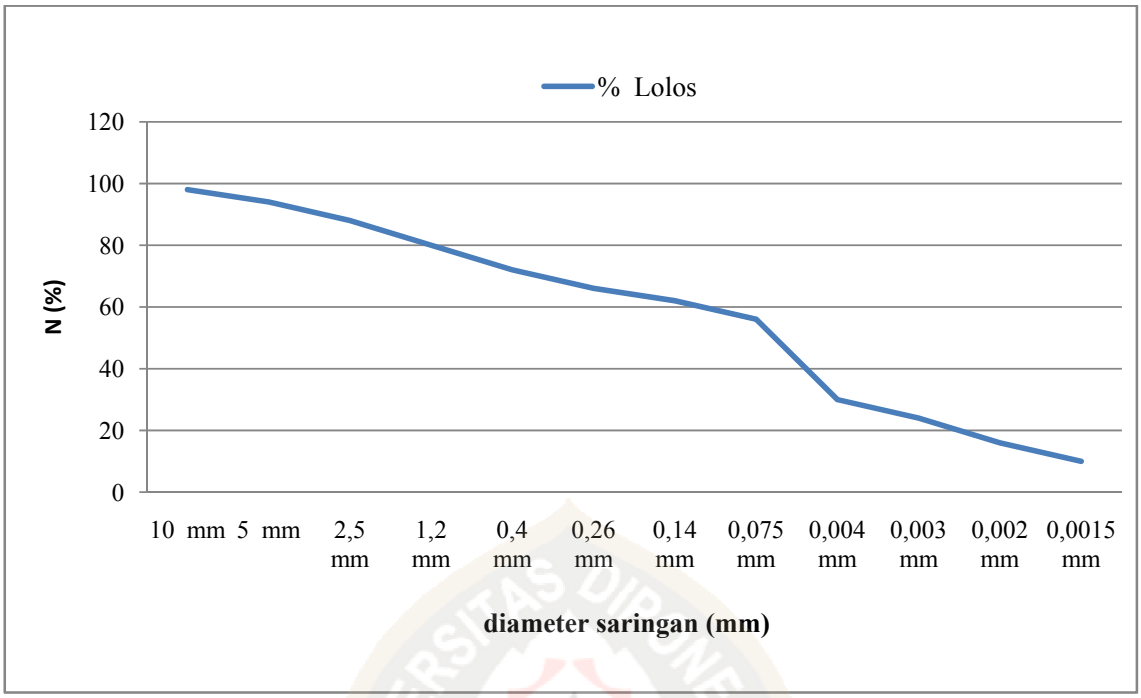
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butir dari suatu tanah uji dengan cara analisis saringan. Data *grain size* dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.8 Data *Grain Size*

Diameter	% Lolos
10 mm	98
5 mm	94
2,5 mm	88
1,2 mm	80
0,4 mm	72
0,26 mm	66
0,14 mm	62
0,075 mm	56
0,004 mm	30
0,003 mm	24
0,002 mm	16
0,0015 mm	10

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.1 Analisa Saringan

4.1.3.4. Consolidation Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai Coeffisient of Consolidation (cv) dan Compression Index (cc). Data *Consolidation Test* ini dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 4.9 Data *Consolidation Test*

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
1.	Coeffisient of Consolidation		0,488
2.	Compression Index	cm^2/min	0,454

Sumber: Lab.Mektan Undip (2009)

4.1.3.5 Data *Atterberg Limit*

Pengujian A*tterberg limit* bertujuan untuk menentukan batas cair dan batas plastis suatu tanah uji. Data A*tterberg limit* dari test Pit dapat dilihat pada Tabel 4.10. sedangkan data *Atterberg limit* dari test Boring dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.10 Data A*tterberg Limit* dari test Pit

No.	STA	Atterberg Limits		
		LL	PL	IP
1	36 + 700	45,13	18,71	26,42
2	38 + 000	42,30	17,37	24,93
3	39 + 000	36,99	20,20	16,79
4	40 + 000	41,73	17,50	24,23
5	41 + 000	33,47	18,95	14,52
6	42 + 000	48,18	19,85	28,33
7	43 + 000	37,79	21,65	16,14
8	44 + 000	46,7	17,08	29,62
9	45 + 000	56,83	16,37	40,46
10	46 + 000	46,65	16,37	30,28

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

Tabel 4.11 Data A*tterberg Limit* dari sampel Test Boring

No	Kode Sampel	Atterberg Limit		
		LL	PL	IP
1	BM.01 -0.50	80.66	30.95	49.72
2	BM.01 -1.00	75.45	28.71	46.74
3	BM.01 -1.50	68.88	34.35	34.54
4	BM.01 -2.00	59.79	29.68	30.11
5	BM.01 -2.50	48.98	31.63	17.35
6	BM.01 -3.00	40.41	26.17	14.24
7	BM.01 -3.50	68.5	33.48	35.03
8	BM.01 -4.00	64.49	36.9	27.59
9	BM.01 -4.50	58.37	38.1	20.27
10	BM.01 -5.00	71.18	35.03	36.14
11	BM.01 -5.50	58.6	26.05	32.55

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

No	Kode Sampel	Atterberg Limit		
		LL	PL	IP
12	BM.01 -6.00	61.22	32.26	28.95
13	BM.01 -6.50	79.25	32.7	43.55
14	BM.01 -7.00	52.81	35.28	17.53
15	BM.01 -7.50	53.62	39.26	14.36
16	BM.01 -8.00	51.9	30.89	21.01
17	BM.01 -8.50	71.52	28.15	43.37
18	BM.01 -9.00	58.73	33.42	25.31
19	BM.01 -9.50	55.17	31.21	23.96
20	BM.01 -10.00	58.91	34.52	24.39
21	BM.02 -0.50	64.71	26.11	38.6
22	BM.02 -1.00	67.32	27.13	40.19
23	BM.02 -1.50	68.85	25.13	43.72
24	BM.02-2.00	67.78	30.91	36.87
25	BM.02 -2.50	65.24	29.54	35.7
26	BM.02 -3.00	68.25	33.62	34.63
27	BM.02 -3.50	55.85	32.98	22.87
28	BM.02 -4.00	62.88	30.85	32.03
30	BM.02 -5.00	66.55	38.76	27.79
31	BM.02 -5.50	51.09	38.93	12.16
32	BM.02 -6.00	67,71	32,9	34,81
33	BM.02 -6.50	64,34	27,96	36,38
34	BM.02 -7.00	52.63	28.85	23.78
35	BM.02 -7.50	67.5	20.31	47.19
36	BM.02 -8.00	53.83	22.4	31.43
37	BM.02 -8.50	52.37	22.82	29.55
38	BM.02 -9.00	56.48	36.07	20.41
39	BM.02 -9.50	60.96	25.36	35.6
40	BM.02 -10.00	57.98	37.71	20.26

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

4.1.3.6 Data *Shrinkage Limits*

Data *shrinkage limits* dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 4.12 Data *Shrinkage Limits*

No	Kode Sampel	Shrinkage Limit (%)	No	Kode Sampel	Shrinkage Limit (%)
1	BM.01 -0.50	56.395	21	BM.02 -0.50	54.413
2	BM.01 -1.00	57.242	22	BM.02 -1.00	65.129
3	BM.01 -1.50	61.115	23	BM.02 -1.50	48.701
4	BM.01 -2.00	59.865	24	BM.02-2.00	67.876
5	BM.01 -2.50	60.483	25	BM.02 -2.50	49.514
6	BM.01 -3.00	72.418	26	BM.02 -3.00	72.327
7	BM.01 -3.50	61.205	27	BM.02 -3.50	51.879
8	BM.01 -4.00	63.179	28	BM.02 -4.00	53.74
9	BM.01 -4.50	64.339	29	BM.02 -4.50	71.978
10	BM.01 -5.00	59.808	30	BM.02 -5.00	56.893
11	BM.01 -5.50	61.028	31	BM.02 -5.50	48.766
12	BM.01 -6.00	67.995	32	BM.02 -6.00	71.278
13	BM.01 -6.50	51.432	33	BM.02-6.50	54.22
14	BM.01 -7.00	63.141	34	BM.02 -7.00	64.303
15	BM.01 -7.50	58.017	35	BM.02 -7.50	67.848
16	BM.01 -8.00	65.643	36	BM.02 -8.00	68.954
17	BM.01 -8.50	55.989	37	BM.02 -8.50	48.356
18	BM.01 -9.00	54.182	38	BM.02 -9.00	66.36
19	BM.01 -9.50	58.135	39	BM.02 -9.50	61.242
20	BM.01 -10.00	66.791	40	BM.02 -10.00	59.462

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

4.1.3.7 Data Kadar Air

Data kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.13 di bawah ini dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 4.13 Data *Kadar Air*

No	Kode Sampel	Kadar Air (%)	No	Kode Sampel	Kadar Air (%)
1	BM.01 -0.50	38.85	21	BM.02 -0.50	33.614
2	BM.01 -1.00	36.674	22	BM.02 -1.00	34.797
3	BM.01 -1.50	47.587	23	BM.02 -1.50	39.389
4	BM.01 -2.00	37.454	24	BM.02-2.00	40.474
5	BM.01 -2.50	41.277	25	BM.02 -2.50	38.793
6	BM.01 -3.00	38.869	26	BM.02 -3.00	42.621
7	BM.01 -3.50	41.101	27	BM.02 -3.50	44.103
8	BM.01 -4.00	45.743	28	BM.02 -4.00	43.328
9	BM.01 -4.50	50.579	29	BM.02 -4.50	52.856
10	BM.01 -5.00	48.375	30	BM.02 -5.00	54.736
11	BM.01 -5.50	37.177	31	BM.02 -5.50	56.38
12	BM.01 -6.00	40.483	32	BM.02 -6.00	54.112
13	BM.01 -6.50	45.658	33	BM.02-6.50	43.215
14	BM.01 -7.00	41.771	34	BM.02 -7.00	44.132
15	BM.01 -7.50	50.145	35	BM.02 -7.50	33.765
16	BM.01 -8.00	48.788	36	BM.02 -8.00	32.199
17	BM.01 -8.50	40.553	37	BM.02 -8.50	36.747
18	BM.01 -9.00	43.247	38	BM.02 -9.00	49.152
19	BM.01 -9.50	42.64	39	BM.02 -9.50	36.892
20	BM.01 -10.00	41.648	40	BM.02 -10.00	52.475

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

4.1.3.8 Data *Swelling Test*

Data *Swelling Test* dapat dilihat pada Tabel 4.14. dibawah ini dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.14 Data *Swelling Test*

No	Kode Sampel	γ Tanah Basah	γ Tanah Kering	Swelling (γ Basah / γ Kering)
1	BM.01 -5.00	1.825	1.460	1.25
2	BM.01 -10.00	1.891	1.501	1.259827
3	BM.02 -5.00	1.832	1.475	1.242034
4	BM.02 -10.00	1.897	1.482	1.280027

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

4.1.3.9 Data *California Bearing Ratio* (CBR)

Tujuan penyelidikan tanah ini adalah untuk mengetahui nilai CBR lapisan tanah dasar pada lokasi pekerjaan. Nilai CBR yang didapat dari pemeriksaan laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A pada data SUMMARY OF SOIL DATA.

Tabel 4.15 Data CBR Laboratorium

STA	CBR Lab (95 %)	CBR Lab (100%)
36+700	2.77	3.71
38+000	2.66	3.81
39+000	3.21	4.14
40+000	8.71	9.47
41+000	2.08	3.04
42+000	7.31	8.38
43+000	6.84	8.11
44+000	7.01	7.74
45+000	6.71	7.51
46+000	2.88	4.37

Sumber: Lab.Mektan Unissula (2007)

4.2 Analisa Permasalahan

Pada Analisa permasalahan ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan dasar yang mengakibatkan kerusakan pada tanah.

4.2.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah, dimana klasifikasi tanah ini dibagi menjadi tiga, yaitu :

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1. **Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur**

   Dimana dari data grafik *Grain Size Analysis* didapat presentase pasir 40,59%, silt 37,10%, lempung 15,79%, lalu nilai-nilai itu diplot ke Gambar 2.3 dan ditarik garis maka didapat tanah liat berlempung.

2. **Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO**

   Dimana dari Tabel 4.8 dan Tabel 4.11 didapat agregat lolos ayakan no.200 adalah 56% dan Batas Cair = 61,92 % > 41%, PI = 29,33 % > 11 %. Maka dari Tabel 2.5 didapat simbol kelompok A-7-6, dimana tanah berlempung dengan penilaian sebagai bahan tanah dasar jelek.

3. **Klasifikasi Tanah Berdasarkan USC**

   Dimana dari Tabel 4.8 dan Tabel 4.11 didapat agregat lolos ayakan no.200 adalah 56% > 50% dan Batas Cair = 61,92 % >50 %, dari Tabel 2.6 didapat simbol CH yaitu Lempung inorganis dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk.

4.2.2. Identifikasi Tanah Ekspansif

Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui adanya tanah ekspansif, dimana identifikasi ini dibagi menjadi empat, yaitu :

1. **Berdasarkan Data A*tterberg Limit***

   Dari Tabel 4.10. dan Tabel 4.11. dapat dilihat bahwa tanah ini mempunyai nilai LL (Batas Cair) lapangan yang cukup tinggi yaitu diatas 51 %, serta nilai rata-rata PI adalah diatas 35 % sehingga tanah ini mempunyai *Degree of Expansion Very High* dan *Swell Potensial Very High.* Selain itu dari data A*tterberg Limit* tersebut dapat diketahui zona aktif tanah ekspansif dan grafik fluktuasi nilai LL dan nilai PI, yaitu :

   a. **Zona aktif Tanah Ekspansif**

      Zona aktif tanah adalah kedalaman tertentu dimana kadar air akan memberikan pengaruh kembang susut tanah yang cukup tinggi, untuk perhitungan zona aktif tanah dapat dilihat pada Tabel 4.16 serta gambar

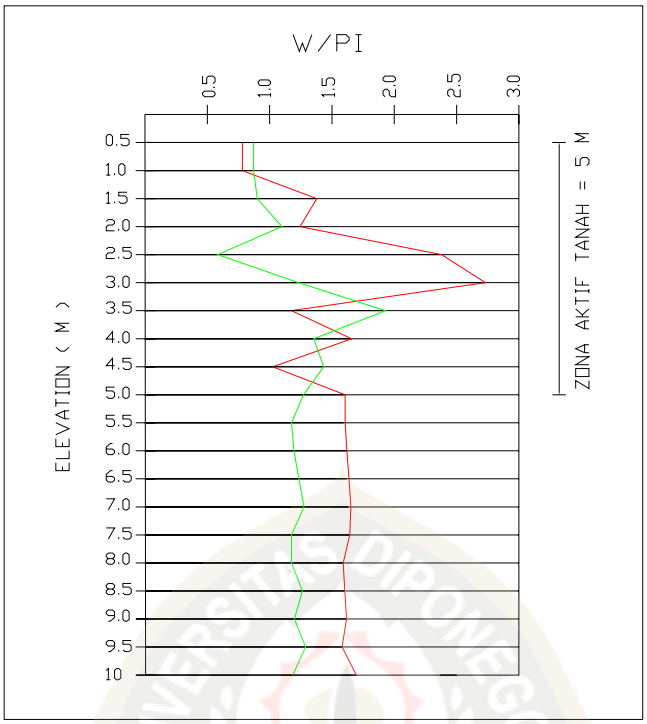
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

dari kedalaman zona aktif tanah dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini, dimana zona aktif terdapat pada kedalaman 5 meter.

Tabel 4.16 Perhitungan Zona Aktif Tanah

Kedalaman (m)	*Water Content* (w)		*Plasticity Index* (PI)		w/PI	
	BM 01	BM 02	BM 01	BM 02	BM 01	BM 02
0.5	38.850	33.614	49.720	38.600	0.781	0.871
1	36.674	34.797	46.740	40.190	0.785	0.866
1.5	47.587	39.389	34.540	43.720	1.378	0.901
2	37.454	40.474	30.110	36.870	1.244	1.098
2.5	41.277	38.793	17.350	66.426	2.379	0.584
3	38.869	42.621	14.240	34.630	2.730	1.231
3.5	41.101	44.103	35.030	22.870	1.173	1.928
4	45.743	43.328	27.590	32.030	1.658	1.353
4.5	50.579	52.856	49.418	36.900	1.024	1.432
5	48.375	54.736	30.187	43.099	1.603	1.270
5.5	37.177	56.38	23.357	47.983	1.592	1.175
6	40.483	54.112	25.025	45.396	1.618	1.192
6.5	45.658	43.215	28.312	34.992	1.613	1.235
7	41.771	44.132	25.608	35.087	1.631	1.258
7.5	50.145	33.765	30.530	28.731	1.643	1.175
8	48.788	32.199	30.678	27.681	1.590	1.163
8.5	40.553	36.747	25.302	29.194	1.603	1.259
9	43.247	49.152	26.743	41.004	1.617	1.199
9.5	42.64	36.892	26.975	28.703	1.581	1.285
10	41.648	52.475	24.629	44.381	1.691	1.182

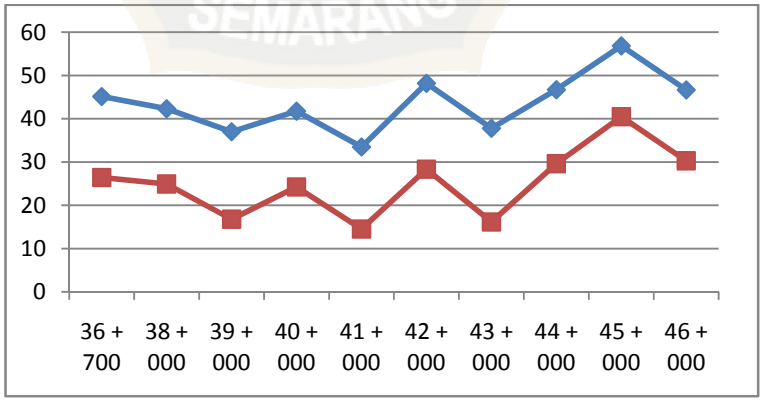
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.2 Grafik Kedalaman Zona Aktif Tanah (Za)

b. Grafik Fluktuasi Nilai LL dan PI

Dari data *Attenberg limit* Tabel 4.11 maka didapat grafik fluktuasi nilai LL dan nilai PI seperti ditunjukkan Gambar 4.3dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Fluktuasi Nilai LL dan Nilai PL

Keterangan : = Nilai LL

= Nilai IP

= Nilai Batas Bawah PI Untuk *Low Swelling Potential*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2. **Berdasarkan Data *Shrinkage Limits***

   Dari Tabel 4.12. dapat dilihat bahwa tanah ini mempunyai nilai batas susut yang tinggi yaitu antara 48%-72%.

3. **Berdasarkan Data Kadar Air**

   Pada Tabel 4.13. dapat dilihat bahwa tanah ini mempunyai nilai kadar air cukup tinggi yaitu antara 37 % - 56 %, dengan nilai rata-rata kadar air yaitu 43,059 %.

4. **Berdasarkan Data *Swelling Test***

   Pada Tabel 4.14. dapat dilihat bahwa tanah ini mempunyai nilai pengembangan (swelling) yang cukup tinggi yaitu rata – rata 125 %.

4.2.3. *California Bearing Ratio* (CBR)

Nilai CBR ini dapat mewakili daya dukung tanah dasar. Menurut RDS *(Road Design System),* nilai CBR desain dapat diperoleh dengan rumus:

CBR desain = CBR rata rata – (1xSD)

Keterangan:

CBR desain = nilai CBR yang dicari

CBR rata-rata = nilai CBR rata-rata yang diperoleh dari data yang ada.

$$= \frac{\sum_i^n CBR}{n}$$

n = jumlah data

SD = standard deviasi (simpangan baku)

$$= \sqrt{\frac{n\left(\sum_i^n CBR^2\right) - \left(\sum_i^n CBR\right)^2}{n(n-1)}}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Dari Tabel 4.15. didapat nilai CBR Laboratorium Rendaman (95% Optimum), dimana :

a. CBR rata-rata= $\frac{2.08 + 2.66 + 2.77 + 2.88 + 3.21 + 6.71 + 6.84 + 7.01 + 7.31 + 8.71}{10}$

= 5.02

b. SD =

$$\sqrt{\frac{10\left(2.08^2 + 2.66^2 + 2.77^2 + 2.88^2 + 3.21^2 + 6.71^2 + 6.84^2 + 7.01^2 + 7.31^2 + 8.71^2\right) - (50.18)^2}{10(10-1)}}$$

= 2.5

Sehingga didapat CBR desain = 5.02 – 2.5 = 2.52 , Dimana nilai CBR desain kurang dari 3 maka perkerasan jalan akan mudah mengalami keretakan setelah beberapa beban berulang.

4.3. Analisa Geoteknik

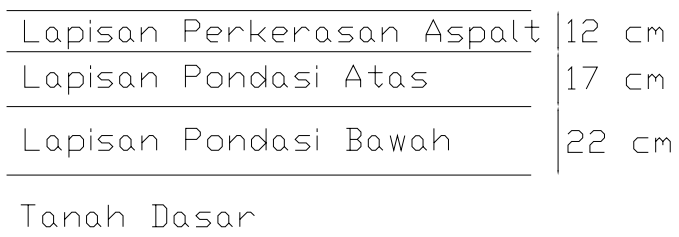
Pada Analisa geoteknik ini bertujuan untuk menganalisa kerusakan - kerusakan yang terjadi pada tanah.

4.3.1 Analisa Daya Dukung Perkerasan

4.3.1.1 Analisa Daya Dukung Perkerasan dengan Perhitungan Manual

Dalam analisa daya dukung perkerasan ini kami menghitung analisa daya dukung perkerasan kondisi jalan awal dan proyek

Analisa Daya Dukung Perkerasan STA 42+000



Gambar 4.4 Lapisan Perkerasan Jalan STA 42+000

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Pada jalan Trengguli-Jati terutama pada STA 42+000 yang dijelaskan pada Gambar 4.4 di atas mempunyai tebal lapisan perkerasan aspal (h1) sebesar 0,12 m, tebal lapisan pondasi atas (h2) sebesar 0,17 m, serta tebal lapisan pondasi bawah sebesar (h3) sebesar 0,22 m. selain itu diketahui juga nilai ∂d Asphalt 2,330 t/m³,∂d Lapisan Pondasi Atas 2,079 t/m³,serta ∂d Lapisan Pondasi Bawah = 2,091 t/m³.

- Tanah Dasar, Ø = 10,399º

  ∂d = 1,536 t/m³

  c = 1,48 t/m²

  Nc = 9,863 Nq = 2,835 N∂ = 1,303

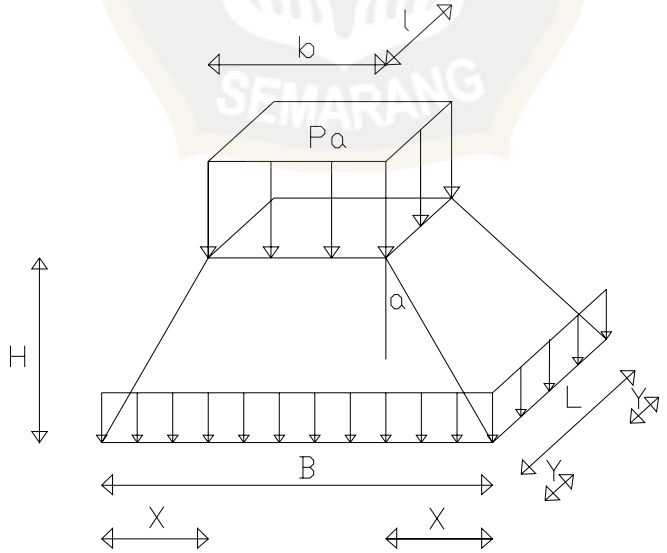
- Menghitung beban pada elevasi tanah dasar akibat kendaraan konstruksi berat dengan roda lebar dan ganda dimana distribusi beban gandar oleh lapisan perkerasan dapat dilihat pada Gambar 4.5.

  Pa = 30 ton

  Pt = 63,2 t/m²

  b = $\sqrt{(1{,}414\ Pa/Pt)} = \sqrt{(1{,}414 * 30/63{,}2)}$ = 0,819 m

  l = 0,5 B = 0,5∗0,819 = 0,409 m



Gambar 4.5 Distribusi beban gandar oleh lapisan perkerasan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

B = b + 2x = 0,819 + 2*tan α*H = 0,819 + 2*0,6*0,51 = 1,431 m

L = l + 2x = 0,409 + 2*tan α*H = 0,409 + 2*0,6*0,51 = 1,021 m

$$P = \frac{Pa}{2(b+2*H\tan\alpha)\,(l+2*H\tan\alpha)} = \frac{30}{2(0{,}819+2*0{,}51*0{,}6)\,(0{,}409+2*0{,}51*0{,}6)}$$

= 10,267 t/m²

- Menghitung beban akibat lapisan perkerasan
  - Beban perkerasan aspalt = h1 * ∂d Asphalt = 0,12 * 2,330 = 0,279 t/m²
  - Beban lapisan pondasi atas = h2 * ∂d Lapisan Pondasi Atas = 0,17 * 2,079 = 0,353 t/m²
  - Beban lapisan pondasi bawah = h3 * ∂d Lapisan Pondasi Bawah = 0,22 * 2,091 = 0,46 t/m²
    - ❖ Maka beban total yang diterima oleh tanah dasar = Beban pada elevasi tanah dasar akibat kendaraan konstruksi berat dengan roda lebar dan ganda + Beban perkerasan aspalt + Beban lapisan pondasi atas + Beban lapisan pondasi bawah = 10,267 + 0,279 + 0,353 + 0,46 = 11,359 t/m²
- Menghitung daya dukung tanah dasar

  qult = (c*Nc*Fcs*Fcd + q*Nq*Fqs*Fqd + 0,5*B*∂*F∂s*F∂d)

  dimana : Df merupakan kedalaman pondasi, karena lapisan pondasi jalan berada di atas permukaan tanah asli maka Df = 0 m, kemudian setelah Df disustitusikan ke dalam rumus di atas,maka rumus berubah menjadi :

qult = c*Nc*Fcs*Fcd + 0,5*B*∂*F∂s*F∂d

- Faktor bentuk :

  Fcs = 1 + (B/L)*(Nq/Nc) = 1+(1,431/1,021)*(2,835/9,863) = 1,403

  F ∂s = 1-0,4*(B/L) = 1-0,4*(1,431/1,021) = 0,439

- Faktor kedalaman :

  Fcd = 1+0,4*(Df/B) = 1 + 0,4*(0 / 1,431) = 1

  F∂d = 1

  qult = (1,48*9,863*1,403*1) + (0,5*1,431*1,536*0,439*1)

  = 20,96239 t/m²

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Nilai s.f. diambil 3

Maka qall = qult/sf = 20,96239 / 3 = 6,9875 t/m², Karena qall = 6,9875 t/m² < beban total = 11,359 t/m², maka daya dukung tanah tidak aman.

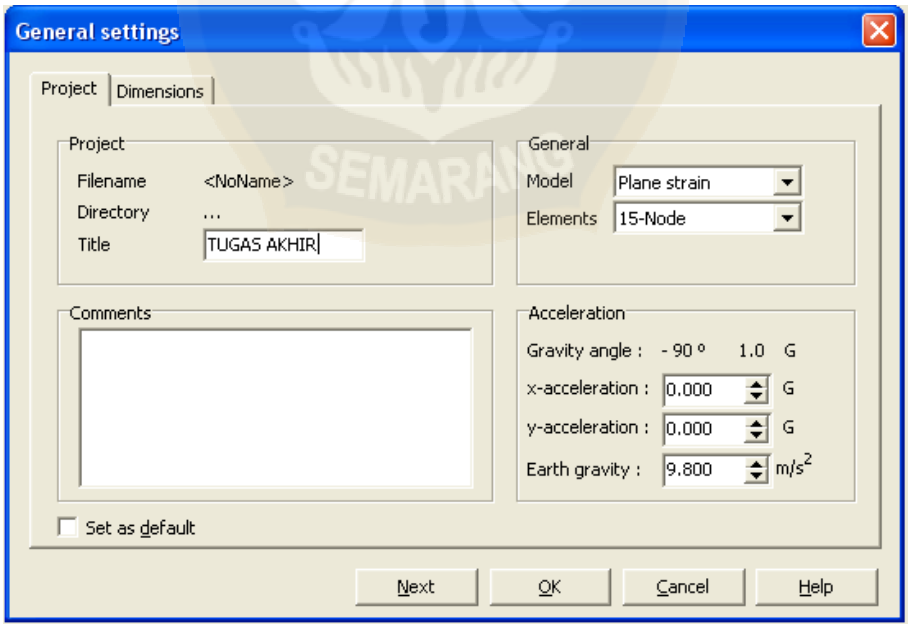
Kesimpulan : Dari perhitungan daya dukung tanah dapat dilihat bahwa tanah dasar tidak mampu mendukung beban – beban yang bekerja sehingga tanah menjadi rusak retak – retak, hal ini juga diperparah dengan adanya pergerakan aktif dari tanah ekspansif sehingga jalan tambah retak – retak dan bergelombang.

4.3.1.2 Analisa Daya Dukung Perkerasan dengan Program Plaxis 8.2

Langkah-langkah perhitungan daya dukung tanah perkerasan jalan dengan progam PLAXIS adalah sebagai berikut :

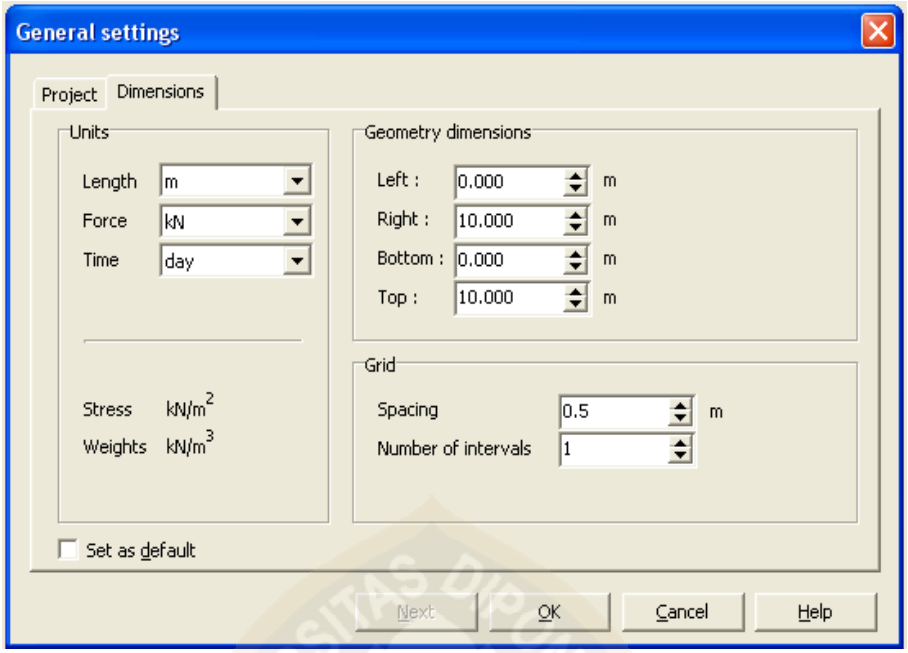
- **Langkah 1**

  Klik menu *File – New*, kemudian isilah menu *General Setting Project* dan *Dimensions,* seperti terlihat pada Gambar 4.6 dan 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.6 Menu *General Setting Project*

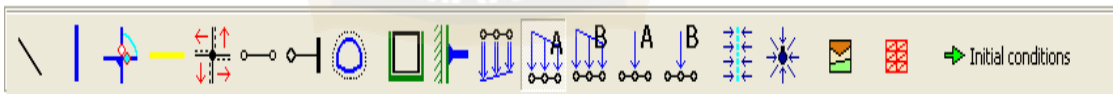
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.7 Menu *Dimensions*

- **Langkah 2**

  Menggambar model geometris dengan toolbar *Geometry Lines,* kemudian dilanjutkan memasukkan kondisi batas dengan *Standart Fixities.* Memasukkan pembebanan dengan mengklik Distributed Load-Load System A pada permukaan jalan. Dimana toolbar *Geometry* dapat dilihat pada Gambar 4.8.

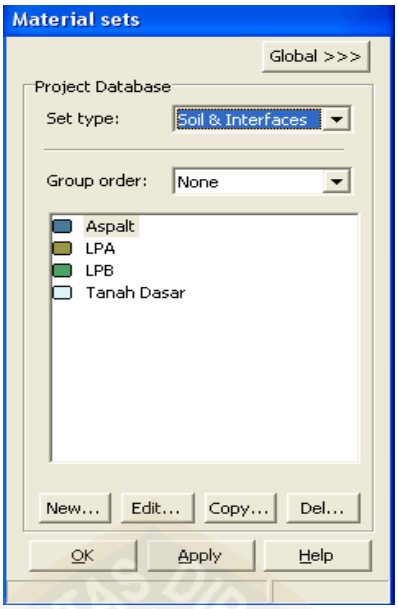


Gambar 4.8 Toolbar *Geometry*

- **Langkah 3**

  Memasukkan parameter tanah dasar, lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, lapisan permukaan jalan dengan mengklik toolbar *Material Sets* seperti yang terlihat pada Gambar 4.9. Kemudian dilanjutkan drag data sets tanah dasar dari jendela *Material Sets* ke area lapisan tanah yang diikuti oleh perubahan warna pada model geometri. Kemudian dilanjutkan untuk material Lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, dan lapisan pondasi permukaan. Dimana data *Material Sets* dapat dilihat pada Tabel 4.17.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.9 Toolbar *Material Sets*

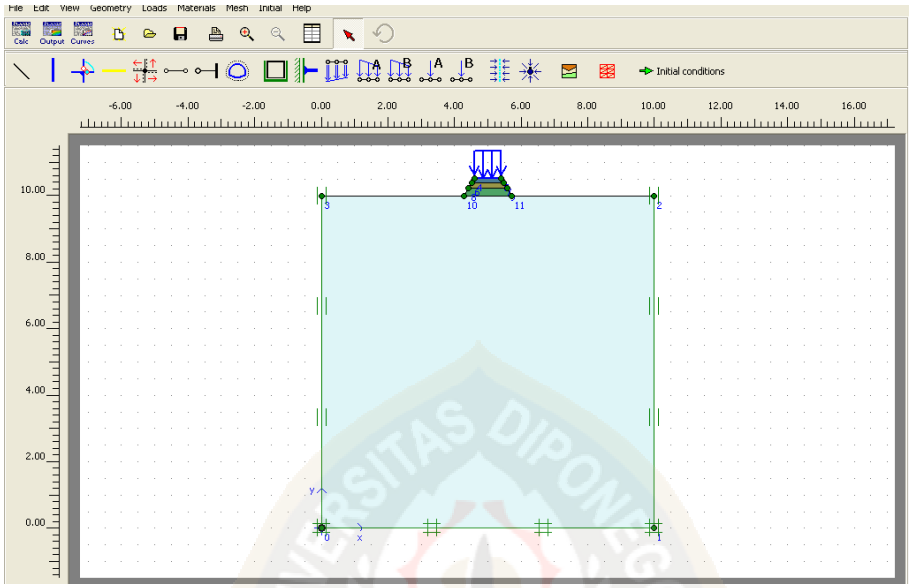
Tabel 4.17 Data Material Lapisan Perkerasan Jalan

No	Parameter	Nama	Tanah Dasar	LPB	LPA	Lapisan Permukaan	Satuan
1	Model Material	Model	Mohr-Coulomb	Linier Elastic	Linier Elastic	Linier Elastic	
2	Jenis Perilaku Material	Jenis	Tak Terdrainase	non-Porous	non-Porous	non-Porous	
3	Berat Isi Tanah Di Atas Garis Freatik	∂ Unsat	19.476	22.81	22.58	24.581	kN/m³
4	Berat Isi Tanah Di Bawah Garis Freatik	∂ Sat	37.98				kN/m³
5	Permeabilitas Arah Horisontal	Kx	5.976*10^-4				m/hari
6	Permeabilitas Arah Vertikal	Ky	5.976*10^-4				m/hari
7	Modulus Young	E	2000	80000	80000	34400	kN/m²
8	Angka Pisson	v	0.45	0.3	0.3	0.35	
9	Kohesi	C	14.8				kN/m²
10	Sudut Geser	Ø	10.399				°

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

- **Langkah 4**

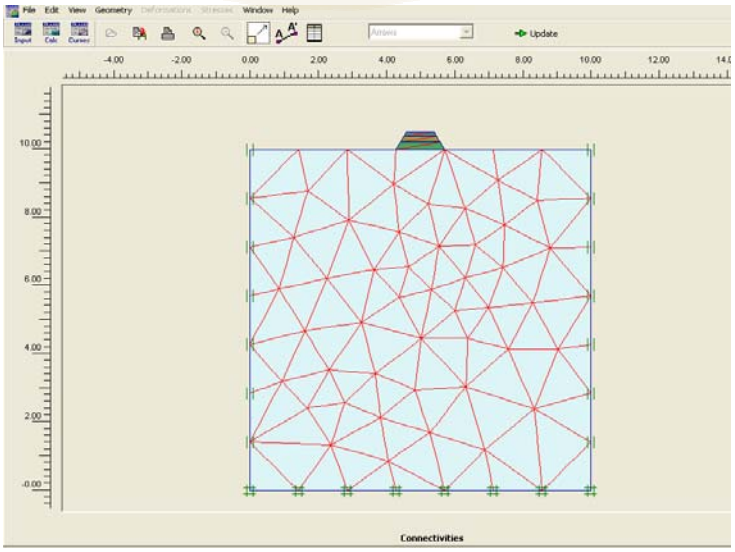
  Sebelum langkah pembuatan *Mesh* (*Finite Element Model*), pastikan bahwa permodelan yang dibuat telah benar seperti terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Model Geometri

- **Langkah 5**

  Langkah selanjutnya adalah pembuatan *Mesh* (*Finite Element Model*) seperti terlihat pada Gambar 4.11 dengan mengklik toolbar *Generate Mesh* kemudian klik *Update*. Untuk mengatur besar kecilnya mesh dapat mengklik menu *Mesh-Global coarseness* kemudian pilih *Fine* dan ulangi mengklik toolbar *Generate Mesh* kemudian klik *Update.*

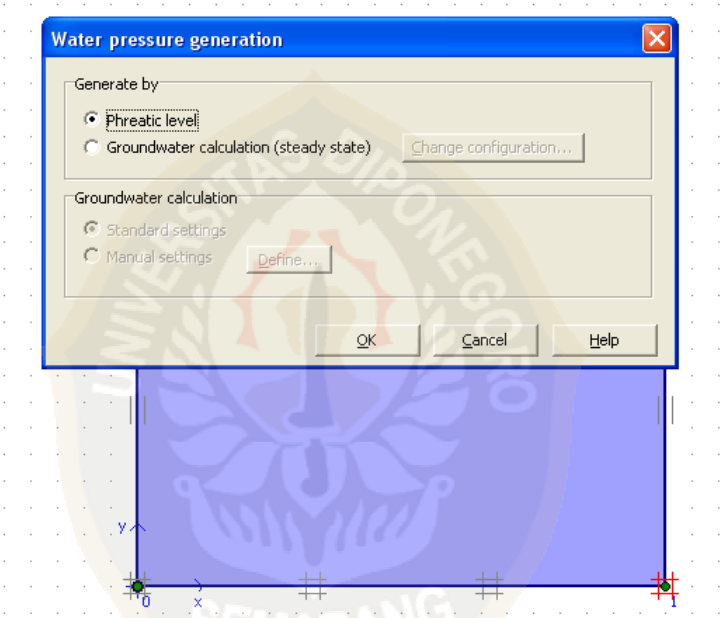


Gambar 4.11 *Mesh*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

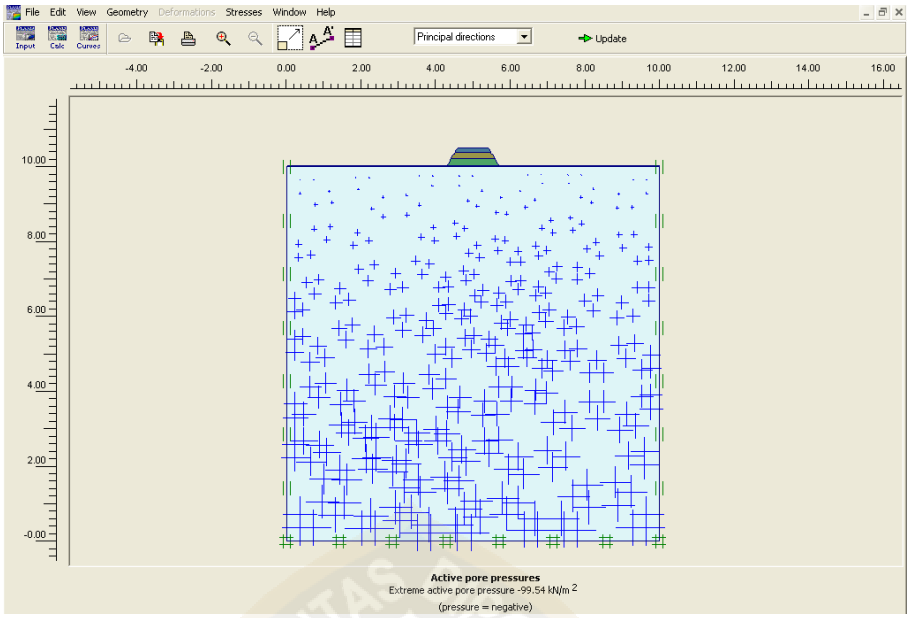
- **Langkah 6**

  Sebelum melanjutkan ke perhitungan, *Intial Ground Water* pada Gambar 4.13 dan *Intial Effective Stress state* pada Gambar 4.15 harus ditentukan besarnya dengan mengklik toolbar *Initial Conditions*. Langkah selanjutnya menginput kedalaman m.a.t dengan *Phreatic Level* dengan menggambar titik-titik ketinggian dengan klik kiri kemudian jika telah selesai klik kanan. Kemudian klik *General Water Pressures* (lingkaran hijau), hingga muncul jendela *Water Pressure Generation* seperti terlihat pada Gambar 4.12, pilih *Phreatic Level* kemudian klik Ok.



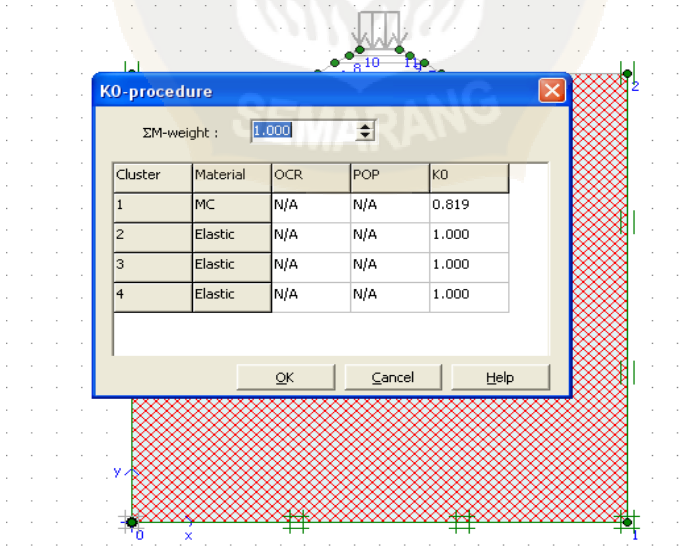
Gambar 4.12 Jendela *Water Pressure Generation*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.13 Jendela *Water Pressure Generation*

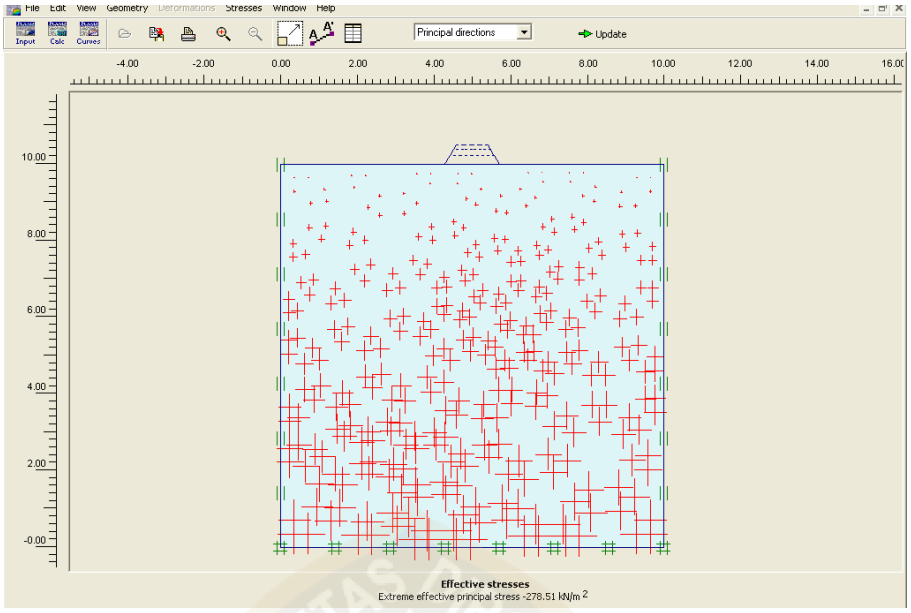
Kemudian klik toolbar lingkaran hijau tua (*Initial Stresses and Geometry Configuration*), klik toolbar *General Initial Stress* sehingga muncul jendela *Ko-procedure* untuk tiap lapisan cluster yang ada seperti yang terdapat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Jendela *Ko-procedure*

Kemudian klik Ok dan setelah keluar jendela *Initial Soil Stresses* seperti Gambar 4.15. klik *Update.*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.15 Jendela *Initial Soil Stresses*

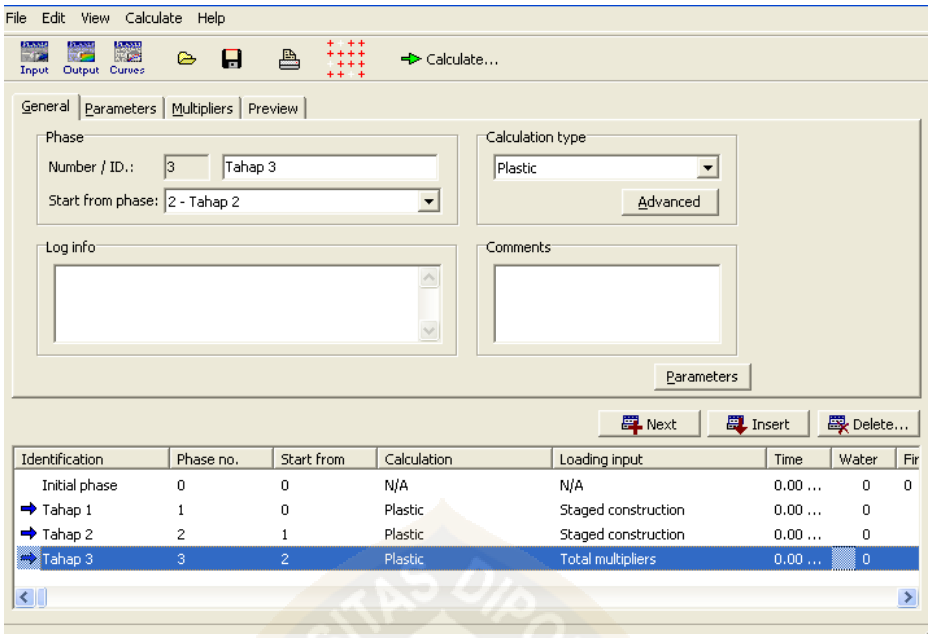
- **Langkah 7**

Langkah perhitungan dapat dimulai dengan klik toolbar *Calculate* seperti terlihat pada Gambar 4.16. Dalam perhitungan ini ada 3 tahapan yakni : tahap konstruksi, tahap pembebanan aksial -102,67 kN/m² dan tahap pembebanan hingga mencapai keruntuhan (misalnya 3 x beban yang terjadi) dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Tahap-tahap perhitungan pembebanan

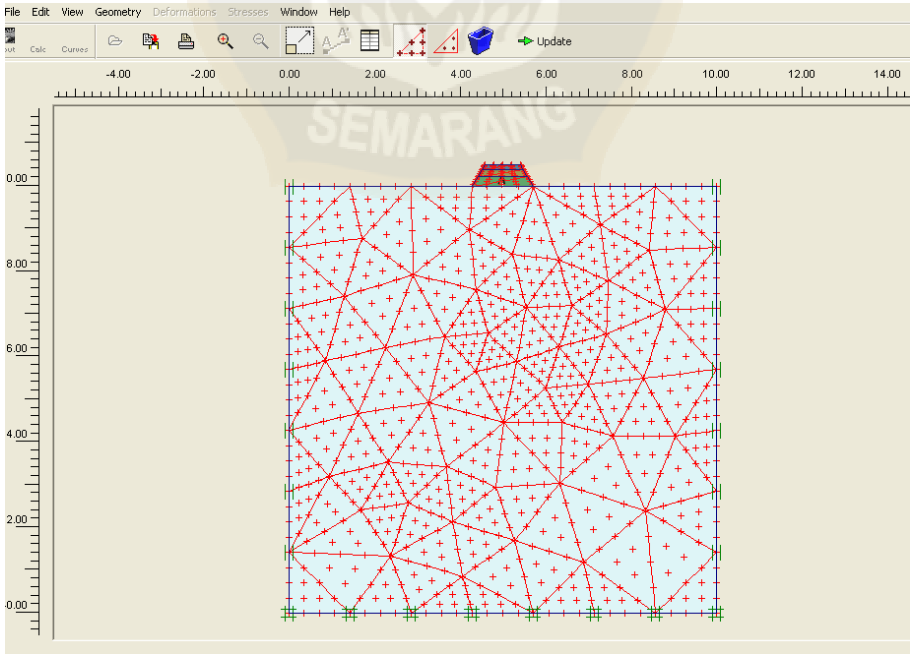
Tahap 1 : Tahap Konstruksi	Calculation type : Plastic calculation Loading input : Staged construction Klik Define untuk mengaktifikan pondasi
Tahap 2 : Load 1 kali	Calculation type : Plastic calculation Loading input : Staged construction Klik Define untuk mengaktifikan beban P= -102,67kN/m²
Tahap 3 : Load 3 kali	Calculation type : Plastic calculation Loading input : Total multipliers Input values : total multipliers S-MloadA = 3

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.16. Toolbar *Calculate*

Kemudian klik *Select Point for Curve* seperti terlihat pada Gambar 4.17 untuk mendapatkan kurva *Load-Displacement* pada titik yang ditinjau paling kritis (misalkan pada pusat titik berat di dasar pondasi) kemudian klik *Update.*



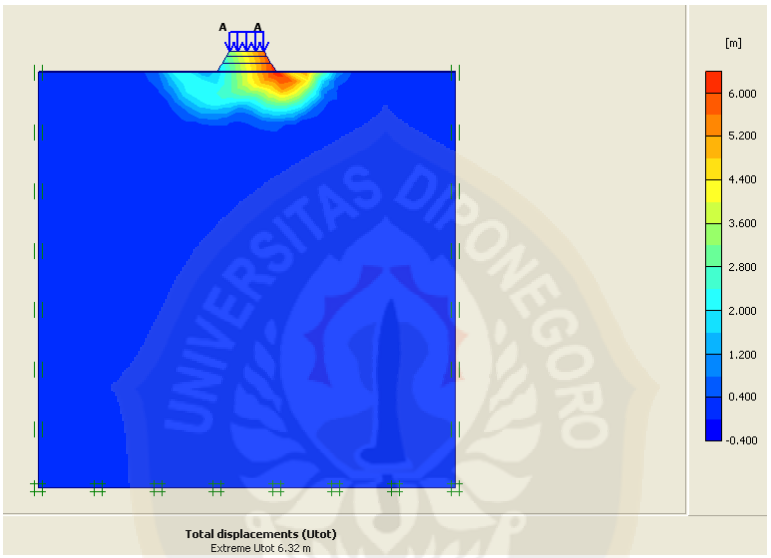
Gambar 4.17 *Select Point for Curve*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

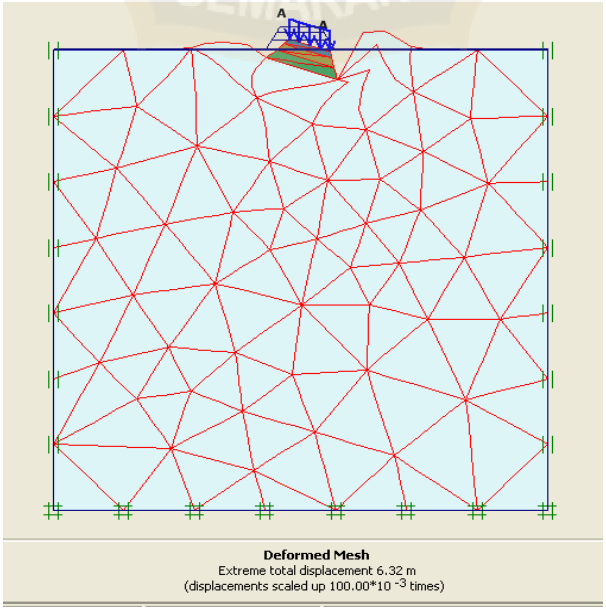
kemudian klik *Calculate* untuk perhitungan, jika pada tahap ke 3 kondisi runtuh tidak mencapai 3 x loading -102,67 kN/m² maka perlu penurunan dengan melihat nilai *Reached value* pada *Tabsheet Multipliers.*

- **Langkah 8.**

Melihat hasil tiap tahap dengan mengklik Output. Pada Gambar 4.18 dapat dilihat kondisi tanah pada saat pembebanan P = 102,67 kN/m², kemudian pada Gambar 4.19 dapat dilihat kondisi tanah pada saat pembebanan hingga runtuh.



Gambar 4.18 Kondisi Tanah Pada Saat Pembebanan P = 102,67 kN/m²

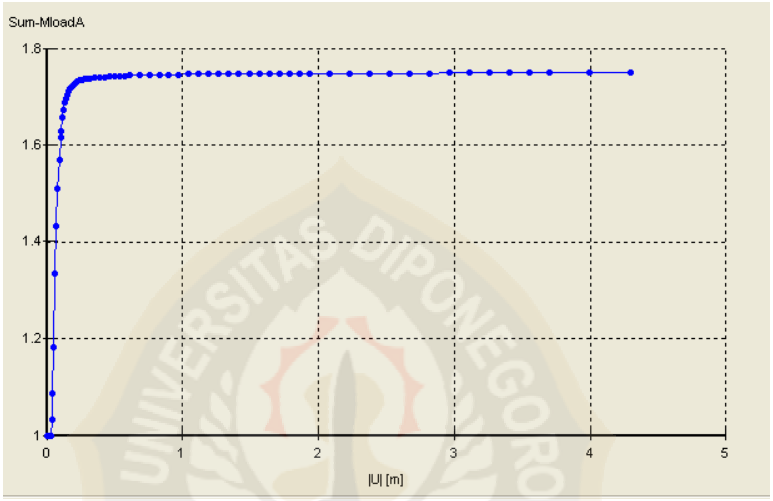


Gambar 4.19 Kondisi Tanah Pada Saat Pembebanan Hingga Runtuh

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

- **Langkah 9**

Menampilkan kurva *Load-Displacement* dengan *Toolbars Curve*, kemudian pilih *New Chart* klik Ok. Panggil *File* yang baru dibuat untuk proyek ini, kemudian pilih X-axis adalah *Displacemet* dan Y-axis adalah *Multiplier* pada titik A yang ditinjau. Pilih tipe yang ditampilkan adalah *Sum-Mload A*, kemudian klik Ok. Dimana kurvanya dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20. Hubungan *Displacemet* dan *Multiplier* Hingga Kondisi Runtuh

- **Langkah 10**

Input beban pada pondasi adalah -102,67 kN/m², sehingga besarnya beban yang dapat dipikul pada saat mencapai keruntuhan adalah S-MloadA = 1,751, Pultimate = 1,751 x -102,67 kN/m² = -179,775 kN/m².

Besarnya kapasitas dukung tanah ultimate :

qult = P ultimate + (h1 * ∂d Asphalt + h2 * ∂d Lapisan Pondasi Atas + h3 * ∂d Lapisan Pondasi Bawah)

= 179,775 + 10,92 = 190,695 kN/m².

Faktor aman (SF) = 3

qall = qult / SF

= 190,695 / 3 = 63,565 kN/m²

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Karena qall = 63,565 kN/m² < Beban Total = 113,59 kN/m² maka daya dukung tanah tidak aman. Dimana Tabel perbandingan nilai daya dukung tanah menggunakan perhitungan manual dan plaxis dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perbandingan Nilai Daya Dukung Tanah

No	Cara Perhitungan	Nilai Daya Dukung Tanah (kN/m²)
1	Manual	69.875
2	Progam Plaxis	63.565

Sumber : Hasil Analisis (2009)

4.3.2 Analisa Settlement

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan tanah akibat beban perkerasan serta waktu untuk mencapai penurunan tersebut.

- **Penurunan Segera**

  Seperti data-data pada perhitungan daya dukung di atas maka dapat ditentukan besarnya penurunan segera yang akan terjadi.

  Data-data : q = (0,21 *2,330 + 0,17 * 2,258 + 0,22 * 2,281) = 1,165 t/m²

  B = 6 meter

  E = 200 t/m² (Lempung Lunak)

  Ip = 1

  u = 0,45 (Lempung Jenuh)

  Besarnya penurunan segera (Si):

$$Si = \frac{q*B}{E} (1 - u^2) * Ip$$

$$= \frac{1,165*6}{200} (1 - 0,45^2) * 1$$

$$= 0,0278 \text{ m}$$

$$= 27,8 \text{ mm}$$

- **Penurunan Konsolidasi**

  Seperti pada perhitungan penurunan segera di atas,maka dapat dihitung juga besarnya penurunan konsolidasi yang terjadi dan dijelaskan pada Gambar 4.21 tentang perbandingan lebar dan tinggi perkerasan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Data-data : ∂b Asphalt = 2,330 t/m³

∂b Lapisan Pondasi Atas = 2,258 t/m³

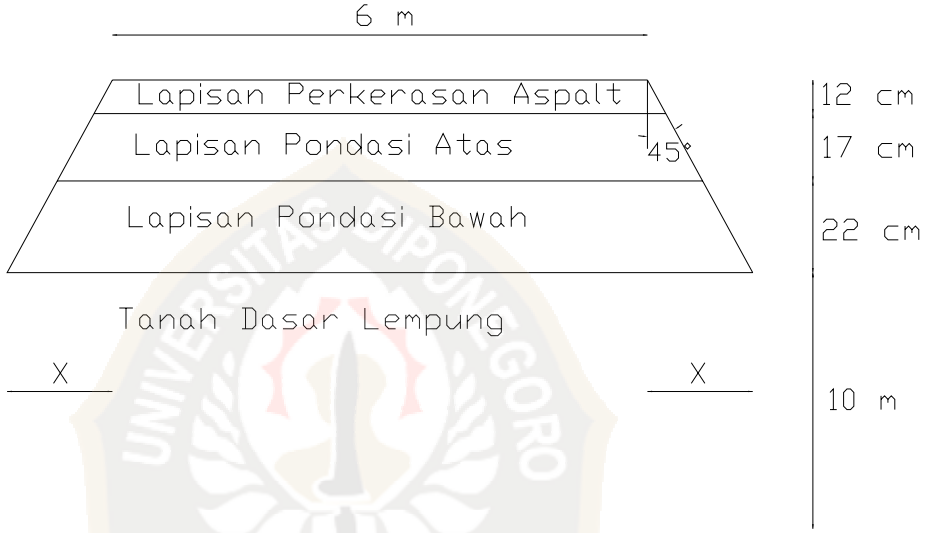
∂b Lapisan Pondasi Atas = 2,281 t/m³

∂b Tanah Dasar = 1,736 t/m³

Cc = 0,454

e0 = 1,45

<u>Analisa dan Perhitungan</u>



Gambar 4.21 Gambar perbandingan lebar dan tinggi perkerasan

- Menghitung nilai x

  x = tan 45 * h perkerasan = 1 * 0,51 m = 0,51 m

- Menghitung q konsolidasi

  q = (0,21 *2,330 + 0,17 * 2,258 + 0,22 * 2,281) = 1,165 t/m²

- Menghitung Δ p

$$\Delta p = \frac{b*h}{(b+2*x)+(h+2*x)} *q = \frac{6*6}{(6+2*0,51)+(6+2*0,51)} *1,165$$

$$= 0,85 \text{ t/m}^2$$

- Menghitung Po, dimana tinjauan tekanan di tengah – tengah lapisan lempung.

  Po = H * ∂b lempung = 5 * 1,949 = 9,745 t/m²

- Menghitung Sc

$$Sc = cc * \frac{H}{1+e0} \text{ Log } \frac{Po+\Delta p}{Po}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

$$= 0{,}454 * \frac{10}{1+1{,}45} \text{ Log } \frac{9{,}745 + 0{,}85}{9{,}745}$$

= 0,067 m

= 67 mm

❖ Jadi penurunan total = Penurunan segera + Penurunan Konsolidasi

= 27,8 mm + 67 mm

= 94,8 mm

Dari hasil perhitungan penurunan tanah akibat beban yang terjadi dapat diketahui bahwa penurunan tanah pada jalan ini sangat besar yaitu 9,48 cm Sehingga hal ini menyebabkan berkurangnya masa layanan jalan tersebut.

- **Perhitungan Waktu Konsolidasi**

Besarnya waktu yang diperlukan untuk konsolidasi dapat dihitung seperti di bawah ini.

Data-data :

Tv saat 90 % = 1,781 – 0,933 log (100 – U %) = 0,848

Cv = 0,488 cm²/menit

H = 10 m

Perhitungan :

$$t = \frac{Tv * (H)^2}{Cv}$$

$$= \frac{0{,}848 * (1000)^2}{0{,}488*365*24*60}$$

= 3,306 tahun

Jadi besar penurunan terkonsolidasi akan tercapai dalam waktu 3,306 tahun dengan besar penurunan konsolidasi sebesar 67 mm.

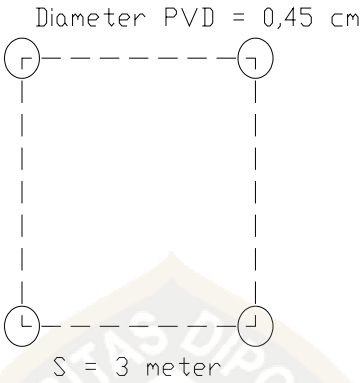
4.4 Alternatif Solusi

4.4.1 Perbaikan Tanah Dengan *Prefabricated Vertikal Drain* (PVD)

Prefabricated Vertikal Drain (PVD) adalah salah satu bentuk dari beberapa bentuk geosintetik yang termasuk bentuk geocomposit, dimana bentuk material PVD

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

adalah komposit (gabung) dari inti (*core*) dan filter (*jacket*), sedangkan pengepakan material PVD dalam bentuk rol (gulungan) dan setiap rol PVD panjangnya antara 200-300 meter. Untuk penempatan PVD dapat dilihat pada Gambar 4.22. Fungsi dari PVD adalah untuk mempercepat konsolidasi tanah.



Gambar 4.22 Penempatan PVD

Seperti data-data pada perhitungan sebelumnya maka dapat ditentukan beberapa perhitungan sebagai berikut :

- Penurunan yang terjadi pada jalan = 9,48 cm
- Faktor waktu untuk drainase vertikal

$$Tv = \frac{Cv*t}{Ht^2} = \frac{0{,}0000488*365*24*60}{10^2} = 0{,}256 \text{ tahun}$$

- Jari-jari ekivalen untuk susunan bujur sangkar

  R = 0,564 S = 0,564*3 = 1,692 meter

  D = 2R = 2*1,692 = 3,384 meter

- Faktor waktu untuk drainase radial

$$Tv = \frac{Ch*t}{4R^2} = \frac{0{,}0000488*365*24*60}{4*1{,}692^2} = 2{,}239 \text{ tahun}$$

- Untuk drainase arah vertikal, dengan Uv > 60% maka :

$$\text{Log (1-Uv)} = \frac{-Tv-0{,}0851}{0{,}9332}$$

$$\text{Log (1-Uv)} = \frac{-0{,}256-0{,}0851}{0{,}9332}$$

Log (1-Uv) = -0,365

Log (1-Uv) = Log 0,431

1-Uv = 0,431

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Uv = 0,569

- Untuk drainase radial

$$Ur = 1 - e^{-(8\frac{Tr}{F(n)})}$$

$$= 1 - e^{-(8\frac{2,239}{1,267})}$$

$$= 0,999$$

dimana F (n) = Ln (D/d) –0,75 = Ln (3,384/0,45) – 0,75 = 1,267

- Hitungan selanjutnya disajikan dalam Tabel 4.20 di bawah ini.
  Dimana U = 1 – (1-Ur) (1-Uv)

Tabel 4.20 Perhitungan Derajat Konsolidasi Rata-Rata Dengan Memperhitungkan Radiasi Vertikal dan Radial

t (Tahun)	Tv	Uv	Tr	Ur	U	Sc = U * 9,84 cm
0,25	0,064	0,308	0,559	0,971	0,7	6,636
0,5	0,128	0,409	1,119	0,999	0,591	5,603
0,75	0,192	0,495	1,679	0,999	0,505	4,787
1	0,256	0,569	2,239	0,999	0,431	4,085
1,25	0,32	0,632	2,798	0,999	0,368	3,488
1,5	0,384	0,686	3,358	0,999	0,315	2,986

Sumber : Hasil Analisis (2009)

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa setelah penimbunan PVD selama 1,5 tahun didapat penurunan 2,986 cm.

4.4.2 Penambahan Tebal Perkerasan

Perencanaan ruas jalan Trengguli – Jati ini menggunakan jenis struktur perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran aspal dengan agregat yang mempunyai ukuran butir tertentu sehingga memiliki kepadatan dan kekuatan tertentu. Data yang diperlukan dalam perencanaan ini adalah data lalu lintas, data CBR tanah dasar, dan data curah hujan yang digunakan untuk menentukan nilai faktor regional. Prosedur perhitungan struktur perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1. **Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas**

Untuk mengetahui tingkat pertumbuhan lalu lintas pada ruas jalan Trengguli-Jati, maka dilakukan analisis terhadap data-data lalu lintas. Data tersebut diperoleh dari Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah. Data yang diperoleh adalah data lalu lintas dari Tahun 1998 sampai tahun 2007 di ruas jalan Trengguli-Jati seperti terlihat pada Tabel 4.21 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 4.21 Data Sekunder Lalu Lintas Jalan Ruas Trengguli-Jati

Tahun	Golongan Kendaraan (Dua Arah)											Total
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	Kend/ jam
1998	2564	2450	1285	1654	169	652	433	299	532	138	278	10454
1999	4086	3904	2049	2683	268	1055	691	459	830	220	441	16686
2000	825	4152	1814	3144	2948	-	2772	-	4793	-	-	20448
2001	3592	2890	2768	2529	2179	-	3223	-	3026	-	-	20207
2002	1450	4598	4731	3888	1376	4066	7503	5122	7828	2952	3793	47307
2003	1451	4519	4649	3799	1214	3871	7374	4765	7741	2718	3610	45711
2004	8569	8534	8751	5917	2166	3343	4319	5377	4080	3961	4498	59515
2005	4348	1361	1408	1164	945	694	442	294	239	97	71	11063
2006	15675	4112	840	1440	360	589	374	648	159	6	13	24216
2007	11232	5342	2625	5149	346	1615	1740	2997	1965	1743	1356	36110

Keterangan penggolongan kendaraan:

1 = sepeda motor, skuter, sepeda kumbang, dan roda tiga

2 = sedan, jeep, dan station wagon

3 = oplet, pick up, suburban, combi, dan minibus

4 = mikro truk dan mobil hantaran

5a = bus kecil

5b = bus besar

6a = truk ringan dua sumbu

6b = truk sedang dua sumbu

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

7a = truk tiga sumbu

7b = truk gandengan

7c = truk semi trailer

8 = kendaraan tidak bermotor

Sumber: CV.Cipta Prima Karsa (2008)

Setelah data-data lalu lintas diperoleh, maka dilakukan analisis terhadap data tersebut. Analisis data ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan volume lalu lintas pada jalan ruas Trengguli-Jati. Pada Tabel 4.22 sampai Tabel 4.24 dapat dilihat proses perhitungan untuk mendapatkan angka pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan persamaan regresi linier sederhana.

Tabel 4.22 Data Sekunder Lalu Lintas Jalan Ruas Trengguli-Jati

Tahun	LHR Setiap Golongan							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
1998	2564	2450	1285	1654	821	732	948	10454
1999	4086	3904	2049	2683	1323	1150	1491	16686
2000	825	4152	1814	3144	2948	2772	4793	20448
2001	3592	2890	2768	2529	2179	3223	3026	20207
2002	1450	4598	4731	3888	5442	12625	14573	47307
2003	1451	4519	4649	3799	5085	12139	14069	45711
2004	8569	8534	8751	5917	5509	9696	12539	59515
2005	4348	1361	1408	1164	1639	736	407	11063
2006	15675	4112	840	1440	949	1022	178	24216
2007	11232	5342	2625	5149	1961	4737	5064	36110

Sumber: PPJJR (2008)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.23 Variabel Pertumbuhan Lalu Lintas

	X	Y	XY	X^2	Y^2
	1	10454	10454	1	109286116
	2	16686	33372	4	278422596
	3	20448	61344	9	418120704
	4	20207	80828	16	408322849
	5	47307	236535	25	2237952249
	6	45711	274266	36	2089495521
	7	59515	416605	49	3542035225
	8	11063	88504	64	122389969
	9	24216	217944	81	586414656
	10	36110	361100	100	1303932100
JUMLAH	55	291717	1780952	385	11096371985

Sumber : Hasil Analisis (2009)

$(\Sigma X)^2$ = 385

$(\Sigma Y)^2$ = 11096371985

a = 17404

$$b = \frac{\left(n \times \sum XY\right) - \left(\sum X - \sum Y\right)}{\left(n \times \sum X^2\right) - \left(\sum X\right)^2} = 2139$$

Adapun hasil regresi linier dari perhitungan di atas adalah:

Y = a + bX

= 17404 + 2139 X

Tabel 4.24 Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

X	Y	Data Sekunder	Pertumbuhan Baru (i)
1	19543	10454	0.031157
2	21682	16686	0.017126
3	23821	20448	0.011563

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

X	Y	Data Sekunder	Pertumbuhan Baru (i)
4	25960	20207	0.019721
5	28099	47307	0.06584
6	30238	45711	0.05304
7	32377	59515	0.09303
8	34516	11063	0.080396
9	36655	24216	0.042641
10	38794	36110	0.009201
		Rata-Rata	0.0423715

Sumber : Hasil Analisis (2009)

Dari hasil perhitungan, didapat angka pertumbuhan (i) sebesar 0.043 = 4.3%

2. Perhitungan Data Lalu Lintas

Angka pertumbuhan lalu lintas dapat diketahui dari perhitungan sebelumnya, yaitu sebesar 4.3%. Dengan umur rencana selama 10 tahun, maka data LHR tahun 2009 dan tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.25 di bawah ini.

Tabel 4.25 Data LHR pada Awal dan Akhir Umur Rencana

Golongan	LHR 2009	LHR 2018
1	12219	17848
2	5812	8489
3	2856	4172
4	5602	8182
5a	377	550
5b	1757	2567
6a	1893	2765
6b	3261	4763
7a	2138	3123

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Golongan	LHR 2009	LHR 2018
7b	1897	2770
7c	1476	2155

Sumber : Hasil Analisis (2009)

1. **Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan**

   Angka ekivalen dari tiap golongan kendaraan adalah sebagai berikut:

   - Gol 2 = 2 ton (1+1) = 0.0002 + 0.0002
     = 0.0004
   - Gol 3 = 2 ton (1+1) = 0.0002 + 0.0002
     = 0.0004
   - Gol 4 = 6 ton (2+4) = 0.0036 + 0.0577
     = 0.0613
   - Gol 5 = 9 ton (3+6) = 0.0183 + 0.0251
     = 0.0434
   - Gol 6a = 8 ton (3+5) = 0.0183 + 0.0121
     = 0.0304
   - Gol 6b = 16 ton (6+10) = 0.2923 + 2.2555
     = 2.5478
   - Gol 7a = 26 ton (6+18) = 0.2923 + 2.0362
     = 2.3285
   - Gol 7b = 36 ton (6+10+10+10) = 0.2923+2.2555+2.2555+2.2555
     = 7.0588
   - Gol 7c = 36 ton (6+10+18) = 0.2923 + 2.2555 + 2.0362
     = 4.58

2. **Perhitungan lintas ekivalen permulaan (LEP)**

   Nilai LEP tiap kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.26.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.26 Nilai Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Golongan Kendaraan		LHR 2009 (kend/hari)	C_j	E_j	LEP
2	Car	5812	0.5	0.0004	1.1624
3	*Util 1*	2856	0.5	0.0004	0.5712
4	*Util 2*	5602	0.5	0.0613	171.7013
5b	Bus besar	2134	0.5	0.0434	46.3078
6a	Truk 2 sumbu	1893	0.5	0.0304	28.7736
6b	Truk 3 sumbu	3261	0.5	2.5478	4154.188
7a	Truk 3 sumbu	2138	0.5	2.3285	2489.167
7b	Truk gandeng	1897	0.5	7.0588	6695.272
7c	Truk semi trailer	1476	0.5	4.584	3382.992
				Total	16970.13

Sumber : Hasil Analisis (2009)

3. Perhitungan lintas ekivalen akhir (LEA)

Nilai LEA tiap kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.27

Tabel 4.27 Nilai Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Golongan Kendaraan		LHR 2018 (kend/hari)	C_j	E_j	LEA
2	Car	8489	0.5	0.0004	1.6978
3	*Util 1*	4172	0.5	0.0004	0.8344
4	*Util 2*	8182	0.5	0.0613	250.7783

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Golongan Kendaraan		LHR 2018 (kend/hari)	C_j	E_j	LEA
5	Bus	3117	0.5	0.0434	67.6389
6a	Truk 2 sumbu	2765	0.5	0.0304	42.028
6b	Truk 3 sumbu	4763	0.5	2.5478	6067.5857
7a	Truk 3 sumbu	3123	0.5	2.3285	3635.95275
7b	Truk gandeng	2770	0.5	7.0588	9776.438
7c	Truk semi trailer	2155	0.5	4.584	4939.26
				Total	24782.21385

Sumber : Hasil Analisis (2009)

4. **Perhitungan lintas ekivalen tengah (LET)**

   Perhitungan LET pada ruas jalan Trengguli - Jati dapat ditentukan berdasarkan rumus:

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA)$$

$$= 0.5 \text{ x } (16970.13 + 24782.21385)$$

$$= 20876.17193$$

5. **Perhitungan lintas ekivalen rencana (LER)**

   Perhitungan LER pada ruas jalan Trengguli - Jati dapat ditentukan berdasarkan rumus:

$$LER = LET \times \frac{UR}{10} = 20876.17193$$

6. **Menentukan faktor regional (FR)**

   Berdasarkan Tabel 2.14 nilai FR tergantung pada jumlah prosentase kendaraan berat, nilai klasifikasi medan, dan jumlah curah hujan tiap tahun.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

a. Prosentase kendaraan berat:

$$\%\ kendaraan\ \ berat = \frac{\sum kendaraan\ \ (gol\ \ 5 + gol\ \ 6 + gol\ \ 7)}{\sum kendaraan\ \ total}$$

$$= \frac{12799}{39288}$$

$$= 0.3257$$

$$= 32.57\% > 30\%$$

b. Kelandaian melintang rata-rata sebesar < 6%, maka trase ini termasuk ke dalam tipe kelandaian I.

c. Intensitas Curah Hujan Rata-rata per Tahun

Data curah hujan rata-rata pertahun dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.

Tabel 4.28 Rekapitulasi Data Curah Hujan Tahunan

Tahun	Curah Hujan Tahunan (mm)
2001	2243
2002	2027
2003	1873
2004	2018
2005	2794
2006	3460
2007	2465
Rata-rata	2411 mm/thn

Sumber : Dinas Pengelolaan SDA BBWS Serang Lusi Juana (2008)

Dari data curah hujan pada Tabel 4.28, maka didapat curah hujan rata-rata per tahun sebesar 2411 mm/tahun. Oleh karena curah hujan tahunan yang terjadi > 900 mm/tahun, maka dapat diambil nilai faktor regional adalah 2.

7. Menentukan indeks permukaan

Indeks permukaan terdiri atas:

- IPo, merupakan indeks permukaan pada awal umur rencana. Ruas jalan Trengguli - Jati ini didesain dengan menggunakan jenis lapis permukaan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

laston dengan angka roughness ≤ 1000. Maka, berdasarkan Tabel 2.16 didapatkan nilai IPo ≥ 4

- IP, merupakan indeks permukaan pada akhir umur rencana. Untuk jalan arteri dengan nilai LER > 1000, berdasarkan Tabel 2.15 didapatkan nilai IP = 2.5

8. Menentukan nilai daya dukung tanah (DDT)

Nilai DDT ditentukan berdasarkan nilai CBR tanah dasar dengan nilai CBR 2,52%, dengan menggunakan grafik korelasi antara nilai CBR dan DDT, atau bisa dengan menggunakan rumus :

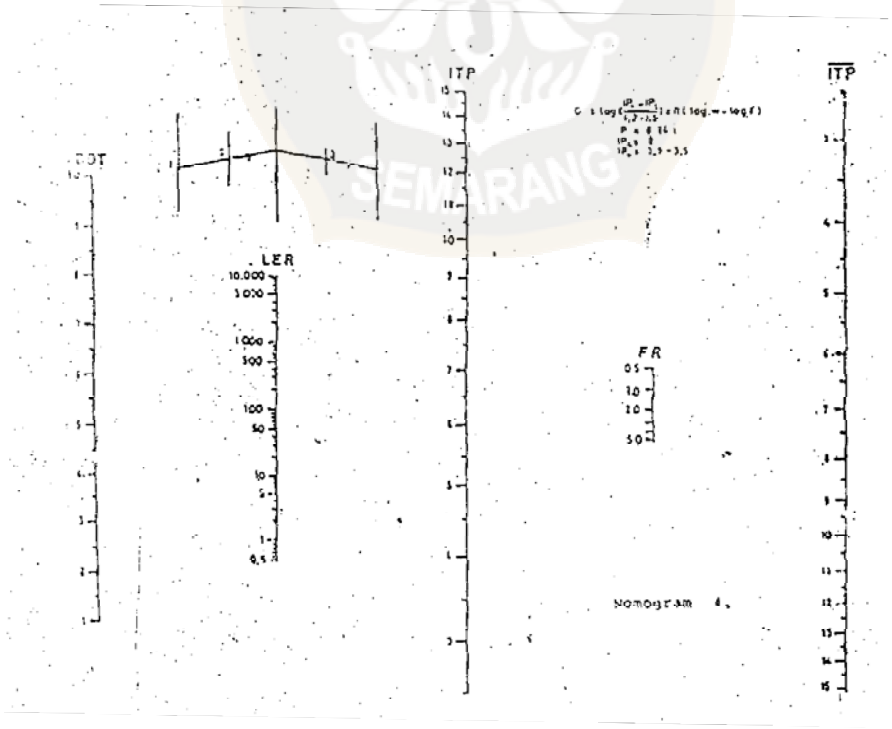
DDT =4,3. log (CBR) +1,7.

DDT =4,3. log (2,52) +1,7 = 3,62

Maka didapat nilai DDT = 3,62

9. Menentukan indeks tebal permukaan (ITP)

Nilai ITP didapat dengan menggunakan nomogram pada Gambar 4.23



Gambar 4.23 Nomogram

sehingga didapatkan nilai ITP sebesar 15.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

10. Menentukan tebal dan jenis lapisan perkerasan

Dalam mendesain lapisan perkerasan lentur, pada umumnya tebal minimum lapisan permukaan dan lapisan pondasi ditentukan terlebih dahulu. Hal ini disebabkan harga dari kedua lapisan tersebut relatif lebih mahal daripada lapisan pondasi bawah.

Spesifikasi tiap lapisan ditentukan sebagai berikut:

a. lapisan permukaan
   - jenis = Laston
   - a_1 = 0.3
   - tebal minimum 10 cm, maka D_1 diambil 20 cm

b. lapisan pondasi atas
   - jenis = batu pecah (kelas A), CBR 100%
   - a_2 = 0.14
   - tebal minimum 25 cm untuk ITP ≥ 12.25, maka D_2 diambil sebesar 30 cm

c. lapisan pondasi bawah
   - jenis = sirtu (kelas B), CBR 50%
   - a_3 = 0.12
   - tebal lapisan pondasi bawah dihitung dengan rumus sebagai berikut:

ITP $= a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3$

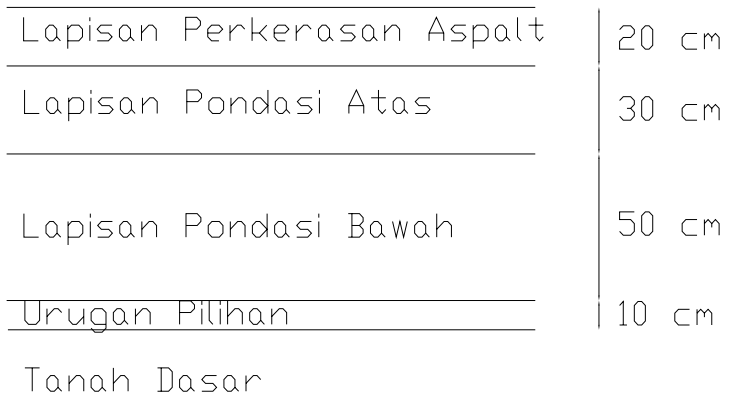
15 $= 0.3 \times 20 + 0.14 \times 30 + 0.13 \times D_3$

D_3 = 50 cm

   - tebal lapisan urugan pilihan diambil sebesar 10 cm.

Tebal perkerasan dengan metode Analisa Komponen dapat dilihat pada Gambar 4.24 Penambahan ketebalan lapisan perkerasan berguna untuk mengurangi beban yang bekerja pada tanah dasar, dimana analisa daya dukungnya sebagai berikut :

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.24 Lapisan Perkerasan Pada Proyek

Pada proyek jalan Trengguli-Jati ini mempunyai tebal lapisan perkerasan aspal (h1) sebesar 0,2 m, tebal lapisan pondasi atas (h2) sebesar 0,3 m, tebal lapisan pondasi bawah sebesar (h3) sebesar 0,5 m serta tebal lapisan urugan pilihan (h4) sebesar 0,1 m. selain itu diketahui juga nilai ∂d Asphalt 2,330 t/m³,∂d Lapisan Pondasi Atas 2,079 t/m³, ∂d Lapisan Pondasi Bawah = 2,091 t/m³, serta ∂d Lapisan urugan pilihan = 1,639 t/m³.

- Tanah Dasar, Ø = 10,399º

  ∂d = 1,536 t/m³

  c = 1,48 t/m²

  Nc = 9,863 Nq = 2,835 N∂ = 1,303

- Menghitung beban pada elevasi tanah dasar akibat kendaraan konstruksi berat dengan roda lebar dan ganda, dimana :

  Pa = 30 ton

  Pt = 63,2 t/m²

  b = $\sqrt{(1{,}414\ Pa/Pt)} = \sqrt{(1{,}414 * 30/63{,}2)}$ = 0,819 m

  l = 0,5 B = 0,5∗0,819 = 0,409 m

  B = b + 2x = 0,819 + 2*tan α*H = 0,819 + 2*0,6*1,1 = 2,139 m

  L = l + 2x = 0,409 + 2*tan α*H = 0,409 + 2*0,6*1,1 = 1,729 m

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

$$P = \frac{Pa}{2(b+2*H.\tan\alpha)\,(L+2*H\tan)} = \frac{30}{2(0{,}819+2*1{,}1*0{,}6)\,(0{,}409+2*1{,}1*0{,}6)}$$

= 3,877 t/m²

- Menghitung beban akibat lapisan perkerasan
  - Beban perkerasan aspalt = h1 * ∂d Asphalt = 0,2 * 2,330 = 0,466 t/m²
  - Beban lapisan pondasi atas = h2 * ∂d Lapisan Pondasi Atas = 0,3 * 2,079 = 0,623 t/m²
  - Beban lapisan pondasi bawah = h3 * ∂d Lapisan Pondasi Bawah = 0,5 * 2,091 = 1,045 t/m²
  - Beban urugan pilihan = h4 * ∂d Urugan pilihan = 0,1 * 1,639 = 0,163 t/m²
    - ❖ Maka beban total yang diterima oleh tanah dasar = Beban pada elevasi tanah dasar akibat kendaraan konstruksi berat dengan roda lebar dan ganda + Beban perkerasan aspalt + Beban lapisan pondasi atas + Beban lapisan pondasi bawah + Beban urugan pilihan = 3,877 + 0,466 + 0,623 + 1,045 + 0,163 = 6,174 t/m²

- Menghitung daya dukung tanah dasar

  qult = (c*Nc*Fcs*Fcd + q*Nq*Fqs*Fqd + 0,5*B*∂*F∂s*F∂d)

  dimana : Df merupakan kedalaman pondasi, karena lapisan pondasi jalan berada di atas permukaan tanah asli maka Df = 0 m, kemudian setelah Df disustitusikan ke dalam rumus di atas,maka rumus berubah menjadi :

$$qult = c*Nc*Fcs*Fcd + 0{,}5*B*\partial*F\partial s*F\partial d$$

- Faktor bentuk :

  F ∂s = 1-0,4*(B/L) = 1-0,4*(2,139/1,729) = 0,505

  Fcs = 1 + (B/L)*(Nq/Nc) = 1+(2,139/1,729)*(2,835/9,863) = 1,355

- Faktor kedalaman :

  F∂d = 1

  Fcd = 1+0,4*(Df/B) = 1 + 0,4*(0 / 2,139) = 1

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

qult = (1,48*9,863*1,355*1) + (0,5*2,139*1,536*0,505*1)

= 20,319 t/m²

Nilai s.f. diambil 3

Maka qall = qult/sf = 20,319 / 3 = 6,773 t/m², Karena qall = 6.773 t/m² > beban total = 6,174 t/m², maka daya dukung tanah aman.

4.4.3 Penggunaan Geogrid – Non Woven Geotextile Komposit

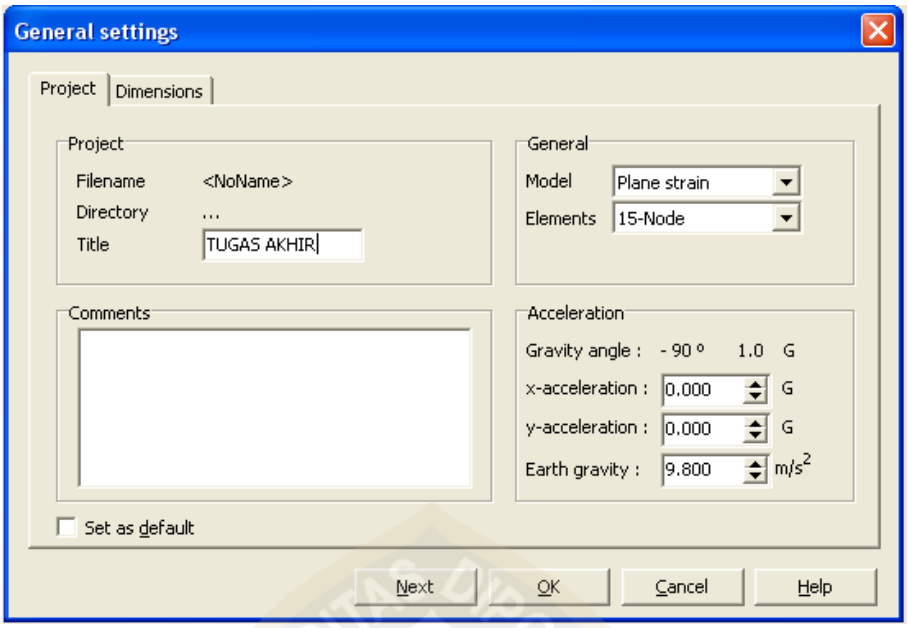
Geogrid – Non Woven Geotextile Komposit adalah gabungan antara geotekstil non woven dengan geogrid. Geotekstil nir-anyam *(non-woven geotextile)* adalah cikal bakal dari geosintetis, berupa lembaran polimer yang fleksibel, terbuat dari serat sintetis di mana serat-serat dijadikan lembaran secara acak, dimana jenis ini mempunyai dimensi ketebalan dan permeabilitas yang tinggi sehingga merupakan material drainase yang baik, yang akan mengakibatkan tekanan air pori pada tanah dasar akan terdisipasi sehingga meningkatkan kekuatan tanah dasar. Sedangkan Geogrid adalah polimer plastik yang berbentuk seperti jala, geogrid dikembangkan untuk mengatasi daya dukung tanah lunak dan mempunyai tegangan yang tinggi untuk pembebanan yang lama. Geogrid biasanya digunakan untuk pembangunan jalan di atas tanah lunak dan lereng yang tinggi.

Dimana hitungnya memakai progam plaxis yang terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

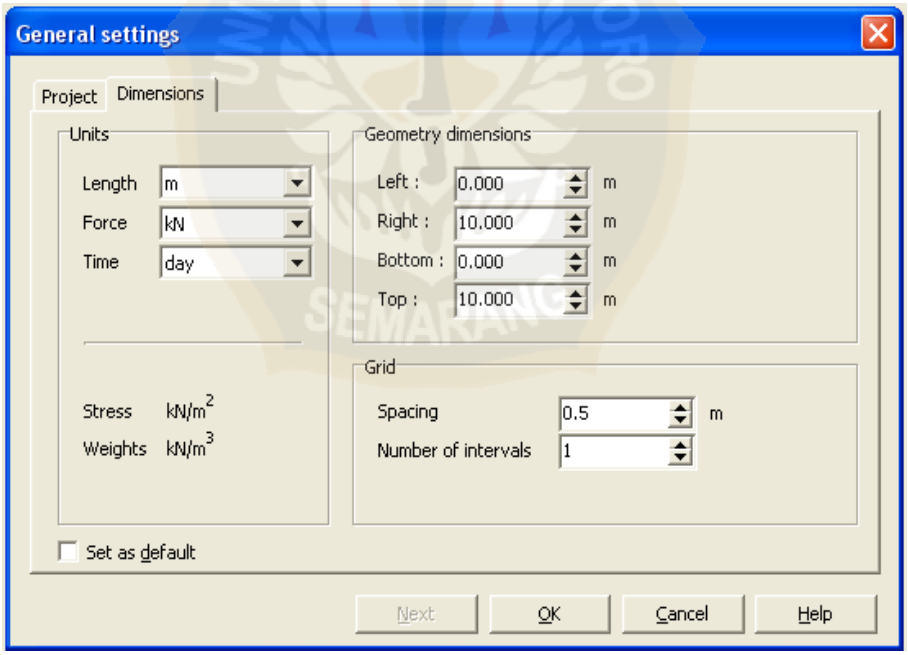
Langkah 1

Klik menu *File – New*, kemudian isilah menu *General Setting Project* dan *Dimensions,* seperti terlihat pada Gambar 4.25 dan 4.26 di bawah ini.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.25 Menu *General Setting Project*

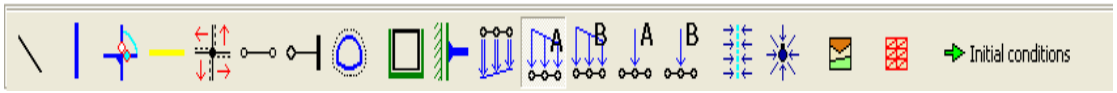


Gambar 4.26 Menu *Dimensions*

- **Langkah 2**

  Menggambar model geometris dengan toolbar *Geometry Lines,* kemudian dilanjutkan memasukkan kondisi batas dengan *Standart Fixities.* Memasukkan pembebanan dengan mengklik Distributed Load-Load System A pada permukaan jalan dan mengklik toolbar Geogrid. Dimana toolbar *Geometry* dapat dilihat pada Gambar 4.27.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.27 Toolbar *Geometry*

- **Langkah 3**

  Memasukkan parameter tanah dasar, lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, lapisan permukaan jalan dengan mengklik toolbar *Material Sets* seperti yuang terlihat pada Gambar 4.28. Kemudian dilanjutkan drag data sets tanah dasar dari jendela *Material Sets* ke area lapisan tanah yang diikuti oleh perubahan warna pada model geometri. Kemudian dilanjutkan untuk material lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi permukaan dan geogrid. Dimana data *Material Sets* dapat dilihat pada Tabel 4.29 dan Tabel 4.30.

Gambar 4.28 Toolbar *Material Sets*

Tabel 4.29 Data Material Lapisan Perkerasan Jalan

No	Parameter	Nama	Tanah Dasar	LPB	LPA	Lapisan Permukaan	Satuan
1	Model Material	Model	Mohr-Coulomb	Linier Elastic	Linier Elastic	Linier Elastic	
2	Jenis Perilaku Material	Jenis	Tak Terdrainase	non-Porous	non-Porous	non-Porous	

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

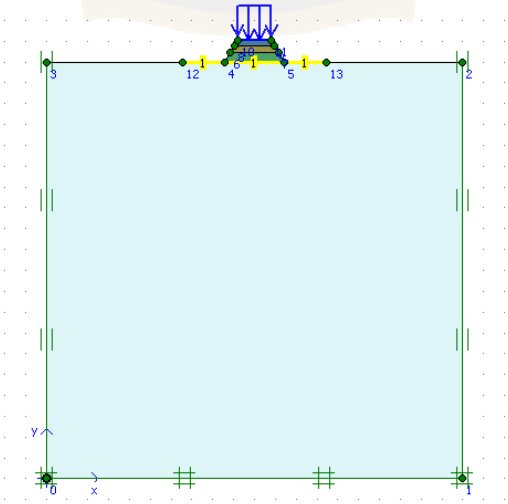
No	Parameter	Nama	Tanah Dasar	LPB	LPA	Lapisan Permukaan	Satuan
3	Berat Isi Tanah Di Atas Garis Freatik	∂ Unsat	19.476	22.81	22.58	24.581	kN/m³
4	Berat Isi Tanah Di Bawah Garis Freatik	∂ Sat	37.98				kN/m³
5	Permeabilitas Arah Horisontal	Kx	5.976*10^-4				m/hari
6	Permeabilitas Arah Vertikal	Ky	5.976*10^-4				m/hari
7	Modulus Young	E ref	2000	80000	80000	80000	kN/m²
8	Angka Pisson	v	0.45	0.3	0.3	0.3	
9	Kohesi	C ref	14.8				kN/m²
10	Sudut Geser	Ø	10.399				°

Tabel 4.30 Data Geogrid-Non Woven Geotekstil Komposit

Parameter	Nama	Nilai	Satuan
Kekakuan Normal	EA	51	kN/m

- **Langkah 4**

  Sebelum langkah pembuatan *Mesh* (*Finite Element Model*), pastikan bahwa permodelan yang dibuat telah benar seperti terlihat pada Gambar 4.29.

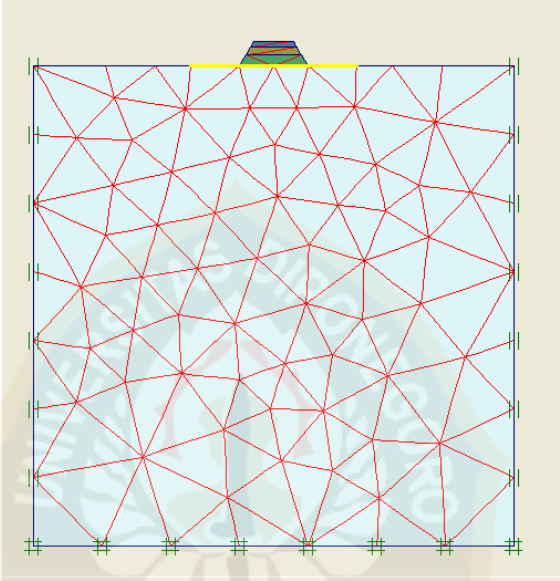


Gambar 4.29 Model Geometri

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

- **Langkah 5**

  Langkah selanjutnya adalah pembuatan *Mesh* (*Finite Element Model*) seperti terlihat pada Gambar 4.30 dengan mengklik toolbar *Generate Mesh* kemudian klik *Update*. Untuk mengatur besar kecilnya mesh dapat mengklik menu *Mesh-Global coarseness* kemudian pilih *Fine* dan ulangi mengklik toolbar *Generate Mesh* kemudian klik *Update.*

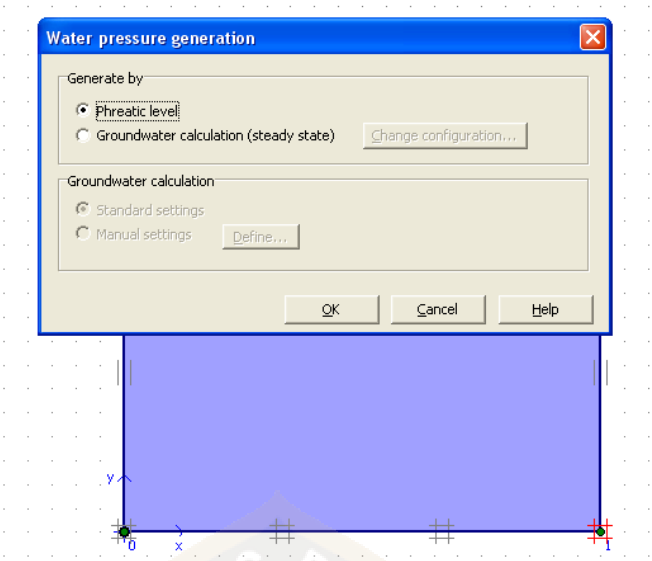


Gambar 4.30 *Mesh*

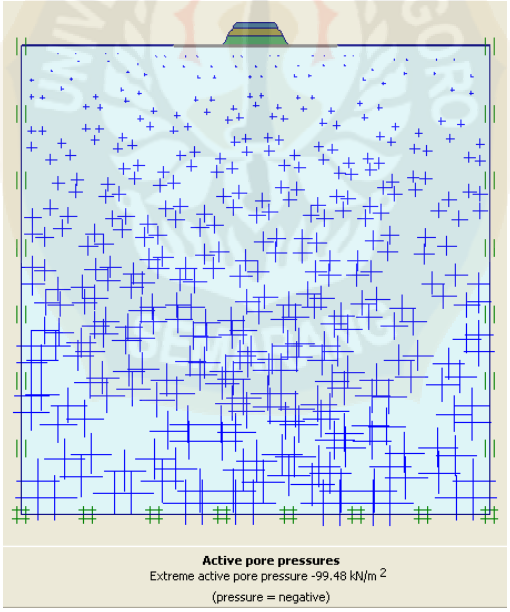
- **Langkah 6**

  Sebelum melanjutkan ke perhitungan, *Intial Ground Water* pada Gambar 4.32 dan *Intial Effective Stress state* pada Gambar 4.34 harus ditentukan besarnya dengan mengklik toolbar *Initial Conditions*. Langkah selanjutnya menginput kedalaman m.a.t dengan *Phreatic Level* dengan menggambar titik-titik ketinggian dengan klik kiri kemudian jika telah selesai klik kanan. Kemudian klik *General Water Pressures* (lingkaran hijau), hingga muncul jendela *Water Pressure Generation* seperti terlihat pada Gambar 4.31, pilih *Phreatic Level* kemudian klik Ok.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



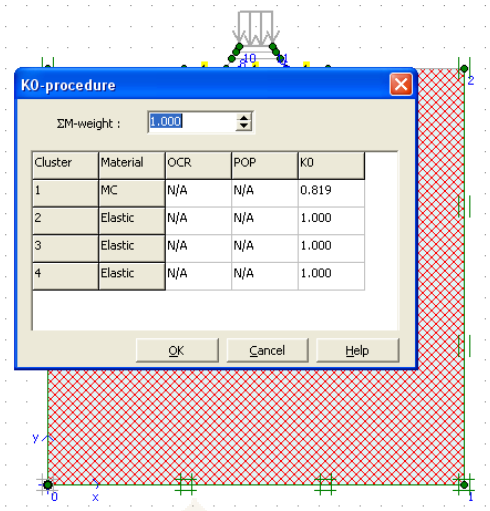
Gambar 4.31 Jendela *Water Pressure Generation*



Gambar 4.32 Jendela *Water Pressure Generation*

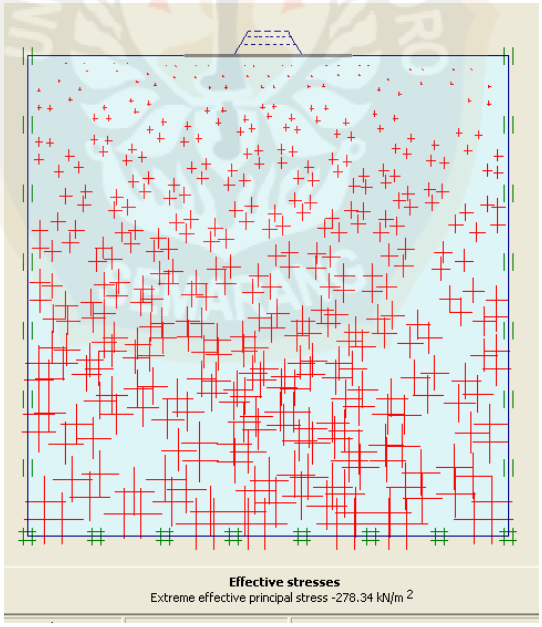
Kemudian klik toolbar lingkaran hijau tua (*Initial Stresses and Geometry Configuration*), klik toolbar *General Initial Stress* sehingga muncul jendela *Ko-procedure* untuk tiap lapisan cluster yang ada seperti yang terdapat pada Gambar 4.33.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.33 Jendela *Ko-procedure*

Kemudian klik Ok dan setelah keluar jendela *Initial Soil Stresses* seperti Gambar 4.15. klik *Update.*



Gambar 4.34 Jendela *Initial Soil Stresses*

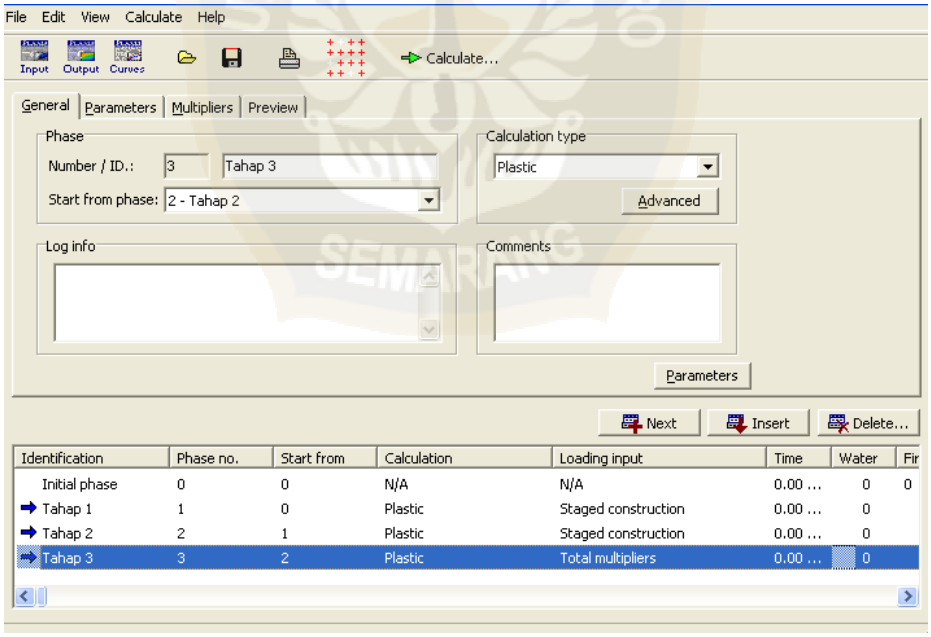
- **Langkah 7**

Langkah perhitungan dapat dimulai dengan klik toolbar *Calculate* seperti terlihat pada Gambar 4.35. Dalam perhitungan ini ada 3 tahapan (seperti pada Tabel 4.31) yakni : tahap konstruksi, tahap pembebanan aksial -102,67 kN/m² dan tahap pembebanan hingga mencapai keruntuhan (misalnya 3 x beban yang terjadi).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 4.31 Tahap-Tahap Pembebanan

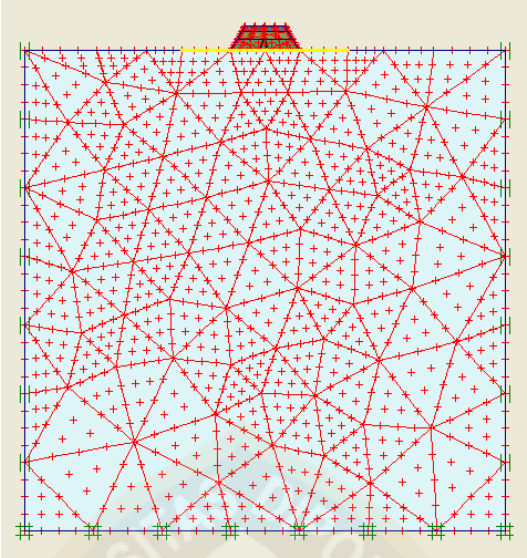
Tahap 1 : Tahap Konstruksi	Calculation type : Plastic calculation Loading input : Staged construction Klik Define untuk mengaktifikan pondasi dan geogrid
Tahap 2 : Load 1 kali	Calculation type : Plastic calculation Loading input : Staged construction Klik Define untuk mengaktifikan beban P= -102,67kN/m²
Tahap 3 : Load 3 kali	Calculation type : Plastic calculation Loading input : Total multipliers Input values : total multipliers S-MloadA = 3



Gambar 4.35 Toolbar *Calculate*

Kemudian klik *Select Point for Curve* seperti terlihat pada Gambar 4.36 untuk mendapatkan kurva *Load-Displacement* pada titik yang ditinjau paling kritis (misalkan pada pusat titik berat di dasar pondasi) kemudian klik *Update.*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



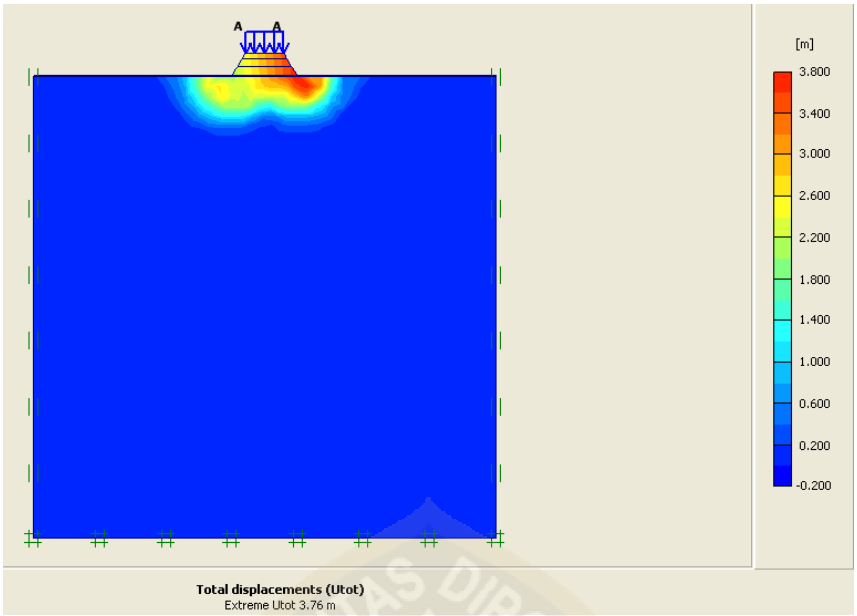
Gambar 4.36 *Select Point for Curve*

kemudian klik *Calculate* untuk perhitungan, jika pada tahap ke 3 kondisi runtuh tidak mencapai 3 x loading -102.67 kN/m² maka perlu penurunan dengan melihat nilai *Reached value* pada *Tabsheet Multipliers.*

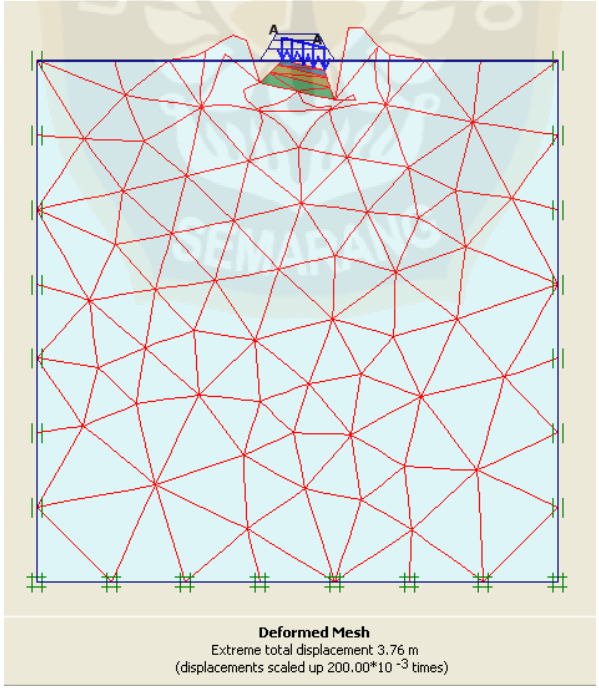
- **Langkah 8.**

Melihat hasil tiap tahap dengan mengklik Output. Pada Gambar 4.37 dapat dilihat kondisi tanah pada saat pembebanan P = 102,67 kN/m², kemudian pada Gambar 4.38 dapat dilihat kondisi tanah pada saat pembebanan hingga runtuh.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.37 Kondisi Tanah Pada Saat Pembebanan P = 102,67 kN/m²

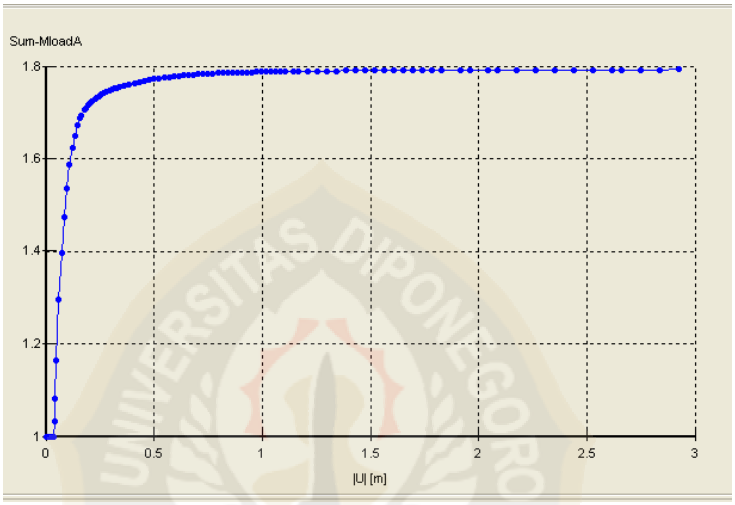


Gambar 4.38 Kondisi Tanah Pada Saat Pembebanan Hingga Runtuh

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

- **Langkah 9**

Menampilkan kurva *Load-Displacement* dengan *Toolbars Curve*, kemudian pilih *New Chart* klik Ok. Panggil *File* yang baru dibuat untuk proyek ini, kemudian pilih X-axis adalah *Displacemet* dan Y-axis adalah *Multiplier* pada titik A yang ditinjau. Pilih tipe yang ditampilkan adalah *Sum-Mload A*, kemudian klik Ok. Dimana kurvanya dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39. Hubungan *Displacemet* dan *Multiplier* Hingga Kondisi Runtuh

- **Langkah 10**

Input beban pada pondasi adalah -102,67 kN/m², sehingga besarnya beban yang dapat dipikul pada saat mencapai keruntuhan adalah S-MloadA = 1,794, Pultimate = 1,794x -102,67 kN/m² = 65,037 kN/m².

Besarnya kapasitas dukung tanah ultimate :

qult = Pultimate / B + (h1 * ∂d Asphalt + h2 * ∂d Lapisan Pondasi Atas + h3 * ∂d Lapisan Pondasi Bawah)

= 184,189 + 10,92 = 195,109 kN/m²

Faktor aman (SF) = 3

qall = qult / SF

= 195,109 / 3 = 65,037 kN/m²

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Dimana qall tanpa penggunaan geogrid-non woven geotekstil komposit adalah 63,565 kN/m² maka pertambahan nilai qall adalah :

$$= \frac{qall\ dengan\ geogrid\ non\ woven\ geotekstil\ komposit - qall\ awal}{qall\ awal} \text{ x } 100\ \%$$

$$= \frac{65{,}037 - 63{,}565}{63.565} \text{ x } 100\ \%$$

= 2,31 %

Kesimpulan : Dari perhitungan diatas dapat diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan geogrid di atas hanya memberikan pertambahan nilai daya dukung tanah 2,31 %, karena pada dasarnya fungsi dari geogrid – non woven geotekstil komposit ini adalah sebagai berikut :

- Untuk menghindari ketidakstabilan tanah lunak.
- Meningkatkan ketahanan agregat timbunan terhadap keruntuhan setempat pada lokasi beban dengan memperkuat tanah timbunan.
- Mempunyai tegangan desain yang tinggi untuk pembebanan yang lama.
- Mencegah kontaminasi agregat *subbase* dan *base* oleh tanah dasar lunak sehingga memungkinkan distribusi beban lalulintas yang efektif melalui lapisan-lapisan timbunan ini.
- Meniadakan kehilangan agregat timbunan ke dalam tanah dasar yang lunak dan dengan demikian memperkecil biaya dan kebutuhan akan tambahan lapisan agregat terbuang.
- Mengurangi penurunan dan deformasi yang tidak merata.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

4.1.3.1 Data Sondir Lereng

Data sondir Lereng diambil dari beberapa tempat, yaitu KM. 21 + 650 pada Tabel 4.12, KM. 37 + 975 pada Tabel 4.13, KM. 38 + 750 pada Tabel 4.14 dan KM. 43 + 125 pada Tabel 4.15

Tabel 4.12 Data Sondir Lereng KM. 21 + 650

Kedalaman (m)	C	C + F

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1,0	4	8
2,0	8	11
3,0	11	17
4,0	13	18
5,0	14	20
6,0	10	16
7,0	8	16
8,0	7	17
9,0	7	18
10,0	9	20
11,0	6	13
12,0	5	10
13,0	9	20
14,0	9	20
15,0	8	20
16,0	8	18
17,0	7	15
18,0	8	18
19,0	14	30
20,0	16	35
21,0	15	35
22,0	17	40
23,0	20	48
24,0	19	45
25,0	20	48

Tabel 4.13 Data Sondir Lereng KM. 37 + 975

Kedalaman (m)	C	C + F

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1,0	36	50
2,0	14	28
3,0	13	21
4,0	12	18
5,0	11	17
6,0	10	16
7,0	8	12
8,0	9	15
9,0	5	9
10,0	6	10
11,0	6	11
12,0	7	12
13,0	7	14
14,0	11	21
15,0	11	21
16,0	12	25
17,0	11	22
18,0	11	21
19,0	13	29
20,0	16	35
21,0	17	40
22,0	20	50
23,0	21	50
24,0	25	60
25,0	25	60

Tabel 4.14 Data Sondir Lereng KM. 38 + 750

Kedalaman (m)	C	C + F

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1,0	0	0
2,0	16	24
3,0	12	20
4,0	16	28
5,0	19	32
6,0	12	20
7,0	7	13
8,0	8	14
9,0	8	14
10,0	8	14
11,0	9	15
12,0	10	18
13,0	12	20
14,0	13	22
15,0	14	25
16,0	16	30
17,0	17	35
18,0	20	50
19,0	20	50
20,0	22	55
21,0	23	60
22,0	18	50
23,0	25	70
24,0	25	70
25,0	27	70

Tabel 4.15 Data Sondir Lereng KM. 43 + 125

Kedalaman (m)	C	C + F

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

1,0	14	16
2,0	8	11
3,0	10	14
4,0	10	14
5,0	**12**	**18**
6,0	11	20
7,0	**10**	**20**
8,0	8	12
9,0	8	11
10,0	6	9
11,0	8	11
12,0	8	10
13,0	8	11
14,0	7	10
15,0	10	13
16,0	12	16
17,0	15	25
18,0	15	25
19,0	16	30
20,0	19	40
21,0	20	41
22,0	20	41
23,0	24	50
24,0	30	85
25,0	30	90

4.1.3.1 Data *California Bearing Ratio* (CBR)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Untuk mengetahui karakter dan sifat dari tanah dasar pada ruas jalan Trengguli-Jati, maka harus dilakukan penyelidikan tanah yang meliputi:

1. Pekerjaan lapangan, meliputi:
   a. Test pit sebanyak 10 (sepuluh) titik sedalam ±100 cm
   b. Pengambilan contoh tanah sebanyak 10 (sepuluh) sampel.
2. Pekerjaan laboratorium, meliputi:
   a. CBR
   b. Kepadatan *modified*

Tujuan penyelidikan tanah ini adalah untuk mengetahui nilai CBR lapisan tanah dasar pada lokasi pekerjaan. Nilai CBR yang didapat dari pemeriksaan laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data CBR Laboratorium

STA	KN/KR	CBR Lab (%)
36+700	Kiri	2.77
38+000	Kanan	2.66
39+000	Kiri	3.21
40+000	Kanan	8.71
41+000	Kanan	2.08
42+000	Kiri	7.31
43+000	Kanan	6.84
44+000	Kiri	7.01
45+000	Kanan	6.71
46+000	Kanan	2.88

Sumber: CV.Cipta Prima Karsa, 2008

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Data CBR tersebut tidak mempunyai besaran nilai yang signifikan, sehingga dalam menentukan CBR desain tidak diperlukan segmentasi. Untuk mendapatkan nilai CBR desain yang mewakili sepanjang ruas jalan Trengguli-Jati dilakukan dengan beberapa cara :

1. Cara Grafis
   - CBR Laboratorium

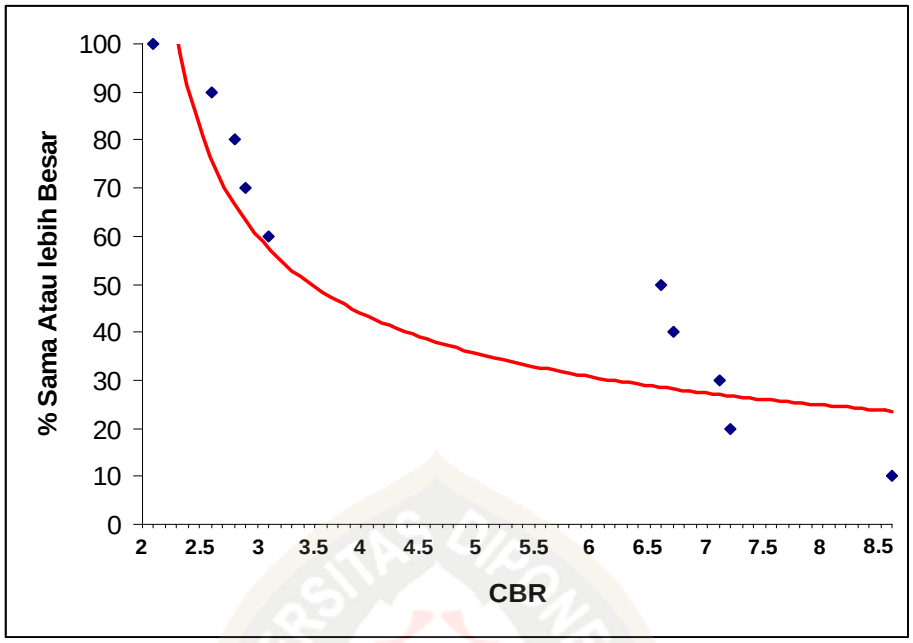
   Penentuan besaran nilai CBR desain (mewakili) terhadap CBR laboratorium disajikan pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.1

Tabel 4.7. Perhitungan Nilai CBR Laboratorium Rendaman (95%)

CBR	Jumlah yang Sama/ Lebih Besar	Persen yang Sama/ Lebih Besar (%)
2.08	10	100
2.66	9	90
2.77	8	80
2.88	7	70
3.21	6	60
6.71	5	50
6.84	4	40
7.01	3	30
7.31	2	20
8.71	1	10

Sumber: Hasil Analisis, 2008

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 4.1 CBR Laboratorium yang Mewakili

Dari grafik di atas maka didapat harga CBR rencana sebesar 2.4 %

2. Menurut RDS

Menurut RDS *(Road Design System),* nilai CBR desain dapat diperoleh dengan rumus:

CBR desain = CBR rata rata – (1xSD)

Keterangan:

CBR desain = nilai CBR yang dicari

CBR rata-rata = nilai CBR rata-rata yang diperoleh dari data yang ada.

$$= \frac{\sum_i^n CBR}{n}$$

n = jumlah data

SD = standard deviasi (simpangan baku)

$$= \sqrt{\frac{n\left(\sum_i^n CBR^2\right) - \left(\sum_i^n CBR\right)^2}{n(n-1)}}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

- CBR Laboratorium Rendaman (95% Optimum)

c. CBR rata-rata $= \dfrac{2.08 + 2.66 + 2.77 + 2.88 + 3.21 + 6.71 + 6.84 + 7.01 + 7.31 + 8.71}{10}$

$= 5.02$

d. SD =

$$\sqrt{\frac{10\left(2.08^2 + 2.66^2 + 2.77^2 + 2.88^2 + 3.21^2 + 6.71^2 + 6.84^2 + 7.01^2 + 7.31^2 + 8.71^2\right) - (50.18)^2}{10(10-1)}}$$

$= 2.5$

Sehingga didapat CBR desain = 5.02 – 2.5 = 2.52 %

4.1.3.1 Data Boring Test

Boring test adalah pengujian dengan cara pengeboran tanah uji sampai kedalaman 3 (tiga) meter dari muka tanah, dimana setiap kedalaman 1 meter diambil sampel untuk diselidiki di laboratorium. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah di lokasi ruas jalan Trengguli-Jati.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

BAB V
PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pemeriksaan pada bab-bab sebelumnya pada Laporan Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah dasar daerah Trengguli – Jati mempunyai karakteristik sebagai berikut:
   a. berdasarkan sistem klasifikasi USC (*Unified Soil Classification*), termasuk ke dalam kelompok CH yang mempunyai karakteristik jenis tanah lempung inorganis dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk,
   b. berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), termasuk dalam klasifikasi A – 7 – 6 yang merupakan tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah buruk,
   c. merupakan tanah lempung ekspansif yang mempunyai karakteristik mengembang yang sangat tinggi, memiliki derajat mengembang yang kritis

   Berdasarkan pernyataan di atas, tanah dasar di sekitar ruas jalan Trengguli-Jati ini kurang baik digunakan sebagai tanah dasar untuk konstruksi jalan sehingga perlu adanya usaha perbaikan tanah dasar.

2. Kapasitas dukung tanah pada jalan eksisting yang terjadi akibat beban lalu lintas lebih besar daripada daya dukung ijin pada jalan tersebut, sehingga perlu adanya perbaikan tanah dasar sebagai pondasi jalan.

3. Ada beberapa alternatif solusi permasalahan yaitu :
   a. Perbaikan Tanah Dengan *Prefabricated Vertikal Drain* (PVD)

   Perbaikan tanah ini dapat mempercepat konsolidasi tanah sehingga penurunan yang terjadi pada jalan akan berkurang. Tetapi cara ini membutuhkan waktu penimbunan yang lama sehingga dapat mengganggu kelancaran lalu – lintas pada ruas jalan Trengguli-Jati Kabupaten Kudus yang merupakan jalan nasional.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

b. Penambahan Tebal Perkerasan

Penambahan ketebalan lapisan perkerasan berguna untuk mengurangi beban yang bekerja pada tanah dasar sehingga akan meningkatkan daya dukung tanah.

c. Penggunaan Geogrid – non woven Geotextile Composit

Dimana fungsi dari penggunaan Geogrid – non woven Geotextile Composit ini yaitu :

- Untuk menghindari ketidakstabilan tanah lunak.
- Meningkatkan ketahanan agregat timbunan terhadap keruntuhan setempat pada lokasi beban dengan memperkuat tanah timbunan.
- Mempunyai tegangan desain yang tinggi untuk pembebanan yang lama.
- Mencegah kontaminasi agregat *subbase* dan *base* oleh tanah dasar lunak sehingga memungkinkan distribusi beban lalulintas yang efektif melalui lapisan-lapisan timbunan ini.
- Meniadakan kehilangan agregat timbunan ke dalam tanah dasar yang lunak dan dengan demikian memperkecil biaya dan kebutuhan akan tambahan lapisan agregat terbuang.
- Mengurangi penurunan dan deformasi yang tidak merata.

Sehingga dari beberapa alternatif solusi permasalahan tersebut, maka penambahan tebal perkerasan sangat diperlukan untuk mengurangi beban yang bekerja pada tanah dasar serta penggunaan Geogrid – non woven Geotextile Composit dapat mengurangi penurunan dan deformasi yang tidak merata sebagai usaha perbaikan tanah dasar yang cukup efektif dan efisien.

5.2. Saran

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengatasi permasalahan yang muncul pada ruas jalan Trengguli – Jati di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Sangat perlu dilakukan penyelidikan dan analisis geoteknik terlebih dahulu sebelum melakukan suatu konstruksi untuk mengantisipasi bahaya penurunan, karena penurunan yang besar dapat menyebabkan terjadinya kegagalan konstruksi.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2. Perlu adanya pengawasan yang lebih ketat dalam pelaksanaan pemasangan Geogrid non-woven Geotekstil Composit agar fungsi dari Geogrid non-woven Geotekstil Composit tersebut dapat optimal.
3. Analisis mengenai dampak lingkungan sekitar ruas jalan ini harus dilakukan sebelum pelaksanaan konstruksi dilaksanakan. Analisis ini meliputi sosialisasi pembebasan lahan, kemungkinan terjadinya polusi udara, maupun kebisingan pada saat pelaksanaan, serta terjadinya perubahan tata guna lahan di sekitar ruas jalan. Hal tersebut sangat perlu untuk mengantisipasi terjadinya pertentangan, penolakan, dan protes dari masyarakat sehingga proyek ini dapat dianggap layak untuk dilaksanakan, baik dilihat dari aspek ekonomi, aspek sosial, maupun aspek lingkungan.
4. Pemeliharaan saluran drainase yang baik sangat diperlukan agar air dapat langsung terbuang serta tingkat permeabilitas konstruksi jalan dapat tetap terjaga.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)