

ANALISIS TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN MENGUNAKAN PROGRAM KENPAVE

SKRIPSI

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

Disusun Oleh

**NURSYAFITRI BR REGAR
188110162**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

LEMBAR PEGESAHAN

ANALISIS TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN MENGUNAKAN PROGRAM KENPAVE

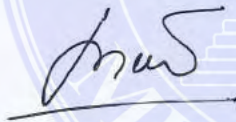
SKRIPSI

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

Disusun Oleh
Nursyafitri Br Regar
188110162

Disetujui,

Pembimbing I



Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT

Pembimbing II




Suranto, ST, MT

Mengetahui,

Dekan


Dr. H. Dina Maizana, MT

Ka. Program Studi


Susilawati, S.Kom, M.Kom

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Oktober 2021

Penulis



Nursyafitri Br Regar
188110162

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nursyafitri Br Regar

NPM : 188110162

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Program Kenpave” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 11 Oktober 2021

Yang menyatakan

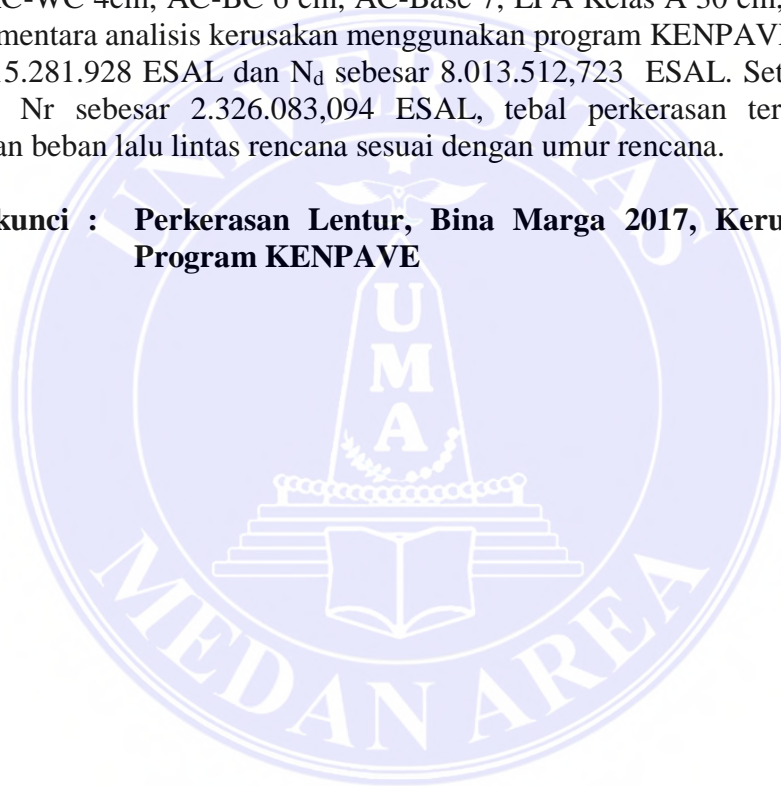


(Nursyafitri Br Regar)

ABSTRAK

Prasarana yang sangat penting untuk masyarakat diantaranya adalah Jalan. Jalan berguna agar masyarakat dapat mencapai wilayah satu ke wilayah lain. Dari itu, pembuatan jalan mestilah menyeluruh sesuai kelas dan fungsinya. Agar memperoleh jalan yang layak digunakan. Maka pembangunan jalan wajib menggunakan material yang memiliki kualitas yang baik serta mempertimbangkan tebal perkerasan yang tahan lama dan ekonomis. sehingga mampu menahan beban kendaraan yang melintas. Adapun untuk mendesain kebutuhan struktur perkerasan menggunakan metode Bina Marga Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017, sedangkan untuk memprediksi kerusakan pada tebal lapis perkerasan menggunakan bantuan program KENPAVE. Analisis perhitungan tebal lapis perkerasan yang didapatkan dengan metode MDP 2017 di peroleh hasil yaitu, tebal AC-WC 4cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 7, LPA Kelas A 30 cm, Timbunan 85 cm. Sementara analisis kerusakan menggunakan program KENPAVE didapat nilai N_f 3.615.281.928 ESAL dan N_d sebesar 8.013.512,723 ESAL. Setelah dikontrol dengan N_r sebesar 2.326.083,094 ESAL, tebal perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas rencana sesuai dengan umur rencana.

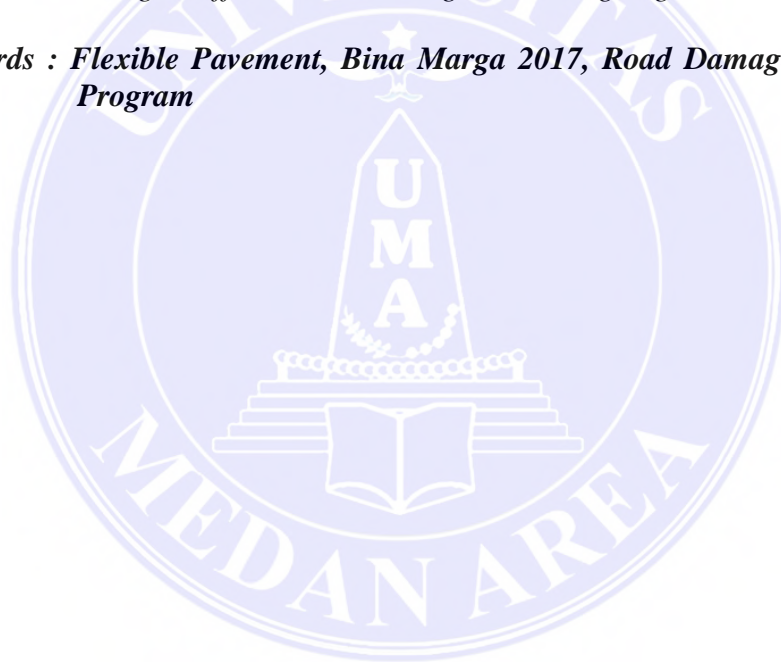
Kata kunci : Perkerasan Lentur, Bina Marga 2017, Kerusakan Jalan, Program KENPAVE



ABSTRACT

Infrastructure that is very important for the community includes roads. Roads are useful so that people can reach one area to another. From that, road construction must be comprehensive according to its class and function. In order to obtain a suitable path. So road construction must use materials that have good quality and consider the thickness of the pavement which is durable and economical. so that it can withstand the weight of passing vehicles. As for designing the pavement structure requirements using the Bina Marga method of Pavement Design Manual number 04/SE/Db/2017, while to predict damage to the thickness of the pavement layer using the KENPAVE program. Analysis of pavement thickness calculations obtained by the 2017 MDP method obtained the results, namely, AC-WC thickness 4cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 7, LPA Class A 30 cm, embankment 85 cm. While the damage analysis using the KENPAVE program obtained the N_f value of 3,615,281,928 ESAL and N_d of 8,013,512,723 ESAL. After controlling with N_r of 2,326,083,094 ESAL, the thickness of the pavement is able to withstand the design traffic load according to the design age.

Keywords : Flexible Pavement, Bina Marga 2017, Road Damage, KENPAVE Program



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi yang berjudul **“ANALISIS TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KENPAVE”** ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Program Studi Srata I (S-1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Sesuai dengan judulnya, dalam skripsi ini akan dibahas mengenai tebal lapis perkerasan serta mencari nilai kerusakan retak lelah (N_f) dan retak alur (N_d) dengan menggunakan program KENPAVE.

Dalam penyusunan Skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Skripsi ini dapat diselesaikan. Berkait dengan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Dina Maizana, MT , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Susilawati, S.Kom, M.Kom, selaku Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
4. Ibu Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Suranto, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.

6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Staff Pegawai di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
7. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis kepada kedua orang tua, kedua abang dan kakak saya yang telah memberikan semangat dan dukungan baik secara moral maupun material serta do'a yang tidak pernah putus untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
8. Serta teman-teman seperjuangan stambuk 2018 ekstensi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Medan Area, serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menulis dan menyelesaikan Skripsi ini, namun tidak tertutup kemungkinan masih terdapat kesalahan-kesalahan dalam penyusunan Skripsi ini. Untuk itu penulis sangat mengharapkan masukan-masukan, segala kritik, saran dan pendapat yang bersifat membangun.

Akhir kata penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan semua pihak yang membutuhkannya.

Medan, 11 Oktober 2021

Nursyafitri Br Regar
188110162

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN	
2.1. Umum.....	4
2.2. Perkerasan Lentur.....	9
2.3. Metode Perencanaan Perkerasan Lentur	14
2.4. Pemodelan Lapisan Perkerasan	35
2.5. Analisa Kerusakan Perkerasan	41
2.6. Program KENPAVE	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Lokasi Penelitian.....	59
3.2. Tinjauan Umum.....	60
3.3. Tahap Perencanaa.....	60
3.4. Pengumpulan Data	62
3.5. Jenis-jenis data	62
3.6. Analisa dan Pengolahan Data.....	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisa Perhitungan Tebal Perkerasan	65

4.2 Analisis Tebal Perkerasan Dengan Menggunakan Program KENPAVE	77
4.3 Analisis Kerusakan Repetisi Beban Retak Lelah (N_f) Dan Repetisi Beban Retak Alur (N_d)	85
4.4 Pembahasan	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Lentur	5
Gambar 2.2. Lapisan Perkerasan Kaku	6
Gambar 2.3. Regangan pada perkerasan lentur	18
Gambar 2.4. Modulus Elastisitas	36
Gambar 2.5. Poisson Ratio	38
Gambar 2.6. lokasi analisa struktur perkerasan	41
Gambar 2.7. Tampilan Awal KENPAVE	47
Gambar 2.8. Tampilan Layar LAYERINP	51
Gambar 2.9. Tampilan Menu General	52
Gambar 2.10 Tampilan Layar zcoord	54
Gambar 2.11. Tampilan Layar Layer	54
Gambar 2.12 Tampilan Layar Interface	55
Gambar 2.13. Tampilan Layer Load	56
Gambar 2.14. Sumbu standar Ekuivalen di Indonesia	58
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian	59
Gambar 3.2. Denah Lokasi Penelitian	59
Gambar 3.3 Diagram Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir	61
Gambar 4.1 Susunan Lapis Perkerasan	77
Gambar 4.2 Tampilan Menu LAYERINP	79
Gambar 4.3 Data Input Pada Menu General	80
Gambar 4.4 Data Input Pada Menu Zcoord	81
Gambar 4.5 Data Input Pada Menu Layer	82
Gambar 4.6 Data Input Pada Menu Modul	82
Gambar 4.7 Data Input Pada Menu Load	83
Gambar 4.8 Data Input Pada Menu Nr or NPT	84

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Foto Dokumentasi di Lapangan
- Lampiran 2. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)
- Lampiran 3. Data CBR Lapangan (DCP)
- Lampiran 4. Hasil Output Program KENPAVE
- Lampiran 5. Gambar *Long Section* jalan Dari Perencana dan Potongan Melintang.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	7
Tabel 2.2. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)	20
Tabel 2.3 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i %)	22
Tabel 2.4 Faktor Distribusi Lajur (DL)	23
Tabel 2.5 Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan Niaga	25
Tabel 2.6 Nilai VDF Masing – masing Jenis Kendaraan Niaga	26
Tabel 2.7 Desain Pondasi Jalan Minimum	29
Tabel. 2.8 Ketentuan Pertimbangan Jenis Desain Perkerasan	30
Tabel 2.9 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir	32
Tabel 2.10 Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar $CBR \geq 7\%$	33
Tabel 2.11 Karakteristik modulus bahan berpengikat	34
Tabel 2.12 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas	35
Tabel 2.13 Nilai-nilai Elastisitas	37
Tabel 2.14 Nilai Elastisitas Tipikal	37
Tabel 2.15 Nilai Poisson Ration	38
Tabel 2.16 analisa struktur perkerasan	40
Tabel 2.17 Satuan English dan SI	53
Tabel 4.1 LHR 2019 Ruas Jalan Sp. Tanjung Kasau - Bandar Masilam (Batas Kab. Simalungun) Kab. Batubara	66
Tabel. 4.2 Faktor distribusi lajur (DL)	67
Tabel 4.3 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga	69
Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan CESA4 dan CESA5	70
Tabel 4.5 Nilai CBR Ruas Jalan Sp. Tanjung Kasau - Bandar Masilam (Batas Kab. Simalungun) Kab. Batubara	72
Tabel 4.6 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim	73
Tabel 4.7 Desain Pondasi Jalan Minimum	74
Tabel 4.8 Pemilihan jenis perkerasan	75

Tabel 4.9 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir	76
Tabel 4.10 Rekapitulasi Parameter Tiap Lapis Perkerasan	78
Tabel 4.11 Data input General	80
Tabel 4.12 Nilai Vertical Strain dan Tangential Strain	84
Tabel 4.13 Analisis Beban Lalu Lintas	86



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	= tekanan ban (kPa)
Ac	= kontak area (mm ²)
AC-WC	= Asphalt Concrete-Wearing Course
AC-BC	= Asphalt Concrete-Binder Course
Ai, Bi	= titik-titik pada lapis yang ditinjau
CBR	= California Bearing Ratio
CESA	= Cumulative Equivalent Standard Axle
CP	= Contact Pressure on Circular Loaded Area
CR	= Contact Radius of Circular Loaded Area
CTB	= Cement Treated Base
d	= lendutan (mm)
DD	= faktor distribusi arah
DL	= faktor distribusi lajur
E*	= modulus dinamis dari campuran beton aspal
E	= angka ekivalen
E	= modulus elastisitas
EALF	= Equivalent Axle Load Factor
ESA	= lintasan sumbu standar ekivalen (Equivalent Standard Axle)
ESAL	= Equivalent Single Axle Load
f4, f5	= koefisien kriteria deformasi permanen
hn	= kedalaman masing-masing lapisan
HRS	= Hot Rolled Sheet
i	= Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas
LHR	= Lalu lintas Harian Rata-rata
LHRT	= Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan
LMC	= Lean Mix Concrete
LPA	= Lapis Pondasi Atas
LPB	= Lapis Pondasi Bawah
MEPDG	= Mechanistic Empirical Pavement Design Guide
MKJI	= Manual Kapasitas Jalan Indonesia

MR = Modulus Resilient

MST = Modulus Sumbu Terberat

Nd = Jumlah repetisi beban gandar standar yang memicu terjadinya kerusakan permanent deformation

Nd = Jumlah repetisi beban gandar standar yang memicu terjadinya kerusakan rutting

Nf = Jumlah repetisi beban gandar standar yang memicu terjadinya kerusakan fatigue cracking

P = beban terpusat

Pd = beban satu roda (kN)

PI = Plasticity Index

Q = tekanan kontak roda (kPa)

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

r = jari-jari

Sd = jarak antara 2 roda

UR = Umur Rencana

VDF = angka ekivalen kendaraan tertentu (vehicle damage factor)

WIM = Weight in Motion

XW = Center to center spacing between two axles along the X

YW = Center to center spacing between two dual wheels along the Y axis

ϵ = regangan

ϵ_c = regangan tekan vertikal diatas lapisan dasar

ϵ_t = regangan tarik horizontal di bagian bawah aspal

μ = Poisson's Ratio

σ = tegangan (N/m²) atau Pascal (Pa)

τ = tegangan geser

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Prasarana yang sangat penting untuk masyarakat diantaranya adalah Jalan. Jalan berguna agar masyarakat dapat mencapai wilayah satu ke wilayah lain. Dari itu, pembuatan jalan mestilah menyeluruh sesuai kelas dan fungsinya. Agar memperoleh jalan yang layak digunakan. Maka pembangunan jalan wajib memakai material yang memiliki kualitas yang baik serta mempertimbangkan tebal perkerasan yang tahan lama dan ekonomis.

Metode yang umum dipakai untuk perencanaan perkerasan jalan diantaranya ialah metode mekanis serta empiris. Model mekanis berdasarkan dengan hukum fisika dasar serta penentuan reaksi perkerasan pada beban roda seperti tegangan dan regangan serta perpindahan. Sementara model empiris dari desain menggunakan perkerasan agar dapat memprediksi umur perkerasan menurut kemampuan perkerasan. Pendekatan berkelanjutan serta lebih logis menggunakan metode mekanik dan empiris bisa menjadi penyelesaian desain jalan efektif, lebih teliti, serta logis.

Di Negara kita dalam penentuan perhitungan tebal pada perkerasan memakai Desain Bina Marga 1987 yang diadopsi dari Desain AASHTO 1972 yang kemudian dikembangkan lagi. Ini dilakukan mengingat kondisi iklim di negara kita lebih tropis tidak sama dengan kondisi di Amerika. Pada penyelidikan di analisis tebal pada perkerasan dengan mengenakan peraturan desain yang terbaru dibuat

Bina Marga yaitu Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017/ MDP 2017 ini adalah revisi dari metode sebelumnya yaitu Bina Marga nomor 02/M /BM/2013.

Penelitian ini akan membahas prosedur bagaimana merancang tebal perkerasan jalan memakai desain MDP 2017 yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan program Kenpave untuk mengetahui nilai kerusakannya.

Analisis kerusakan pada program Kenpave yang digunakan ialah kerusakan retak lelah (*fatigue cracking*) serta kerusakan retak alur (*rutting*) dilandaskan nilai output pada program Kenpave berupa regangan tarik *horizontal* dan regangan tekan *vertikal*. kerusakan retak lelah (*fatigue cracking*) terjadi karna adanya regangan horizontal yang terjadi di lapis aspal diakibatkan dari repetisi beban lalulintas yang berlebihan dan melampaui batas regangan yg bisa diterima. Sedangkan kerusakan retak alur (*rutting*) terjadi karena perubahan bentuk permanen tiap lapisan perkerasan akibat beban lalulintas. Dengan demikian, ketebalan perkerasan rencana dan nilai kemampuan jalan untuk mengalami retak lelah dan rutting dapat diketahui.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari menganalisis tebal perkerasan jalan menggunakan program Kenpave yaitu untuk dapat memprediksi kerusakan jalan menggunakan program Kenpave pada perkerasan jalan.

Sementara Tujuan dari analisis yaitu untuk mendapat nilai repetisi beban retak lelah (N_f) dan repetisi beban retak alur (N_d) yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai repetisi beban rencana (N_r) dari data perhitungan tebal lapisan perkerasan lentur menggunakan Bina Marga Design Manual Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017 menggunakan program KENPAVE.

1.3 Rumusan Masalah

- 1 Berapa nilai tebal lapisan perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017 ?
- 2 Berapa nilai Tangential Strain dan Vertical strain yang didapat dengan menggunakan program KENPAVE?
- 3 Bagaimana Analisis kerusakan perkerasan jalan menggunakan hasil nilai dari program KENPAVE?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini bertujuan untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan sesuai dengan kelengkapan perolehan data, maka dilakukan pembatasan masalah yaitu:

1. Hanya menghitung tebal lapisan perkerasan lentur menggunakan metode MDP 2017.
2. Hanya menganalisis kerusakan lelah (*Fatigue cracking*) atau N_f dan kerusakan alur (*rutting*) atau N_d .
3. Hanya menggunakan program KENPAVE untuk mencari nilai *Tangential Strain* dan *Vertical strain*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk penelitian selanjutnya atau bahan masukan dalam perencanaan tebal lapis perkerasan jalan menggunakan Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017 untuk menganalisa kerusakan menggunakan program kenpave atau program lain yang sejenisnya.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Umum

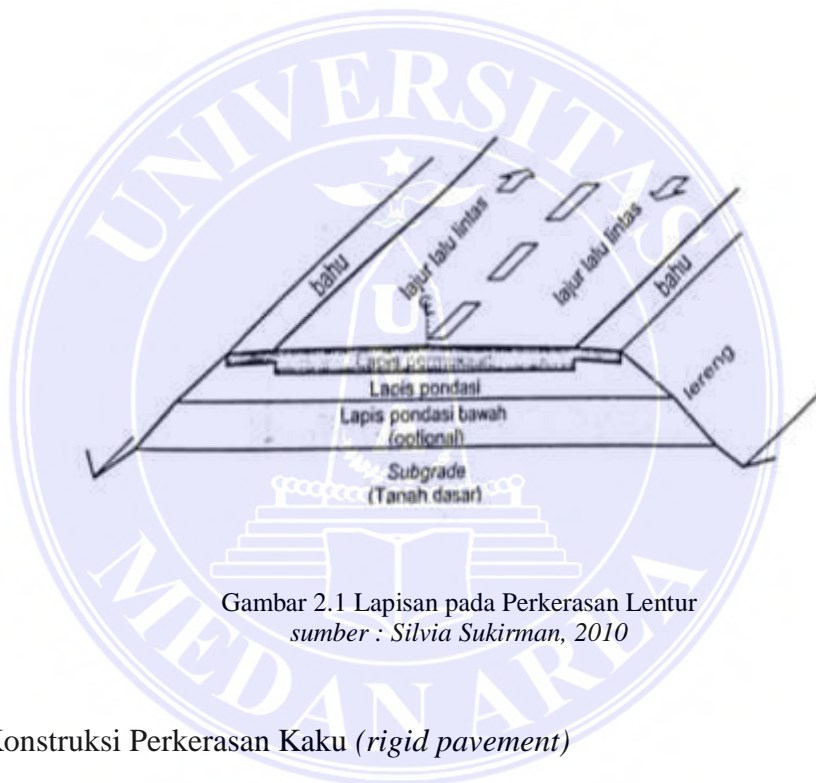
Perkerasan pada jalan merupakan gabungan agregat dan material pengikat yang berfungsi untuk melayani beban lalu lintas. Perkerasan jalan adalah suatu bangunan yang terdiri dari banyak lapis yang dirancang untuk mampu memikul beban lalu lintas yang berulang sehingga deformasi yang besar tidak akan dialami tanah. Bangunan perkerasan dapat didefinisikan suatu bangunan terbuat dari satu lapis atau banyak lapis perkerasan dimana lapisan tersebut terbuat dengan menggunakan material yang memiliki kualitas yang baik. Dapat disimpulkan perkerasan jalan merupakan bangunan yang dibuat di atas lapisan tanah asli yang berguna sebagai penopang beban lalu lintas. Perkerasan dikehendaki agar menjadikan permukaan perkerasan halus, tidak berbahaya dalam keadaan cuaca apapun dan ketebalan tiap lapisan mesti kuat dalam menopang beban diatas yang sedang bekerja. sehingga pada saat penggunaan berharap jalan tidak akan terjadi kerusakan serius sehingga bisa mengurangi mutu pelayanan lalulintas.

Kamampuan perkerasan jalan dapat dipantau dari kesanggupan perkerasan tersebut mendapat repetisi beban di atasnya yang bekerja. Apabila beban datang peubahan bentuk terjadi di permukaan struktu. Jika terjadi beban berlebih dan membuat lapisan pendukung kehilangan kekuatan, repetisi beban tersebut akan menimbulkan keretakan sehingga menurunkan mutu keamanan serta kenyamanan pada saat menggunakan jalan dan dapat juga berdampak terjadi runtuhnya badan jalan (struktur jalan). Agar memperoleh perkerasan yang mempunyai daya dukung

layak serta mencapai ketahanan yang lama dan ekonomis seperti yang diinginkan. Oleh karena itu perkerasan dirancang lebih dari satu lapisan. Menurut material pengikatnya, perkerasan dibedakan jadi 2 jenis, yakni:

a. Konstruksi Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

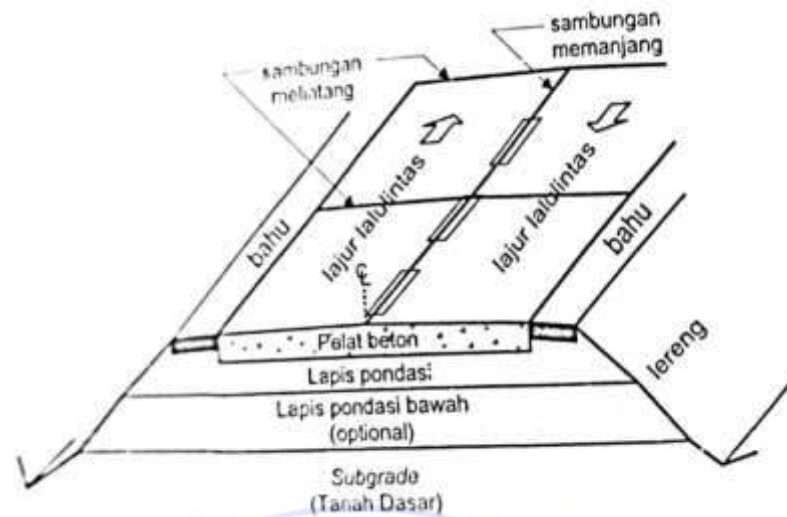
perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Terdiri dari lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah di padatkan. Lapisan perkerasan tersebut bersifat memikul serta menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.



Gambar 2.1 Lapisan pada Perkerasan Lentur
sumber : Silvia Sukirman, 2010

b. Konstruksi Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku adalah konstruksi perkerasan yang menggunakan pelat beton dengan atau tanpa tulangan sebagai lapisan atas, diletakkan di atas pondasi atau tepat di atas tanah dasar. Lapisan perkerasan kaku seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Lapisan Pada Perkerasan Kaku
Sumber: Silvia Sukirman, 2010

Terlepas dari kedua jenis tersebut, pengembangan komposit (*composite pavement*) kini telah banyak digunakan.

c. Konstruksi Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Konstruksi Perkerasan komposit merupakan perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur berada di atas perkerasan kaku, atau sebaliknya. Pada umumnya lapisan komposit biasanya dapat di temukan pada kasus *overlay* dimana terdapat penambahan lapisan aspal di atasnya lapisan kaku pada perkerasan yang lama. Sedangkan , perkerasan lama diatasnya ditambah dengan lapisan pondasi granular, *Asphalt Treated Base* (ATB) dan Lapisan AC (*Asphalt Concrete*).

Penentuan perkerasan yang akan digunakan dalam suatu desain perkerasan jalan harus diperhatikan dengan matang. Karena setiap jenis perkerasan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya memiliki kelebihan dan kekurangan dalam perencanaannya. Faktor biaya juga perlu di perhitungkan dalam pemilihan jenis

perkerasan apa yang akan digunakan, sehingga dengan biaya ekonomis dapat menghasilkan jalan yang aman dan nyaman sesuai standar perencanaan yang ada. Untuk lebih memahami perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Perbandinga Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No	Perkerasan kaku	Perkerasan lentur
1	Komponen perkerasan terdiri dari pelat beton yang terletak di atas tanah atau lapisan material granuler pondasi bawah (<i>subbase</i>)	Komponen perkerasan terdiri dari lapisan aus, pondasi atas (<i>base</i>) dan pondasi bawah (<i>subbase</i>)
2	Kebanyakan digunakan untuk jalan kelas tinggi	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu lintas
3	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol	Pengontrolan kualitas campuran lebih rumit
4	Umur rencana dapat mencapai 20 - 40 tahun	Umur rencana lebih pendek, yaitu sekitar 10 - 20 tahun, jadi kurang dari perkerasan kaku
5	Lebih tahan terhadap drainase yang buruk	Kurang tahan terhadap drainase yang buruk
6	Biaya awal pembangunan lebih tinggi	Biaya awal pembangunan lebih rendah
7	Biaya pemeliharaan kecil. Namun, jika terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi	Biaya pemeliharaan besar
8	Kekuatan perkerasan lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton	Kekuatan perkerasan ditentukan oleh kerjasama setiap komponen lapis perkerasan
9	Tebal struktur perkerasan adalah tebal pelat betonnya	Tebal perkerasan adalah seluruh lapisan pembentuk perkerasan di atas tanah dasar
10	Perkerasan dibuat dalam panel-panel (untuk tipe JPCP dan JRCP), sehingga dibutuhkan sambungan-sambungan (kecuali tipe CRCP)	Tidak dibuat dalam panel-panel, sehingga tidak ada sambungan

Sumber: Hary Christady Hardiyanto 2015

2.2 Perkerasan Lentur

2.1.1 Lapisan Perkerasan Lentur

Lapisan pada perkerasan lentur berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas lalu menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban lalu lintas dipindahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda kendaraan berupa beban yang terdistribusi secara merata. Beban diterima oleh lapisan permukaan dan didistribusikan ke lapisan tanah dasar. Lapisan konstruksi perkerasan lentur umumnya terdiri dari lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, dan lapisan tanah dasar. Setiap lapisan memiliki fungsinya masing-masing dalam menerima beban dari lapisan atasnya.

1. Lapis Permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan biasanya dibuat menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapisan yang dapat menahan air atau kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan lama. Lokasi lapisan ini terletak di bagian atas, yang memiliki fungsi sebagai berikut :

- Penahan beban roda, lapisan perkerasan ini harus mempunyai stabilitas tinggi untuk dapat menahan beban roda selama masa pelayanan.
- Lapisan yang bersifat kedap atau tahan terhadap air, sehingga air hujan tidak meresap ke dalam lapisan di bawahnya yang dapat mengakibatkan kerusakan pada lapisan tersebut.
- Lapis aus, lapisan yang terkena langsung gesekan yang diakibatkan rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

- Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang memiliki daya dukung yang kurang baik.

Untuk dapat memenuhi fungsi diatas, umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas tinggi dan daya tahan yang lama. Jenis pelapis permukaan pada umumnya digunakan di Indonesia yaitu:

a. Lapisan yang memiliki sifat nonstruktural, berfungsi sebagai lapisan aus serta kedap terhadap air antara lain :

- Burtu (laburan aspal satu lapis), adalah lapisan penutup yang terdiri dari satu lapis aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat yang bergradasi seragam, yang memiliki tebal maksimum 2 cm.
- Burda (Aspal dua lapisan), adalah lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi agregat yang pengerjaanya dilakukan dua kali secara berturut-turut dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
- Latasir (Lapisan tipis aspal pasir), adalah lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam yang begradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan secara terus menerus pada temperatur suhu tertentu dengan ketebalan padat 1-2 cm.
- Bursa (Laburan aspal), adalah lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan pasir yang memiliki ukuran butir maksimum 3/8”.
- Latabum (Lapisan tipis asbuton murni), adalah lapisan penutup yang terbuat dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan memiliki

perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan ketebalan padat maksimum 1 cm.

- Lataston (Lapis tipis aspal beton), yang biasanya dikenal dengan nama *Hot Roll Sheet (HRS)*, adalah lapisan penutup yang terbuat dari campuran antara agregat bergradasi timpang, dan mineral pengisi (*filler*) serta aspal keras dalam perbandingan yang ditentukan, yang dicampur serta dipadatkan dalam kondisi panas. Ketebalan padat antara 2,5-3 cm.

Macam-macam lapis permukaan yang telah dijelaskan di atas walaupun memiliki sifat nonstruktural, dapat meningkatkan ketahanan perkerasan terhadap kerusakan, sehingga dapat meningkatkan umur layan konstruksi perkerasan secara keseluruhan. Jenis perkerasan ini terutama digunakan untuk pemeliharaan jalan.

- b. Lapisan yang bersifat struktural, lapisan tersebut memiliki fungsi sebagai lapisan yang dapat menahan serta menyebarkan beban roda.

Lapisan struktural meliputi :

- Penetrasi Macadam (Lapen), adalah lapisan perkerasan yang terdiri dari campuran agregat pokok dan pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat dengan aspal, penggunaannya dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen biasanya diberi lapisan aspal dengan penutup agregat. Ketebalan lapisan pada setiap satu lapis bisa bervariasi dari 4-10 cm
- Lasbutag, merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak

yang diaduk, dihamparkan dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisannya antara 3-5 cm.

- Laston (Lapis aspal beton), adalah lapisan pada konstruksi perkerasan jalan terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang memiliki gradasi menerus untuk dicampurkan, lalu dilakukan penghamparan serta dipadatkan pada temperatur tertentu tertentu.

2. Lapisan pondasi atas (*Base Course*)

lapisan pondasi atas (*Base Course*) merupakan lapis perkerasan yang posisi letaknya diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. lapisan pondasi atas ini memiliki fungsi antara lain sebagai:

- komponen perkerasan yang menopang gaya lintang yang disalurkan dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan yang terdapat dibawahnya.
- Sebagai lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
- Sebagai alas terhadap lapisan permukaan

Tipe lapisan pondasi atas yang umum dipergunakan di Indonesia sebagai berikut ini:

- Batu pecah kelas A

Batu pecah kelas A adalah batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dan mutu dari batu pecah kelas A sangat baik dari pada mutu batu pecah kelas B dan kelas C

- Batu Pecah kelas B

adalah batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 80% mutu dari pada batu pecah kelas B ini sangat baik dari pada batu kelas C

- Batu kelas C

Batu kelas C adalah batu yang mempunyai nilai CBR 60% dari biasanya batu pecah ini lebih murah dibandingkan dengan batu pecah kelas A serta kelas B.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan perkerasan yang terdapat di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar disebut dengan pondasi bawah (*subbase*). Lapis ini memiliki fungsi sebagai:

- Salah satu Bagian dari konstruksi perkerasan yang berfungsi menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini mesti cukup kuat, memiliki CBR 20% dan Plastisitas Indeks (PI) > 10%.
- Penggunaan bahan yang efisien. Material pada pondasi bawah relatif murah dibandingkan lapis perkerasan yang berada di atasnya.
- Kurangi ketebalan lapisan di atasnya yang makin mahal.
- Lapisan resapan, supaya air di tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lapisan yang pertama, supaya pekerjaan dapat berjalan lancar. masalah ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutupi tanah dasar dari pengaruh iklim, atau lemahnya daya dukung tanah dasar dalam menopang roda alat berat.

Tipe lapis pondasi bawah yang biasanya dipakai di Indonesia

diantarany :

- a. Agregat bergradasi baik, dibedakan sebagai berikut:
 - Sirtu/pitrun kelas A
 - Sirtu/pitrun kelas B
 - Sirtu/pitrun kelas C
- b. Stabilisasi
 - Stabilisasi agregat beserta semen (*Cement Treated Subbase*)
 - Stabilisasi agregat beserta kapur (*Lime Treated Subbase*)
 - Stabilisasi tanah beserta semen (*Soil Cement Stabilization*)
 - Stabilisasi tanah beserta kapur (*Soil Lime Stabilization*)

4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setinggi 50-100 cm diatas tanah permukaan tanah akan diletakkan lapisan *sub-base* disebut lapisan tanah dasar. Tanah dasar dapat merupakan tanah asli yang diperoleh jika tanah asalnya baik, tanah yang diimpor dari tempat lain dan tanah yang dipadatkan atau distabilkan dengan kapur atau bahan lainnya. Pemadatan konstan sepanjang hidup rencana. Hal ini dapat dicapai dengan menyediakan drainase yang memadai serta memenuhi syarat.

Sebelum menempatkan lapisan lain, tanah dasar dipadatkan sehingga mencapai stabilitas tinggi terhadap perubahan volume. Kekuatan dan daya tahan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat daya dukung tanah dasar.

2.3 Metode Perencanaan Perkerasan Lentur

2.3.1 Dasar Perencanaan Perkerasan Lentur

Sebelum tahun 1920-an, desain perkerasan pada awalnya adalah penentuan ketebalan material lapis yang akan memberikan kekuatan dan perlindungan terhadap tanah dasar lunak, perkerasan yang dibuat untuk mencegah terjadi kegagalan geser tanah dasar. perencana menggunakan pengalaman berdasarkan keberhasilan dan kegagalan proyek sebelumnya, setelah mengalaminya lalu mengembangkannya menjadi beberapa metode seperti metode perencanaan perkerasan berdasarkan kuat geser tanah dasar.

Sejak itu, volume lalu lintas meningkat dan kriteria desain berubah. Sama pentingnya dengan menyediakan dukungan tanah dasar, mengevaluasi kinerja perkerasan sama pentingnya dengan melalui kualitas perjalanan dan tekanan permukaan yang meningkatkan tingkat kerusakan struktur perkerasan. Kekuatan menjadi titik fokus dari perencanaan perkerasan. Metode berdasarkan *serviceability* (indeks kualitas pelayanan perkerasan) yang dikembangkan berdasarkan percobaan *test track*. The AASHO Road Test pada tahun 1960-an melakukan sebuah eksperimen yang mana menjadi panduan desain AASHTO. Metode yang dikembangkan dari data uji laboratorium atau percobaan tes jalur di mana kurva model yang dilengkapi dengan data adalah contoh khas metode empiris. Meskipun metode ini mungkin menunjukkan akurasi yang baik, metode empiris hanya berlaku untuk bahan-bahan dan kondisi iklim dimana metode tersebut dikembangkan.

Sementara itu, material baru mulai digunakan dalam struktur perkerasan yang memberikan perlindungan tanah dasar yang baik, tetapi

dengan model kegagalan. Kriteria desain baru yang diperlukan untuk memasukkan mekanisme kegagalan tersebut (misalnya, kelelahan retak dan deformasi permanen dalam kasus beton aspal). Metode Asphalt Institute dan Metode Shell adalah contoh prosedur berdasarkan kelelahan retak aspal beton dan mode deformasi kegagalan permanen. Metode ini adalah yang pertama untuk menggunakan mekanika teori linear-elastis untuk menghitung respon struktur, dalam kombinasi dengan model empiris untuk memprediksi jumlah kegagalan untuk perkerasan lentur.

Dilemanya adalah bahwa bahan perkerasan tidak menunjukkan perilaku sederhana seperti diasumsikan dalam isotropik linear elastis-teori. Nonlinear, waktu dan tergantung temperatur, dan anisotropi adalah beberapa contoh fitur yang rumit yang sering diamati dalam bahan perkerasan. Dalam kasus ini, kemajuan pemodelan diperlukan untuk memprediksi kinerja mekanis. Pendekatan desain mekanistik didasarkan pada teori mekanika dan berhubungan dengan perilaku perkerasan struktural dan kinerja untuk beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Telah terjadi kemajuan dalam beberapa tahun terakhir pada bagian kecil dari masalah prediksi kinerja mekanistik, tetapi pada kenyataannya adalah metode mekanistik belum tersedia sepenuhnya dalam prakteknya untuk perencanaan perkerasan. Pada kenyataannya di lapangan metode yang digunakan adalah metode mekanistik empiris, yaitu metode campuran dari metode empiris dan metode mekanistik.

Jadi, secara umum ada tiga metode dalam perencanaan perkerasan lentur, yaitu metode empiris, metode mekanistik, dan metode mekanistik empiris.

2.3.2 Metode Empiris

Desain ini dikelompokkan menjadi 2 yakni desain empiris tidak menggunakan pengujian ketahanan pada tanah serta desain melakukan pengujian ketahanan pada tanah. Pemakaian desain tidak menggunakan pengujian ketahanan pada tanah bersumber pada perkembangan sistem klasifikasi tanah itu publik roads (PR) dimana tanah asli dikelompokkan sesuai jenis seperti A-1 s.d A-8 serta B-1 s.d B-3. Kemudian komposisi PR diperbarui oleh Highway Research Board (HRB) mereka mengelompokkan tanah dari A-1 s.d A-7 dan diberikan tambahan grup indeks agar memisahkan golongan pada tanah asli. Tahun 1929, desain empiris yang melakukan pengujian ketahanan awalnya dipakai California Highway Department. Terbal struktur perkerasan berkaitan pada test California Bearing Ratio (CBR).

Kelemahan desain ini ialah desain ini hanya bisa dilaksanakan di satu tempat serta keadaan pada pembebanan. Apabila adaperubahan keadaan. Maka desain empiris tidak bisa digunakan dan desain yang terbaru harus diciptakan agar dapat menyesuaikan dengan keadaan yang baru.

2.3.3 Metode Mekanistik

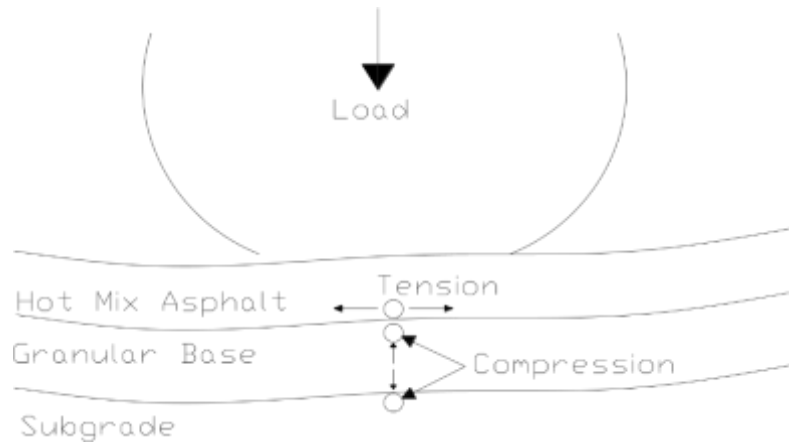
Metode mekanistik adalah suatu metode yang mengembangkan kaidah teoritis dari karakteristik material perkerasan, dilengkapi dengan perhitungan secara eksak terhadap respons struktur perkerasan terhadap beban sumbu kendaraan. Metode mekanistik mengasumsikan perkerasan jalan menjadi suatu struktur “multi-layer (elastic) structure” untuk perkerasan

lentur dan suatu struktur “*beam on elastic foundation*” untuk perkerasan lentur kaku. Akibat beban kendaraan yang bekerja di atasnya, yang dalam hal ini dianggap sebagai beban statis merata, maka akan timbul tegangan (stress) dan regangan (strain) pada struktur tersebut. Lokasi tempay bekerjanya tegangan/regangan maksimum akan menjadi kriteria perancangan tebal struktur perkerasan metode perancangan tebal perkerasan lentur secara mekanistik.

2.3.4 Metode Mekanistik –Empiris

Metode mekanistik-empiris adalah metode dengan pendekatan *hybrid* atau campuran. Model empiris yang digunakan untuk mengisi kesenjangan yang ada antara teori mekanik dan performa struktur perkerasan. Respon mekanistik sederhana yang mudah untuk dihitung dengan asumsi dan penyederhanaan (yaitu, materi homogen, analisis regangan kecil, pembebeanan statis seperti biasanya diasumsikan dalam teori elastis linear), tetapi ini tidak dapat digunakan untuk memprediksikan performa secara langsung, beberapa jenis model empiris dibutuhkan untuk membuat korelasi yang tepat. Metode mekanistik-empiris dianggap sebagai langkah penengah antara metode empiris dan metode mekanistik.

Metode desain mekanistik-empiris didasarkan pada mekanika bahan yang berhubungan dengan data yang diperlukan seperti beban roda, respon perkerasan, seperti tegangan dan regangan. Nilai respon digunakan untuk memprediksi tekanan dari tes laboratorium dan data kinerja lapangan. Sangat perlu dilakukan pengamatan pada kinerja perkerasan karena teori saja belum terbukti cukup untuk desain perkerasan secara realistis.



Gambar 2.3 Regangan pada perkerasan lentur
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

Penggunaan regangan tekan vertikal untuk mengontrol deformasi permanen didasarkan pada fakta bahwa regangan plastis sebanding dengan regangan elastis pada bahan perkerasan. Dengan demikian, dengan membatasi regangan elastis pada tanah dasar, regangan elastis pada bahan di atas tanah dasar juga dapat di kontrol atau dikendalikan, maka besarnya deformasi permanen pada permukaan perkerasan juga dapat dikendalikan dan dikontrol pada akhirnya.

keuntungan dari metode mekanistik adalah peningkatan reliabilitas dari desain, kemampuan untuk memprediksi jenis kerusakan, dan kemungkinan untuk memperkirakan data dari lapangan dan laboratorium yang terbatas. Sedangkan kelemahan desain secara mekanistik adalah penentuan karakteristik struktural bahan perkerasan lentur yang memerlukan alat uji mekanistik yang relatif mahal.

2.3.5 Metode Bina Marga Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017

Setiap tahunnya, perencanaan jalan di Indonesia terus berkembang. Diawali dengan metode analisis komponen pada tahun 1987, setelah itu dikembangkan lagi menghasilkan metode perkerasan lentur Pt T-01-2002-B. Metode ini mengadopsi metode AASHTO. Dalam rangka peningkatan mutu kinerja pada jalan, pemerintah membuat rancangan manual desain perkerasan jalan pada tahun 2013. Dan setelah itu dilakukan revisi pada tahun 2017 merupakan metode “Manual Desain Jalan dan Perkerasan”, No. 04/SE/Db/2017

MDP 2017 memuat peraturan teknik pada pelaksanaan pekerjaan dan pendesainan struktur jalan. Berisi tentang desain struktur perkerasan baru serta perawatan perkerasan. Beberapa barometer untuk menjadi peninjauan dalam perhitungan yaitu umur rencana, lalu lintas, faktor lajur, beban lalu lintas dan laju pertumbuhan lalu lintas.

a Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan perkerasan aspal dan lapisan berbutir <i>CTB</i>	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan untuk ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
Perkerasan Kaku	Cement Treated Base	Min 10
	Lapis Pondasi Atas, Lapis Pondasi Bawah, Lapis Beton Semen dan Pondasi Jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua Elemen	Min 10

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Dapat dilihat pada Tabel 2.2 hubungan antara umur rencana, jenis perkerasan dan elemen perkerasan. Untuk perkerasan yang direncanakan dengan umur 10 tahun, perkerasan tanpa penutup dapat di aplikasikan sedangkan untuk perkerasan umur 20 tahun, perkerasan lentur menjadi pilihan yang utama. Untuk perkerasan 28 dengan umur rencana 40 tahun lebih dianjurkan untuk menggunakan perkerasan kaku. Ketentuan dalam tabel diatas tidaklah mutlak. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi desain perkerasan seperti ketersediannya material lokal, beban lalu lintas, serta kondisi lingkungan sangat penting untuk dipertimbangkan.

b Lalu Lintas

b.1 Volume Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi. Ada dua elemen utama beban lalu lintas dalam desain yaitu : beban gender kendaraan komersial dan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar.

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survei yang diperoleh dari survei lalu lintas, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Survei dapat dilakukan secara manual mengacu pada pedoman survei pencacahan lalu lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama, atau hasil-hasil survei lalu lintas sebelumnya.

b.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data – data pertumbuhan series (historical growth data) atau formulasi korelasi dengan faktor – faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia maka tabel 2.3 dapat digunakan (2015 – 2035)

Tabel 2.3 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 menyajikan rumus sebagai berikut:

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

Dengan :

- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
- i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
- UR = Umur rencana (Tahunan)

b.3 Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Laju rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL)

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi- lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur- lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada tabel 2.4.

Beban desain pada lajur pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang persyaratan teknis jalan dan kriteria perencanaan teknis jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 2.4 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

b.4 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle*

Damage Factor). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 perhitungan beban lalu lintas dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang di desain, dan
2. studi jembatan timbang dan standard yang telah pernah dikeluarkan dan dilakukan sebelumnya juga telah di publikasikan serta dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.

Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada tabel 2.5 dan tabel 2.6 dapat digunakan untuk menghitung ESA. Tabel 2.5 menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012 – 2013. Data tersebut perlu diperbarui secara berkala sekurang – kurangnya setiap 5 bulan. Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat menggunakan data VDF masing – masing jenis kendaraan menurut tabel 2.6. Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), digunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) digunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton.

Tabel 2.5 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis Ken daraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	38,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Sumber : Manual Desain Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Tabel 2.6 Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan Yang Diangkut	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA/Kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua Kendaraan Bermotor	Semua Kendaraan Bermotor kecuali Sepeda Motor	VDF4 Pangkat 4	VDF4 Pangkat 5
1	1	Sepeda Motor	1.1		2	30.40			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan/Angkot/Pickup/Station Wagon	1.1		2	51.70	74.30		
5a	5a	Bus Kecil	1.2		2	3.50	5.00	0.30	0.20
5b	5b	Bus Besar	1.2		2	0.10	0.20	1.00	1.00
6a.1	6.1	Truk 2 Sumbu - Cargo Ringan	1.1	Muatan Umu	2	4.60	6.60	0.30	0.20
6a.2	6.2	Truk 2 Sumbu - Ringan	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2			0.80	0.80
6b1.1	7.1	Truk 2 Sumbu - Cargo Sedang	1.2	Muatan Umu	2			0.70	0.70
6b1.2	7.2	Truk 2 Sumbu - Sedang	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2			1.60	1.70
6b2.1	8.1	Truk 2 Sumbu - Berat	1.2	Muatan Umu	2			0.90	0.80
6b2.2	8.2	Truk 2 Sumbu - Berat	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2	3.80	5.50	7.30	11.20
7a1	9.1	Truk 3 Sumbu - Ringan	1.2.2	Muatan Umu	3			7.60	11.20
7a2	9.2	Truk 3 Sumbu - Sedang	1.2.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	3	3.90	5.60	28.10	64.40
7a3	9.3	Truk 3 Sumbu - Berat	1.1.2		3	0.10	0.10	28.90	62.20
7b	10	Truk 2 Sumbu dan Trailer Penarik 2 Sumbu	1.2-2.2		4	0.50	0.70	36.90	90.40
7c1	11	Truk 4 Sumbu - Trailer	1.2-2.2		4	0.30	0.50	13.60	24.00
7c2.1	12	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-2.2		5	0.70	1.00	19.00	33.20
7c2.2	13	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-2.2.2		5			30.30	69.70
7c3	14	Truk 6 Sumbu - Trailer	1.2.2-2.2.2		6	0.30	0.50	41.60	93.70

Sumber : Manual Desain Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

b. Beban Sumbuh Standar Kumulatif

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

Menggunakan VDF masing – masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R. \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

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

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

VDF_{JK} = faktor ekivalen beban (vehicle Damage Factor) tiap kendaraan niaga tabel 2.5 dan tabel 2.6.

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur (tabel 2.4)

$CESAL$ = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R = faktor pengalih pertumbuhan lalu lintas kumulatif

c. CBR Desain Tanah Dasar

Metode distribusi normal standar merupakan salah satu perhitungan CBR karakteristik, jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan :

CBR karakteristik = CBR rata – rata – f x deviasi standar

- $f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan
- $f = 1,282$ (probabilitas 90%), untuk jalan kolektor dan arteri
- $f = 0,842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil
- koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan.

d. Desain Pondasi Jalan

Berikut tabel untuk mencari tebal lapis pondasi jalan.

Tabel 2.7 Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 (3)	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

e. Desain Perkerasan

Untuk melakukan pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.8 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada discounted lifecycle cost terendah dan tentunya dengan melihat nilai CESA4 yang dihasilkan.

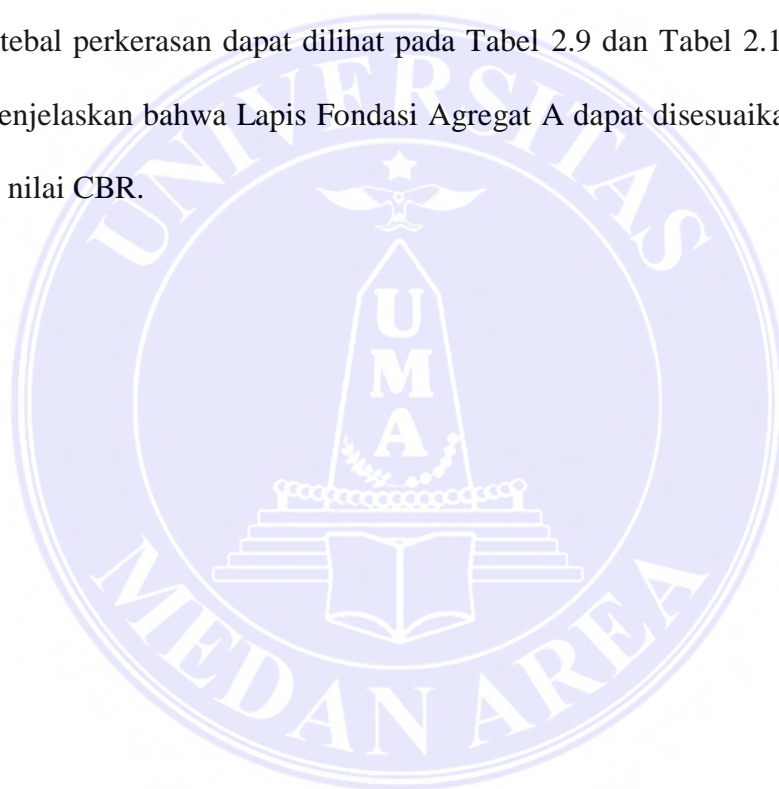
Tabel. 2.8 Ketentuan Pertimbangan Jenis Desain Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Aspal modifikasi direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (*wearing course*) pada jalan dengan repetisi lalu lintas selama 20 tahun >10 juta ESA. Tujuan penggunaan aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan, umur fatigue dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat beban lalu lintas berat.

Setelah menentukan jenis perkerasan maka dapat ditentukan tebal perkerasan yang diinginkan sesuai nilai CESA5. Untuk dapat mengetahui desain tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.9 dan Tabel 2.10. Tabel 2.10 menjelaskan bahwa Lapis Fondasi Agregat A dapat disesuaikan sesuai dengan nilai CBR.



Tabel 2.9 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir
(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)

STRUKTUR PERKERASAN										
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9	
Solusi yang dipilih						Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana(10 ⁶ ESA5)	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)										
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245	
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300	
Catatan	1		2			3				

Catatan Bagan Desain - 3B:

Sumber : Manual Desain Pakerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Tabel 2.10 Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar CBR $\geq 7\%$

(Hanya Untuk Bagian Desain - 3B)

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
TEBAL LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGIAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR $\geq 5.5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7- 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Sumber : Manual Desain Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

f. Karakteristik Material

Karakteristik modulus bahan berpegang (bounded material) dan tanah dasar ditunjukkan pada tabel 2.11, dan untuk material berbutir pada tabel 2.12. Karakteristik material ini bisa berfungsi untuk menentukan modulus elastisitas bahan material perkerasan.

Tabel 2.11 Karakteristik modulus bahan berpegang

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Poisson's Ratio	Koefisien Relatif (a)
HRS WC	800 MPa	0,40	Sesuai PdT-01-2002-B
HRS BC	900 MPa		
AC WC	1100 MPa		
AC BC (lapis atas)	1200 MPa		
AC Base atau AC BC (sebagai base)	1600 MPa		
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa retak (<i>post cracking</i>)	0,2 (mulus) 0,35 (retak) 0,45	
Tanah dasar (d disesuaikan musim)	10 x CBR (MPa)	(tanah kohesif) 0,35 (tanah non kohesif)	

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Tabel 2.12 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas

Tebal lapisan aspal di atas lapisan berbutir	Modulus bahan berbutir (MPa)	
	(Langsung di bawah lapis HRS)	(Langsung di bawah lapis AC: WC/BC/Base)
40 mm	350	350
75 mm	350	350
100 mm	350	350
125 mm	320	300
150 mm	280	250
175 mm	250	250
200 mm	220	210
225 mm	180	150
≥ 250 mm	150	150

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

2.4 Pemodelan Lapisan Perkerasan

Sistem lapis banyak atau model lapisan elastis dapat menghitung tekanan dan regangan pada suatu titik dalam suatu struktur perkerasan. Model ini berasumsi bahwa setiap lapis perkerasan memiliki sifat-sifat seperti homogen, isotropis dan linear elastis yang berarti akan kembali ke bentuk aslinya ketika beban dipindahkan. Dalam pemodelan lapis perkerasan jalan dengan model lapisan elastis ini diperlukan data input untuk mengetahui tegangan dan regangan pada struktur perkerasan dan respon terhadap beban. Paraamter-parameter yang digunakan adalah:

a. Parameter setiap lapis

- Modulus Elastis

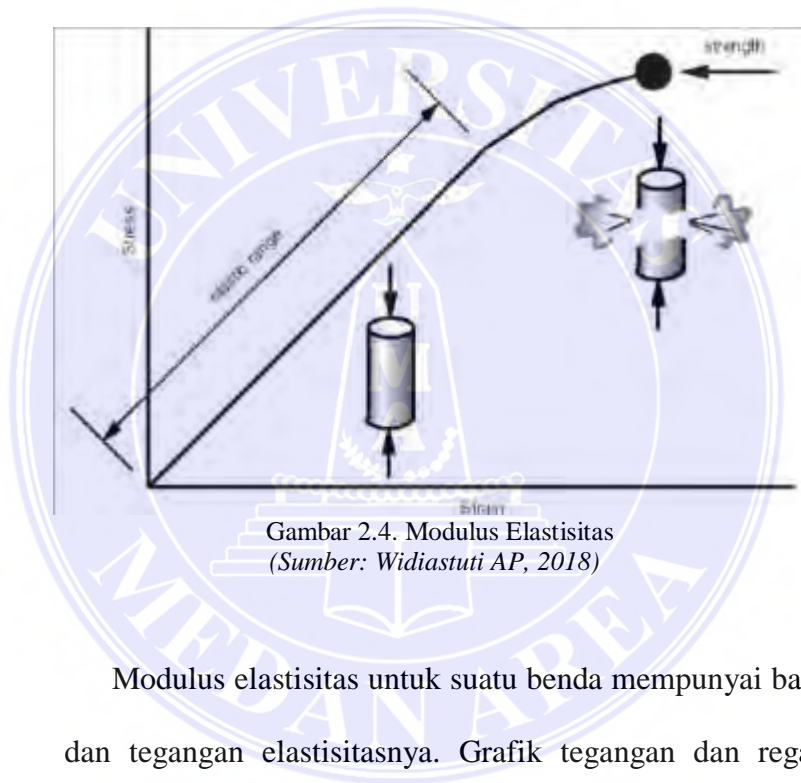
Hampir semua beban adalah elastis, artinya dapat kembali ke bentuk aslinya setelah diregangkan atau di tekan. Modulus elastis

adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda. Modulus elastisitas biasa disebut juga Modulus Young dan dilambangkan dengan E.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2.20)$$

E = Modulus Elastisitas ; Psi atau kPa

σ = Tegangan ; kPa ϵ = Regangan



Gambar 2.4. Modulus Elastisitas
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

Modulus elastisitas untuk suatu benda mempunyai batas regangan dan tegangan elastisitasnya. Grafik tegangan dan regangan dapat dilihat pada gambar 2.9. batas elastisitas suatu bahan bukan sama dengan kekuatan bahan tersebut menanggung tegangan atau regangan, melainkan suatu ukuran dari seberapa baik suatu kembali ke ukuran dan bentuk aslinya.

Tabel 2.13. Nilai-nilai Elastisitas

	Modulus Elastisitas	
	Psi	Kpa
Permata	170000000	1200000000
Baja	30000000	210000000
Aluminium	10000000	7000000
Kayu	1000000 – 2000000	7000000 – 14000000
Batu	20000 – 40000	140000 – 280000
Tanah	5000 – 20000	35000 – 14000
karet	1000	7000

Sumber : Huang, 2004

Tabel 2.14. Nilai Elastisitas Tipikal

Material	Modulus Elastisitas	
	Psi	Kpa
Cement treated granular base	1000000 – 2000000	7000000 – 14000000
Cement aggregate mixtures	500000 – 1000000	3500000 – 7000000
Asphalt treated base	70000 – 450000	4900000 – 3000000
Asphalt concrete	20000 – 2000000	140000 – 14000000
Bituminous stabilized mixture	40000 – 300000	280000 – 2100000
Lime stabilized	20000 – 70000	140000 – 490000
Unbound granular materials	15000 – 45000	105000 – 315000
Fine grained or natural subgrade material	3000 – 40000	21000 – 280000

Sumber : Huang, 2004

- Poisson Ratio

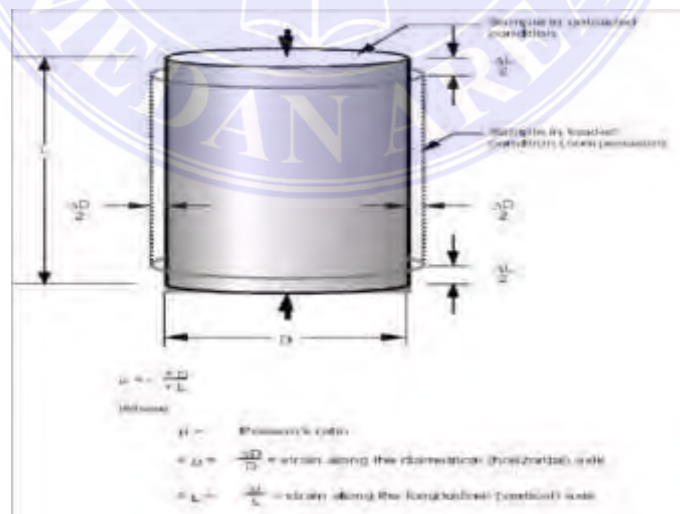
Salah satu parameter penting yang digunakan dalam analisa elastis dari sistem perkerasan jalan adalah perbandingan poisson ratio. Perbandingan poisson digambarkan sebagai rasio garis melintang sampai regangan bujur dan satu spesimen yang dibebani. Konsep ini

digambarkan di dalam Gambar. Di dalam terminologi realistik, perbandingan poisson dapat berubah-ubah pada awalnya 0 sampai sekitar 0.5 (artinya tidak ada volume berubah setelah dibebani)

Tabel 2.15. Nilai Poisson Ration

Material	Poisson ratio
Baja	0.25 – 0.3
Aluminium	0.33
PCC	0.15 – 0.2
<i>Perkerasan lentur</i>	
Asphalt concrete	0.35 (±)
Batu pecah	0.40 (±)
Tanah (gradasi baik)	0.45 (±)

Huang, 2004



Gambar 2.5. Poisson Ratio

Sumber : Haryatmo Hary Christadi, 2015

b. Ketebalan Lapisan

Ketebalan setiap lapisan diperlukan dalam teori sistem lapis banyak sebagai input dalam penyelesaian menggunakan program. Ketebalan setiap lapis satuan cm atau inch.

c. Kondisi beban

Data ini terdiri dari beban roda, P (KN/Lbs), tekanan ban, q (Kpa/Psi) dan khusus untuk sumbu roda belakang, jarak antara roda ganda, d (mm/inch). Nilai q dan nilai d pada prinsipnya dapat ditentukan sesuai dengan data spesifikasi teknik dari kendaraan yang digunakan. Sedangkan nilai P dipengaruhi oleh belakang dan pada sumbu roda depan juga berbeda. Dengan metode analitis kedua beban sumbu roda depan dan sumbu roda belakang dapat dianalisis secara bersamaan. Analisis struktural perkerasan yang akan dilakukan pada langkah selanjutnya juga memerlukan jari-jari bidang kontak, a (mm,inch) antara roda bus dan permukaan perkerasan yang dianggap berbentuk lingkaran.

$$a = \sqrt{\frac{P}{\pi \times q}} \dots \dots \dots (2.21)$$

a = jari-jari bidang kontak

P = beban kendaraan

q = tekanan beban

Nilai yang dihasilkan dari permodelan lapis perkerasan dengan sistem lapis banyak adalah nilai tegangan, regangan, dan lendutan.

- a. Tegangan intensitas internal di dalam struktur perkerasan pada berbagai titik. Tegangan satuan gaya per daerah satuan (N/m^3 , Pa atau psi)
- b. Regangan, pada umumnya menyatakan sebagai rasio perubahan bentuk dari bentuk asli (mm/mm atau in/in). Karena regangan di dalam perkerasan adalah sangat kecil, dinyatakan dalam microstrain (10^{-6})
- c. Defleksi/lendutan, perubahan linear dalam suatu bentuk. Defleksi dinyatakan di dalam satuan panjang (μm atau inchi atau mm)

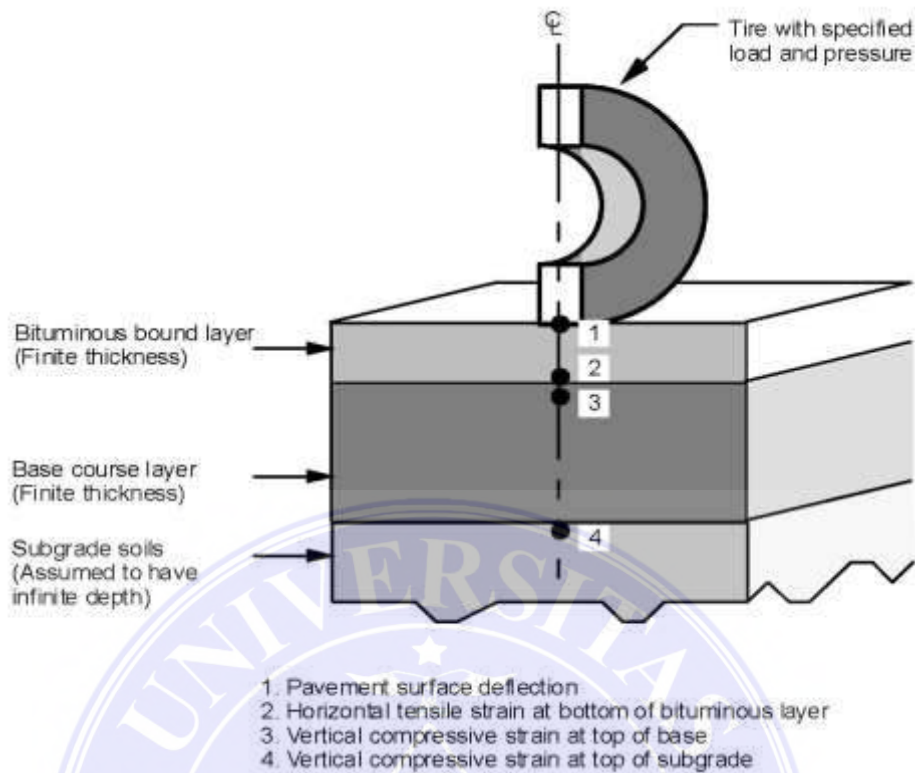
Penggunaan program komputer analisis lapisan elastis akan memudahkan untuk menghitung tegangan, regangan, dan defleksi di berbagai titik dalam suatu struktur perkerasan.

Beberapa titik penting yang biasa digunakan dalam analisa perkerasan adlahan sebagai berikut:

Tabel 2.16. analisa struktur perkerasan

Lokasi	Respon	Analisa struktur perkerasan
Permukaan perkerasan	Defleksi	Digunakan dalam desai lapis tambah
Bawah lapisan perkerasan	Regangan tarik horizontal	Digunakan untuk memprediksi retak fatik pada lapis permukaan
Bagian atas tanah dasar/bawah lapis pondasi bawah	Regangan tekan vertikal	Digunakan untuk memprediksi kegagalan <i>rutting</i> yang terjadi

Sumber : Huang, 2004



Gambar 2.6. lokasi analisa struktur perkerasan
Sumber : Huang, 2004

2.5 Analisa Kerusakan Perkerasan

Analisa kerusakan perkerasan yang akan dibahas adalah retak fatik (*fatigue cracking*) dan rutting. Kerusakan perkerasan disebabkan oleh beban kendaraan. Jenis kerusakan retak fatik dilihat berdasarkan nilai ragangan tarik horizontal pada lapis permukaan aspal bagian bawah akibat beban pada permukaan perkerasan dan jenis kerusakan rutting dilihat berdasarkan nilai regangan tekan di bagian atas lapis tanah dasar atau di bawah lapis pondasi bawah. Dari nilai kedua jenis kerusakan struktur tersebut dapat diketahui jumlah repetisi beban (N_f) berdasarkan nilai regangan tarik horizontal bagian bawah lapis permukaan aspal dan nilai regangan tekanan di bawah lapis pondasi bawah atau di atas tanah dasar. Ada beberpa

persamaan yang telah di kembangkan untuk memprediksi jumlah repetisi beban ini, antara lain persamaan dari *The Asphalt Institute*, *Shell*, dan persamaan yang dirumuskan oleh *finn et al.*

2.5.1 Retak Lelah (*Fatigue cracking*)

Kerusakan retak fatig meliputi bentuk perkembangan dari retak dibawah beban berulang dan kegagalan ini biasanya ditemukan saat permukaan perkerasan tertutup oleh retakan dengan persentase yang tinggi.

Pembebanan ulang yang terjadi terus menerus dapat meyebabkan material menjadi lelah dan dapat menimbulkan *cracking* walaupun tegangan yang terjadi masih dibawah batas *ultimate*-nya. Untuk material perkerasan, beban berulang berasal dari lintasan beban (as) kendaraan yang terjadi secara terus menerus, dengan intensitas yang berbeda-beda dan bergantung kepada jenis kendaraan dan terjadi secara random.

Rumus dlam penentuan kegagalan retak lelah pada struktur perkerasan lentur agar mengetahui nilai repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan adalah sebagai berikut:

$$N_f = 0.0796 (\epsilon_t)^{-3.291} (E)^{-0.854} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

N_f = jumlah repetisi beban

ϵ_t = regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan

E_{AC} = modulus elastis lapis permukaan

2.5.2 Retak Alur (*rutting*)

Retak alur “*rutting*” yang terlihat pada permukaan perkerasan, merupakan akumulasi dari semua deformasi plastis yang terjadi, baik dari lapis beraspal, lapis agregat (pondasi) dan lapis tanah dasar. Kriteria “*rutting*” merupakan kriteria kedua yang digunakan dalam metode Analisis-Mekanistik, untuk menyatakan keruntuhan struktur perkerasan akibat beban bertulang. Nilai *rutting* maksimum harus dibatasi, agar tidak membahayakan bagi pengendara saat melalui lokasi *rutting* tersebut, terutama pada kecepatan tinggi. Deformasi plastis pada campuran beraspal, akibat pembebanan berulang, dapat diukur di laboratorium menggunakan beberapa macam alat. Sedangkan “*total rutting*” harus dihitung untuk seluruh struktur perkerasan, mulai dari lapis permukaan, lapis pondasi sampai lapis tanah dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 65% dari “*total rutting*” diakibatkan oleh penurunan (*settlement*) yang terjadi pada tanah dasar, sehingga *critical value* kedua dalam metode Analisis-Mekanistik adalah “*compression strain*” yang terjadi pada titik teratas dari lapis tanah dasar.

Deformasi permanen dapat diketahui setiap lapisan dari struktur, membuat lebih sulit untuk memprediksi dibanding retak lelah. Ukuran kegagalan yang ada di maksudkan untuk alur bahwa dapat ditunjukkan kebanyakan pada suatu struktur perkerasan yang lemah. Ini adalah pada umumnya dinyatakan dalam kaitannya dengan menggunakan istilah regangan vertikal (ϵ_v) yang berada di atas dari lapisan tanah dasar.

Persamaan untuk mengetahui jumlah repetisi bahan berdasarkan regangan tekan di bawah lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut :

$$N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4.477} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

N_d = jumlah repetisi beban

ϵ_c = regangan tekan pada bagian bawah lapis pondasi bawah

2.6 Program KENPAVE

Software ini terbagi dalam empat program yang terpisah dan ditambah dengan beberapa program untuk menunjukkan grafis, keempat program tersebut antara lain yaitu LAYERINP, KENLAYER, SLABINP, dan KENSLAB. LAYERINP dan KENLAYER merupakan program analisis untuk perkerasan lentur, sedangkan SLABINP dan KENSLAB merupakan program analisis untuk perkerasan kaku.

2.6.1 Perkembangan Program KENPAVE

Program KENPAVE yang menyertai buku Yang Huang Edisi Kedua 'Pavement Analisis dan Desain', adalah versi Windows pengganti empat program DOS dari LAYERINP, KENLAYER, SLABSINP, dan KENSLABS yang menyertai buku edisi pertama yang diterbitkan pada tahun 1993. Kontrol program KENPAVE adalah pada layar utama yang dapat melakukan berbagai fungsi. Setelah file data dibuat dan diberi nama (atau berganti nama), seluruh analisis dan desain dapat diselesaikan hanya

dengan mengklik tombol atau menu tanpa keharusan untuk mengetik nama file lagi.

File data yang disiapkan oleh KENPAVE sedikit berbeda dari program-program sebelumnya. Sebagai contoh, program-program lama hanya dapat menggunakan unit bahasa Inggris, sementara KENPAVE dapat menggunakan salah satu unit bahasa Inggris atau SI. Dalam unit Inggris, program-program lama yang digunakan pci untuk satuan berat, sementara KENPAVE digunakan PCF. Namun, pada LAYERINP untuk perkerasan lentur dan SLABSINP untuk perkerasan kaku dapat mengkonversi file lama secara otomatis ke format baru sehingga file data lama masih dapat digunakan untuk menjalankan KENLAYER dan KENSLABS.

2.6.2 Instalasi Program

Program ini disimpan dalam CD dan terdiri dari lima file: setup.exe, Setup.lst, KENPAVEI.CAB, KENPAVE2.CAB, dan KENPAVE3.CAB. Program ini dapat diinstal pada setiap komputer dengan Windows 95 atau lebih tinggi. Prosedur untuk menginstal KENPAVE dijelaskan seperti di bawah ini:

1. Masukkan disk ke dalam CD Drive, Klik tombol Start, kemudian klik Run, dan akan keluar menu pada tampilan.
2. Ketik drive pertama diikuti oleh SETUP (misalnya D:\SETUP), kemudian klik OK, dan akan muncul pengaturan layar dengan beberapa petunjuk.

3. Disarankan semua file yang diinstal akan disimpan dalam direktori bawaan yaitu pada direktori C:\KENPAVE. tapi, dapat mengganti default dan menyimpannya dalam direktori yang anda inginkan.
4. Ikuti petunjuk pada layar sampai muncul pesan "KENPAVE Setup was completed succesfully". Selama instalasi, jika pesan " A file being copied is older than the file in your system . Do you want to keep this file? " muncul, cukup klik "Ya" seperti yang direkomendasikan. Jika pesan kesalahan muncul untuk file tertentu, klik tombol Abaikan dan biarkan instalasi dilanjutkan. Sistem mungkin sudah memiliki file, atau file tujuan mungkin ditulis untuk dilindungi.
5. Jalankan KENPAVE dengan mengklik tombol Start, kemudian arahkan ke Programs dan KENPAVE, dengan mengklik KENPAVE akan keluar layar utama KENPAVE.

Setelah instalasi, total 30 file akan disimpan di direktori KENPAVE, di antaranya adalah KENPAVE.EXE, KENLAYER.EXE, KENSLABS EXE, LARGE.EXE (KENSLABS dengan memori besar), 12 file data dalam satuan Inggris, 12 file data dalam satuan SI, datapath digunakan untuk drop-down box, dan ST6UNST untuk menguninstall program. Untuk menghapus program dari komputer, klik start, klik Kontrol Panel. Kemudian klik dua kali Add / Remove Programs ikon, dan keluar tampilan untuk semua program yang diinstal, termasuk KENPAVE, akan ditampilkan. Setelah mengklik KENPAVE dan kemudian klik pada Add\Remove.

2.6.3 Tampilan Utama Program KENPAVE



Gambar 2.7 Tampilan Awal KENPAVE
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

Gambar 2.17 menunjukkan tampilan utama KENPAVE, yang terdiri dari dua menu pada bagian atas dan 11 menu di bagian bawah. Tiga menu pada bagian kiri digunakan untuk perkerasan lentur, dan lima menu pada bagian kanan untuk perkerasan kaku, dan sisanya tiga untuk tujuan umum.

2.6.4 Menu-menu pada Program KENPAVE

- Data Path

Pada sebelah kiri di bagian ujung atas terdapat kotak Data Path yang merupakan direktori tepat penyimpanan data. Nama yang umum pada direktori adalah default C:\KENPAVE \ sebagai mana terdaftar pada proses instalasi. Jika ingin membuat direktori baru untuk menyimpan data file yang dibuat, Anda dapat mengetikkan

nama direktori (mis C:\ABC \) di kotak Jalur data. Setelah LAYERINP atau SLABSINP diklik, direktori baru akan dibuat dan muncul sebagai item pertama dalam kotak data path. Jika Anda ingin membuat file data yang ada selain direktori C:\KENPAVE\, Anda dapat mengetikkan nama direktori. Semua file data dalam direktori tersebut dengan extension. DAT akan ditampilkan dalam menu Filename yang berada di sebelah kanan. Namun, kotak nama file akan tetap kosong, jika tidak ada file dengan ekstensi DAT di direktori data.

- **Filename**

Pada menu filename akan ditampilkan sebuah file baru yang diciptakan oleh LAYERINP atau SLABSINP, kita tidak perlu mengetik nama di kotak Filename karena file yang dibuat akan otomatis ada pada menu filename. Semua file data harus memiliki ekstensi DAT. Nama file ditampilkan dalam kotak juga akan digunakan dalam file lain yang dihasilkan selama pelaksanaan KENLAYER atau KENSLABS. Untuk file yang ada untuk diedit, dapat mengetikkan nama file atau menggunakan daftar drop-down box untuk menemukan nama file.

- **Help**

Pada Setiap layar menu terdapat menu 'help' yaitu bantuan yang menjelaskan parameter input dan penggunaan yang tepat dari program.

- Editor

EDITOR dapat digunakan untuk memeriksa, mengedit, dan cetak data file, untuk pengguna pemula dengan pengaturan file data, penggunaan LAYERINP atau SLABINP sebagai editor sangat dianjurkan. Jika pengguna yang berpengalaman, mungkin ingin membuat beberapa perubahan sederhana dalam file data dengan EDITOR karena dapat memasukkan file lebih cepat dan melihat isi dari seluruh file, bukan melalui serangkaian layar dengan menggunakan LAYERINP atau SLABSINPEXIT. Setelah semua analisis yang diinginkan telah selesai, klik 'EXIT' untuk menutup KENPAVE.

- Layerinp dan Slabsinp

LAYERINP atau SLABSINP digunakan untuk membuat data file sebelum KENLAYER atau KENSLABS dapat dijalankan.

- Kenlayer dan Kenslabs

KENLAYER atau KENSLABS merupakan program utama untuk analisis perkerasan dan dapat dijalankan hanya setelah file data telah diisi. Program ini akan membaca dari file data dan memulai eksekusi. Selama eksekusi, beberapa hasil akan muncul di layar untuk memberitahu bahwa program ini berjalan.

- LGRAPH atau SGRAPH

LGRAPH atau SGRAPH dapat digunakan untuk menampilkan grafik rencana dan penampang perkerasan dengan beberapa informasi tentang input dan output.

- Contour

Menu ini berguna untuk plot kontur tekanan atau momen dalam arah x atau y. plot contour adalah untuk perkerasan kaku.

2.6.5 Program KENLAYER

Program komputer KENLAYER ini hanya bisa diaplikasikan pada jenis struktur pada perkerasan lentur atau tidak menggunakan sambungan seperti struktur pada perkerasan kaku. Pada Program KENLAYER difungsikan untuk menentukan rasio kerusakan memakai model tegangan. model tegangan pada program KENLAYER yaitu retak serta perbuhana bentuk pada struktur. Versi tegangan bisa dipakai untuk memperkirakan umur perkerasan baru dengan memperkirakan bentuk struktur pada jalan. Jika reliabilitas atau kemampuan untuk distress tertentu lebih kecil dari tingkat minimum yang dibutuhkan, konfigurasi perkerasan yang diasumsikan harus diubah.

a. Dasar teori program KENLAYER

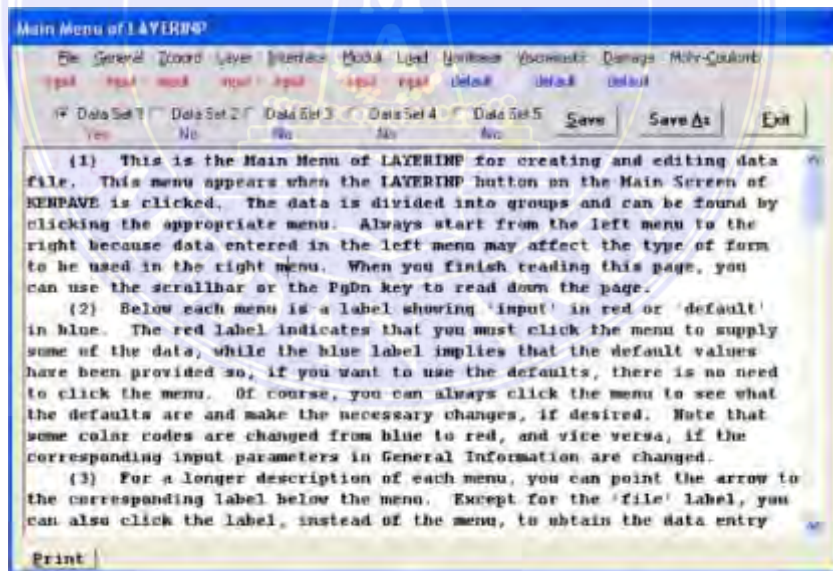
Dasar dari program KENLAYER ini adalah teori sistem lapis banyak. Teori sistem lapis banyak adalah metode mekanistik dalam perencanaan perkerasan lentur sebagaimana yang telah diuraikan di BAB dua. KENLAYER dapat diaplikasikan pada perilaku tiap lapis yang berbeda,

seperti linear, non linear atau viskoelastis. Dan juga empat jenis sumbu roda, yaitu sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda, sumbu tandem dan sumbu triple. Pada program KENLAYER dimulai dengan input data melalui menu LEYERINP pada program KENPAVE.

b. Menu-Menu Pada LAYERINP Pogram KENLAYER

b.1 Tampilan LAYERINP

Gambar 2.18 menunjukkan tampilan menu LAYERINP. Pada LAYERINP ada 11 menu. Dari setiap menu harus diisi dengan data yang ada. Namun, ada menu-menu yang default yang artinya tidak perlu diisi Karena dengan otomatis akan menyesuaikan dengan data yang diisi.



Gambar 2.8. Tampilan Layar LAYERINP
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

Berikut ini adalah penjelasan dari menu – menu yang ada di dalam LAYERINP, yaitu:

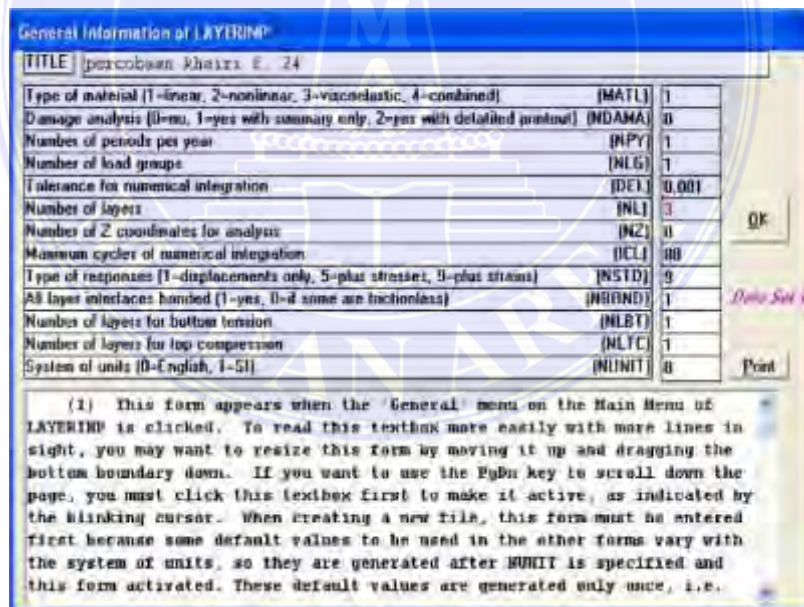
➤ File

Menu ini untuk memilih file yang akan diinput. New untuk file baru dan Old untuk file yang sudah ada.

➤ General

Dalam menu General terdapat beberapa menu yang harus diinput:

- Title : Judul dari analisa.
- MATL : Tipe dari material. (1) jika seluruh lapisan merupakan linear elastis, (2) jika lapisan merupakan non linear elastis, (3) jika lapisan merupakan viskoelastis, (4) jika lapisan merupakan campuran dari ketiga lapisan di atas.



Gambar 2.9. Tampilan Menu General
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

- NDAMA : Analisa kerusakan. (0) jika tidak ada kerusakan analisis, (1) terdapat kerusakan analisis, ada hasil printout,

(2) terdapat kerusakan analisis, ada hasil printout lebih detail.

- DEL : Akurasi hasil analisa. Standar akurasi 0.001.
- NL : Jumlah layer / lapis, maksimum 19 lapisan
- NZ : Letak koordinat arah Z yang akan dianalisa. Jika NDAMA =1 atau 2, maka NZ = 0 karena program akan menganalisa di koordinat yang mengalami analisa kerusakan.
- NSTD : (1) untuk vertikal displacement, (5) untuk vertikal displacement dan nilai tegangan, (9) untuk vertikal displacement, nilai tegangan dan nilai regangan.
- NBOND : (1) jika antar semua lapis saling berhubungan / terikat, (2) jika tiap antar lapisan tidak terikat atau gaya geser diabaikan.
- NUNIT : Satuan yang digunakan. (0) satuan English, (1) satuan SI.

Tabel 2.17 Satuan English dan SI

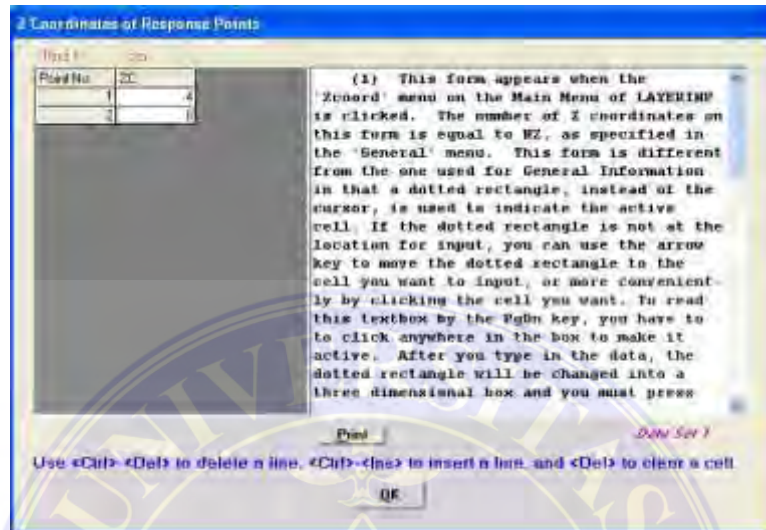
Satuan	Satuan English	Satuan SI
Panjang	Inch	cm
Tekanan	Psi	kPa
Modulus	Psi	kPa

Sumber : Khairi Fadhlan, 2013

➤ Zcoord

Jumlah poin yang ada dalam menu ini sama dengan jumlah NZ pada menu General. ZC adalah jarak vertikal atau jarak dalam

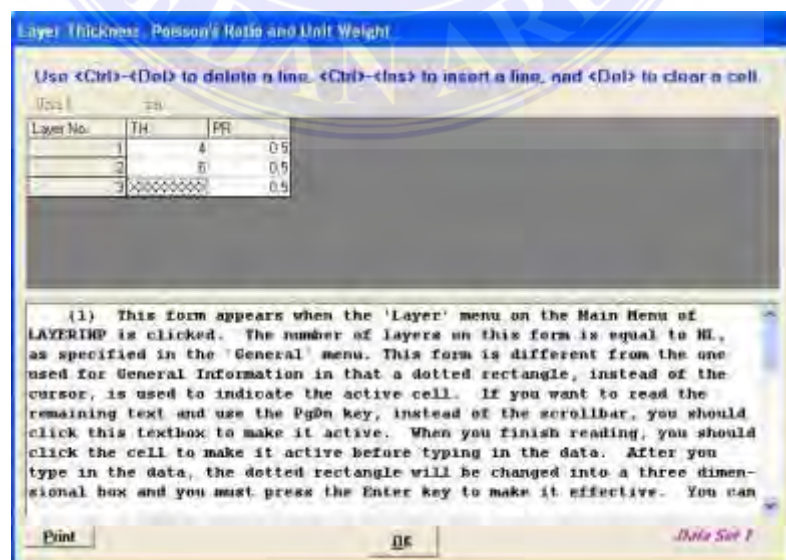
arah Z dimana jarak tersebut yang akan dianalisa oleh program. Contoh seperti dalam gambar, hal itu berarti yang akan dianalisa oleh program adalah pada kedalaman 4 inch dan 6 inch.



Gambar 2.10 Tampilan Layar zcoord
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

➤ Layer

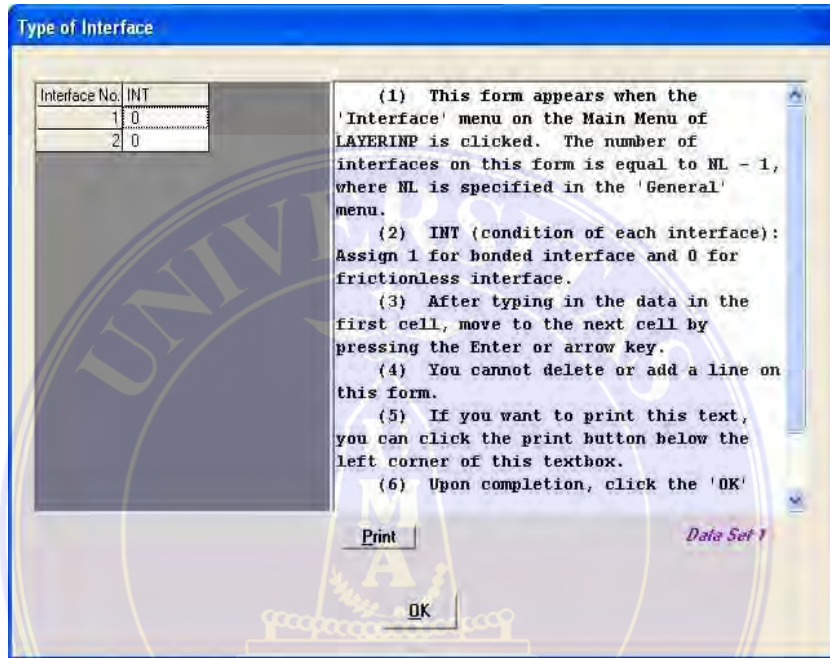
Jumlah layer yang ada dalam menu ini sama dengan jumlah NL pada menu General. TH adalah tebal tiap layer /lapis. PR adalah Poisson's Ratio tiap layer



Gambar 2.11. Tampilan Layar Layer
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

➤ Interface

Menu interface ini berkaitan dengan NBOND yang ada dalam menu General. Jika NBOND = 1, maka menu interface akan default. Jika NBOND = 2, maka menu interface akan keluar seperti pada gambar 2. 22.



Gambar 2.12 Tampilan Layar Interface
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

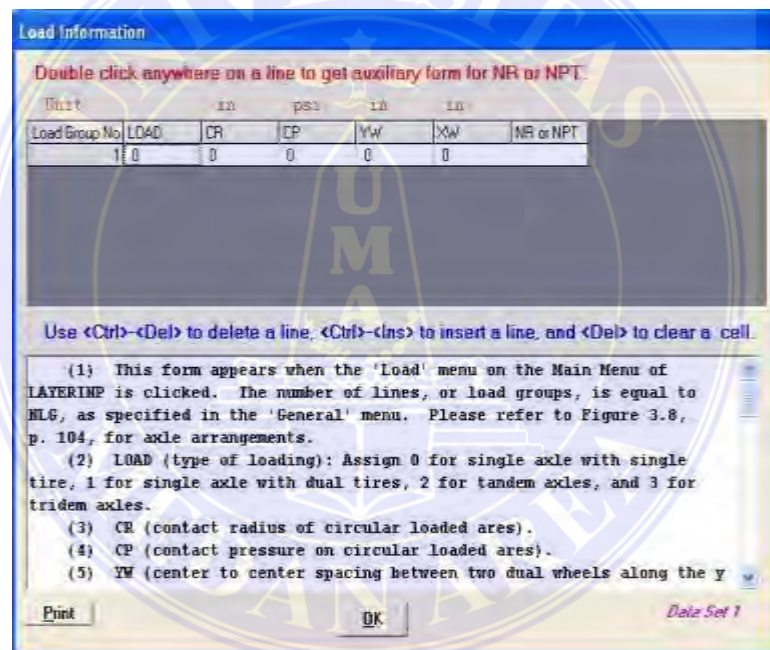
➤ Moduli

Jumlah period dalam menu ini sama dengan jumlah NPY dalam menu General. Maksimal period dalam menu ini adalah 12. E adalah modulus elastisitas tiap layer.

➤ Load

Jumlah unit yang ada dalam menu ini sama dengan jumlah NLG dalam menu General. Untuk kolom Load (0) untuk sumbu tunggal roda tunggal, (1) untuk sumbu tunggal roda ganda, (2)

untuk sumbu tandem, (3) untuk sumbu triple. Kolom CR adalah radius kontak pembebanan. Kolom CP adalah nilai beban. Kolom YW dan XW merupakan jarak antar roda arah y dan arah x. Jika kolom Load = 0, maka kolom YW dan XW = 0. Kolom NR dan NPT. Kolom YW dan XW adalah jarak antara roda arah y dan arah x. Apabila kolom Load = 0, maka kolom YW dan XW = 0. Kolom NR dan NPT



Gambar 2.13. Tampilan Layer Load
(Sumber: Widiastuti AP, 2018)

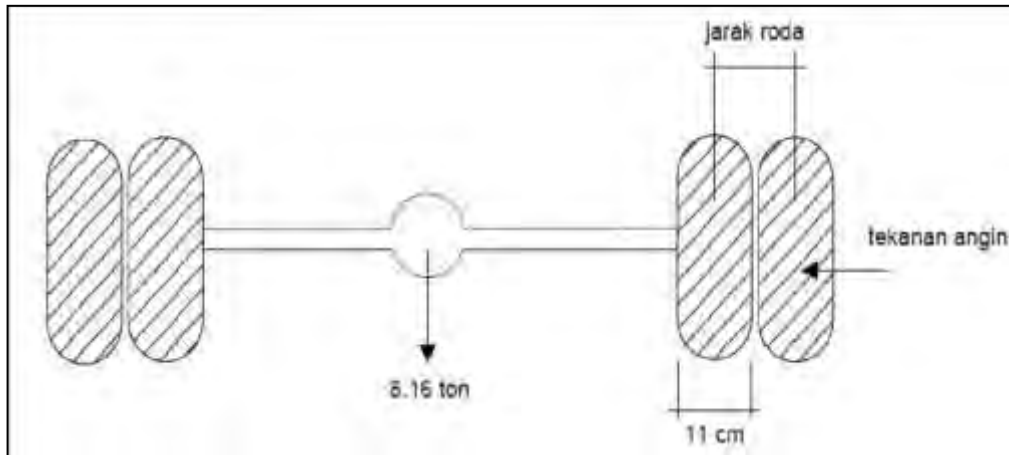
- Parameter lain seperti Nonlinear, Viscoelastic, Damage, MohrCoulomb akan mengikuti nilai dengan sendirinya sesuai dengan input nilai yang dimasukkan sebelum data ini.

2.6.6 Data Masukan (Input Program KENVAPE)

Data yang dibutuhkan untuk input kedalam program KENPAVE yaitu data struktur perkerasan yang berhubungan dengan desain tebal struktur perkerasan menggunakan metode mekanistik teori sistem lapis banyak Data ini meliputi; modulus elastisitas, rasio poisson, tebal lapisan perkerasan, dan kondisi beban. Nilai Modulus elastisitas mulai dari lapisan permukaan hingga tanah asli. Nilai ini telah ditentukan pada perencanaan dengan mengguna desain Bina Marga. Nilai rasio Poisson ditentukan dengan menggunakan metode MDP 2017. Data tebal perkerasan dari tebal lapis dihitung menggunakan metode MDP 2017

Data kondisi beban terdiri dari data beban roda $P(\text{KN/lbs})$, data tekanan ban $q(\text{Kpa/psi})$, data jarak antara roda ganda $d(\text{cm / inch})$, dan data jari-jari bidang kontak $a(\text{cm/inch})$. Pada penelitian ini digunakan data kondisi beban berdasarkan data yang digunakan di Indonesia sebagai berikut:

- Beban kendaraan Sumbu standar 18.000 pon/8.16 ton
- Tekanan Roda satu ban 0,55 MPa = 5,5 kg/cm²
- Jari-jari bidang kontak 110 mm atau 11 cm
- Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda = 33 cm



Gambar 2.14. Sumbu standar Ekvivalen di Indonesia
sumber : Silvia Sukirman, 2010

2.6.7 Data Keluaran (*Output Program*)

Setelah semua data yang diperlukan dimasukkan kedalam program KENPAVE maka program akan menjalankan analisis perkerasan. Keluaran dari program ini adalah tegangan, regangan, dan lendutan. Ada sembilan keluaran dari program ini yaitu *vertical deflection*, *vertical stress*, *major principal stress*, *minor principal stress*, *intermediate principal stress*, *vertical strain*, *major principal strain*, *minor principal strain*, dan *horizontal principal strain*. Pada penelitian ini output yang digunakan adalah *vertical strain* dan *horizontal principal strain* untuk selanjutnya digunakan dalam menghitung jumlah repetisi beban berdasarkan analisa kerusakan *fatigue* dan *rutting*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi pelaksanaan penelitian akan dilakukan pada pelaksanaan proyek pembangunan Peningkatan Struktur Jalan Provinsi ruas jalan Sp. Tanjung Kasau - Bandar Masilam (Batas Kab. Simalungun) Kab. Batubara , Seperti terlihat dalam gambar 3.1. dibawah ini.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian



Gambar 3.2 Denah Lokasi Penelitian

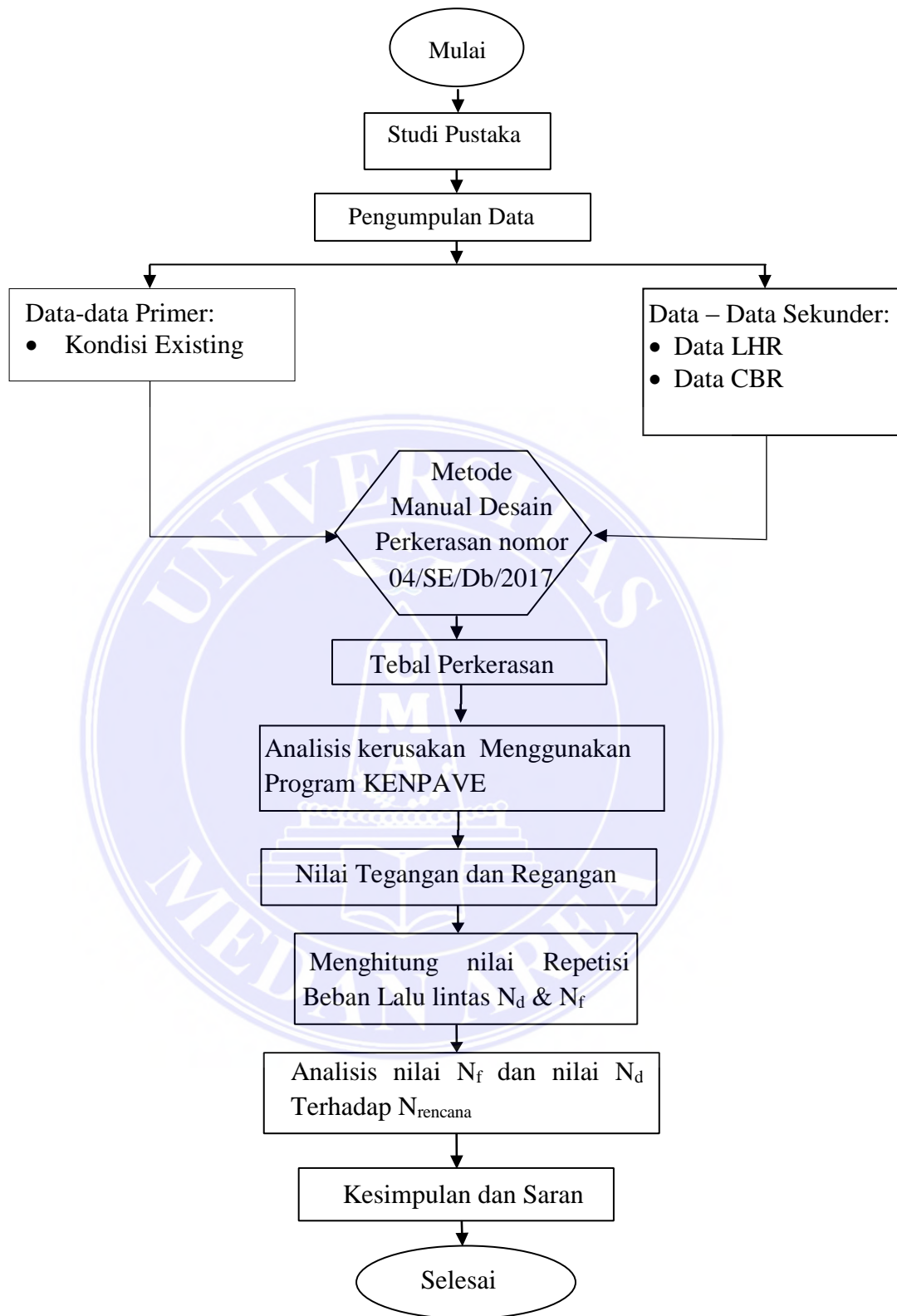
3.2 Tinjauan Umum

Metodologi pada tugas akhir ini berisi kajian analisis tebal perkerasan lentur dan nilai repetisi beban retak lelah (n_f), repetisi beban retak alur (n_d) dengan menggunakan program kenpave metodologi analisis yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan studi umum yang berhubungan dengan struktur perkerasan, metode perencanaan, dan analisa kerusakan fatik dan ruting pada perkerasan lentur.
- b. Menentukan kebutuhan data yang akan di olah menggunakan metode yang sudah ditentukan
- c. Survey pada instansi-instansi yang dapat dijadikan narasumber data
- d. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi proyek
- e. Perencanaan tebal lapis perkerasan lentur dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017
- f. Evaluasi tebal perkerasan yang dihasilkan metode Bina Marga dengan menggunakan program KENPAVE.
- g. Analisa repetisi beban yang dihasilkan program KENPAVE dengan repetisi beban rencana.
- h. Pengambilan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya

3.3 Tahap Perencanaa

Tahapan ini memberi gambaran mengenai langkah awal hingga akhir penyusunan skripsi. Tahapan perencanaan dapat dituangkan dalam bentuk diagram alur yang tersusun sebagai berikut:



Gambar.3.3 Diagram Alur Penelitian

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Dalam pengumpulan data, peranan instansi yang terkait sangat diperlukan sebagai pendukung dalam memperoleh data-data yang diperlukan. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengumpulan data adalah:

1. Jenis data dan tempat diperolehnya data
2. Jumlah data yang harus dikumpulkan agar diperoleh data yang memadai (cukup, seimbang dan tepat/akurat)

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Metode literatur

Yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan.

b. Metode Observasi

Dengan survei langsung ke lapangan, agar dapat diketahui kondisi ril di lapangan sehingga dapat diperoleh gambaran sebagai pertimbangan dalam perencanaan desain struktur.

3.5 Jenis-jenis Data

Dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir menggunakan dua jenis data yang dijadikan bahan acuan, yaitu:

- Data Primer
- Data Sekunder

2.4.1 Data Primer

Data primer adalah data yang hanya dapat kita peroleh dari sumber langsung. Data primer harus secara langsung kita ambil dari sumber aslinya, melalui narasumber yang tepat dan yang kita jadikan responden dalam penelitian kita. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey langsung .

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dengan proses pembuatan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir. Data sekunder didapatkan bukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Yang termasuk dalam klasifikasi data sekunder ini antara lain adalah literatur-literatur penunjang, grafik, tabel, dan peta lokasi yang berkaitan dengan proses perhitungan tebal lapis perkerasan lentur metode Bina Marga.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini data yang digunakan adalah data sekunder. Data yang diperoleh dari instansi terkait meliputi:

- a. Data lalu Lintas Harian Rata-rata
Guna : untuk mengetahui lalu lintas rata-rata dan penentuan kelas jalan
- b. Data Tanah
Guna : untuk mengetahui Data Dukung Tanah (CBR dan DDT) serta parameter tanah
- c. Gambar Jalan
Guna : untuk mengetahui gambaran umum tentang lebar jalan, panjang jalan, detail jalan dan potongan jalan.

3.6 Analisa dan Pengolahan Data

Analisa dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang dibutuhkan, selanjutnya dikelompokkan sesuai identifikasi tujuan permasalahan, sehingga diperoleh analisa pemecahan yang efektif dan terarah. Adapun analisa yang dilakukan adalah:

- Analisa data lalu lintas
- Analisa data tanah



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 dihasil tebal lapis perkerasan sebagai berikut:

- AC-WC = 40 mm 4 cm
- AC-BC = 60 mm 6 cm
- AC Base = 70 mm 7 cm
- LPA Kelas A = 300 mm 30 cm
- Timbunan = 850 mm 85 cm

Adanya lapisan timbunan tanah pada desain perkerasan ini di karenakan nilai CBR desain sebesar 1,740 % sementara standar nilai CBR terkecil adalah 6 %. Dengan nilai CBR yang tidak sesuai standar maka dilakukan perbaikan tanah dengan cara melakukan penimbunan tanah sebesar 850 mm.

2. Data *output* dari program KENPAVE diperoleh nilai regangan tarik dan nilai *Tangential Strain* di bawah lapis permukaan atau HMA sebesar 0,00008526 untuk jenis kerusakan *fatigue cracking*. Untuk regangan

tekan di pondasi bawah atau nilai *Vertical strain* sebesar 0,0003005 untuk jenis kerusakan *rutting*.

3. Hasil analisis kerusakan perancangan tebal perkerasan menggunakan data *output* dari Program Kenpave berupa repetisi beban sebagai berikut, nilai N_f sebesar 3.615.281.928 ESAL dan N_d sebesar 8.013.512,723 ESAL.
4. Berdasarkan hasil analisis kerusakan perkerasan jalan yang telah dilakukan, jumlah repetisi beban retak lelah (N_f) lebih besar dari beban lalu lintas rencana (N_r), hal yang sama, jumlah repetisi beban retak alur (N_d) lebih besar dari beban lalu lintas rencana (N_r). Hal ini membuat tebal perkerasan yang di rencanakan mampu untuk menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Sehingga perkerasan tidak akan mengalami kerusakan retak lelah (*Fatigue Cracking*) serta retak alur (*Rutting*).

5.2 Saran

1. Kasus overloading sebaiknya diperhatikan. Karena di Indonesia kasus overloading masih sering dijumpai yang mana kasus ini menyebabkan umur perkerasan hampir tidak pernah sesuai dengan umur perkerasan yang direncanakan.
2. Pengambilan data LHR minimal 7x24 jam sesuai dengan aturan baru yang dijelaskan pada Bina Marga 2017. Ini dilakukan agar bisa mengetahui beban kendaraan yang lebih jelas sehingga dapat mengetahui tebal lapis seperti apa yang bisa menahan beban kendaraan tersebut.

3. Perlu adanya perhitungan perbandingan berdasarkan biaya dari hasil tebal perkerasan yang direncanakan dan metode mana yang lebih efisien dan efektif

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Juni, 2017, *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017*, Jakarta.
- Fadhlan, Kahiri, 2013, *Tugas Akhir Evaluasi Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B Dengan Menggunakan Program Kenpave*, Universitas Negeri Medan.
- Hardiyatmo, Hary Christadi, 2015, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Penerbit Gajah Mada Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christadi, 2017, *Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah*, Penerbit Gajah Mada Prss, Yogyakarta
- Huang, Yang H, 2004, *Pavement Analysis And Design*. Pearson Edication, Upper Saddle River, New Jersey.
- Indriani, Made Novia, 2018, *Metode-Metode Perhitungan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan*, Penerbit SIGn, Makasar
- Ramadhani, RI, 2018, *Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2013 Dan Metode Mekanistik-Empiris Menggunakan Program Kenpave*, Universitas Islam Indonesia.
- Simanjuntak, Irvan Leonardo.2014. *Tugas Akhir Evaluasi Perkerasan Lentur Manual Desain Perkerasan Jalan No.22.2/KPTS/Db/2012 Dengan Menggunakan Program Kenpav*, Universitas Negeri Medan.
- Saodang, H, 2004, *Konstruksi Jalan Raya Buku 2 Perencanaan Perkerasan Jalan Raya, Bandung: Penerbit Nova*.
- Sukirman, Silvia, 2010, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Bandung: Penerbit Nova.
- Widiastuti, Annisa Pradnya, 2018, *Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris Dan Metode Mekanistik Empiris Pada Ruas Jalan Legundi-Kanigoro-Planjan*, Universitas Islam Indonesia.

- Ridwan, M. (2018). Analisa Struktur Box Girder Jalan Layang Kereta Api Kualanamu. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(2), 63-69. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1660>
- Rizqi, R., & Hermanto, E. (2018). Analisa Dampak Lalu Lintas Rumah Hunian Distric-9 Apartemen Terhadap Kemacetan Lalu Lintas di Kota Medan. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(2), 70-79. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1661>
- Zahara, Z., & Lubis, M. (2018). Analisa Pemilihan Moda Transportasi Umum Rute Medan-Rantau Prapat dengan Metode Analytic Hierarchy Process. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(2), 80-86. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1662>
- Purba, R., Irwan, I., & Nurmaidah, N. (2018). Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Subtitusi Campuran Bata Ringan Kedap Suara. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(2), 87-95. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1679>
- Simanjuntak, M., Lubis, K., & Rangkuti, N. (2018). Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Pasir Pantai terhadap Nilai CBR. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(2), 96-104. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1680>
- Rini, R., & Ardan, M. (2018). Analisa Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Arang Kayu. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(2), 105-111. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i2.1681>
- Afriansyah, A., Nurmaidah, N., & Amsuardiman, A. (2017). Analisa Kenaikan Volume dan Kuat Tekan pada Campuran Beton Non Pasir dengan Penambahan Baking Powder. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.364>
- Astuti, F., Hermanto, E., & Lubis, K. (2017). Pemanfaatan Limbah Styrofoam dan Serat Sabut Kelapa sebagai Bahan Tambah Genteng Beton. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(1), 11-18. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.365>
- Purba, J., Rangkuti, N., & Ardan, M. (2017). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Perhotelan/Apartemen/Kondominium di Jalan Ring Road Medan. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(1), 19-26. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.366>
- Zalukhu, P., Irwan, I., & Hutauruk, D. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(1), 27-36. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.367>
- Wahyudi, W., Irwan, I., & Nurmaidah, N. (2017). Pengaruh Pemadatan Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan K 175. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(1), 37-53. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.372>
- Sanjaya, Y., Lubis, K., & Lubis, M. (2017). Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan terhadap Kinerja Ruas Jalan. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 1(1), 54-61. doi:<https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.373>



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎(061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax.(061) 7366998 Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 199/FT.1/01.10/VIII/2021
Lamp : -
Hal : **Perubahan Judul Tugas Akhir**

12 Agustus 2021

Yth, Pembimbing Tugas Akhir
Ir. Nuril Mahda Rkt, MT
Suranto, ST, MT
di
Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan dengan adanya perubahan judul tugas akhir pada SK pembimbing nomor 011/FT.1/01.10/II/2021 tertanggal 2 Februari 2021 maka perlu diterbitkan kembali SK Pembimbing Skripsi baru atas nama mahasiswa tersebut :

N a m a : Nursyafitri Br. Regar
N P M : 188110162
Jurusan : Teknik Sipil

Maka dengan hormat kami mengharapkan kesediaan saudara :

- 1. Ir. Nuril Mahda Rkt, MT** (Sebagai Pembimbing I)
- 2. Suranto, ST, MT** (Sebagai Pembimbing II)

Adapun Tugas Akhir Skripsi berjudul :

“Analisis Tebal Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Program Kenpave”.

SK Pembimbing ini berlaku selama enam bulan terhitung sejak SK ini diterbitkan. Jika proses pembimbing melebihi batas waktu yang telah ditetapkan, SK ini dapat ditinjau ulang.

Demikian kami sampaikan, atas kesediaan saudara diucapkan terima kasih.


Dekan,
Dina Maizana, MT



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎(061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax.(061) 7366998 Medan 20223
 Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎(061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
 Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 020/FT.1/01.10/II/2021

9 Februari 2021

Lamp : -

H a l : **Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir**

Yth. Kepala Dinas Bina Marga Provinsi Sumatera Utara
 Jln. Sakti Lubis
 Di
 Medan

Dengan hormat,

Kami mohon kesediaan Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	N A M A	N P M	PRODI
1	Nursyafitri Br. Regar	188110162	Teknik Sipil

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir pada perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan ilmiah dan Skripsi yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana lengkap pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul penelitian :

Analisis Tebal Perkerasan Lentur dan Nilai Repetisi Beban Retak Lelah (Nf), Repetisi Beban Retak Alur (Nd) dengan Menggunakan Program Kenvape

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.

Dekan,

 Dina Maizana, MT

Tembusan :

1. Ka. BAMAI
2. Mahasiswa
3. File



**PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI**

Jalan Sakti Lubis No. 7 R Tel. (061) 7867465 – 7860466,
Fax. (061) 7867338

Medan

Medan, 15 Juni 2021

Nomor : 423/DBMBK - UM / 2709 / 2021
Sifat :
Lampiran :
Perihal : Penelitian dan Pengambilan
Data Tugas Akhir.

Kepada Yth :
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Medan Area
di-
Tempat

Sehubungan dengan surat Saudara Nomor : 020/FT.1/01.10/II/2021 Tanggal 09 Februari 2021 perihal Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir.

Berdasarkan hal tersebut di atas, dapat dijelaskan bahwa kami memberikan kesempatan kepada Mahasiswa / I tersebut untuk melakukan penelitian dan pengambilan data Tugas Akhir serta telah selesai melaksanakan Penelitian tersebut di Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provsu dengan judul " Analisis Tebal Perkerasan Lentur dan Nilai Repetisi Beban Retak Lelah (Nf) Repetisi Beban Retak Alur (Nd) dengan menggunakan program Kenvape ", An :

No	Nama	NPM	Prodi	Ditempatkan
1.	Nursyafitri Br. Regar	188110162	Teknik Sipil	Bidang Perencanaan dan Evaluasi DBMBK Provsu

Demikian kami sampaikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

An. KEPALA DINAS BINA MARGA
DAN BINA KONSTRUKSI
SEKRETARIS,



H. MUHAMMAD RIDWAN, S.Sos, M.AP
PEMBINA TK I
NIP. 19650628 198909 1 001

Tembusan :

1. Kepala Bidang Perencanaan dan Evaluasi DBMBK Provsu;
2. Mahasiswa yang bersangkutan;
3. Peringgal

Lampiran 1. Foto Dokumentasi di Lapangan

FOTO DOKUMENTASI LAPANGAN



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

FOTO DOKUMENTASI LAPANGAN



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

Lampiran 2. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)



DINAS BINA MARGA PROVINSI SUMATERA UTARA
PERENCANAAN TEKNIK JALAN DAN JEMBATAN
PAKET : DETAIL ENGINEERING DESIGN (DED) 11
KONSULTAN : CV. PELITA BUANA

PERHITUNGAN LALU LINTAS

1

TANGGAL, BULAN, TAHUN

7 4 0 9 1 9

RUAS :
NAMA RUAS :

3

Sp. Tanjung Kasau - Bandar Masilam (Batas Kab. Simalungun) di
Kab. Bajubara

NOMOR POS
DARI NODE

16

13
KE NODE 19

WAKTU	KENDERAAN BERMOTOR											TOTAL KENDERAAN BERMOTOR	KENDERAAN TAK BERMOTOR	TOTAL
	KENDERAAN RINGAN				KENDERAAN BERAT									
	1 SEPEDA MOTOR, SEKUTER, SEPEDA KUMBANG DAN RODA 3	2 SEDAN, JEEP, ST. WAGON	3 OPELET (PICK UP COMBI, SUBUR BAN), OPELET	4 PICK UP, MICRO TRUK, MOBIL HANTARAN, PICK UP BOX	5a BUS KECIL	5b BUS BESAR	6a TRUK RINGAN 2 SUMBU	6b TRUK SEDANG 2 SUMBU	7a TRUCK AS 3	7b TRUK GANDENG	7c TRUK SEMI TRALER			
06.00 - 07.00	8	1	1	1	0	4	6	0	0	0	0	21	0	21
07.00 - 08.00	12	2	1	1	1	7	3	1	2	0	0	30	0	30
08.00 - 09.00	7	1	1	1	2	3	5	0	0	0	0	20	4	24
09.00 - 10.00	53	7	6	4	4	6	7	2	1	0	0	91	1	92
10.00 - 11.00	25	3	3	2	6	7	11	3	0	0	0	60	0	60
11.00 - 12.00	46	6	6	4	3	12	3	2	0	0	0	81	7	88
12.00 - 13.00	40	5	5	3	6	8	14	3	2	0	0	86	1	87
13.00 - 14.00	39	5	5	3	4	4	8	4	0	0	0	72	0	72
14.00 - 15.00	41	6	5	3	2	8	8	6	0	0	0	78	6	84
15.00 - 16.00	38	5	5	3	3	6	7	2	0	0	0	68	13	81
16.00 - 17.00	38	5	5	3	2	3	7	7	1	0	0	71	4	75
17.00 - 18.00	35	5	4	3	3	2	8	4	0	0	0	64	2	66
18.00 - 19.00	19	3	2	2	1	2	4	4	0	0	0	36	5	41
19.00 - 20.00	14	2	2	1	1	2	3	4	0	0	0	28	2	30
20.00 - 21.00	11	2	1	1	5	2	2	4	0	0	0	27	1	28
21.00 - 22.00	13	2	2	1	2	1	0	3	0	0	0	23	0	23
22.00 - 23.00	12	2	1	1	0	0	0	2	0	0	0	18	0	18
23.00 - 24.00	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	5
00.00 - 01.00	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
01.00 - 02.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00 - 03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00 - 04.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.00 - 05.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00 - 06.00	2	0	0	1	0	0	2	0	2	0	0	8	0	8
	56	38	56	38	45	76	97	52	8	0	0	889	46	935

Lampiran 3. Data CBR Lapangan (DCP)

**PENGUJIAN DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP)
RATA-RATA**

Ruas : JL. Sp. Tanjung Kasau - Bandar Masilam (Batas Kab. Simalungun)

Nomor	Stasion	CBR (%)	Nomor	Stasion	CBR (%)
1	2	3	1	2	3
1	STA : 0+000	0	41	STA : 2+000	3,190
2	STA : 0+050	3,460	42	STA : 2+050	3,188
3	STA : 0+100	2,776	43	STA : 2+100	3,229
4	STA : 0+150	3,188	44	STA : 2+150	3,239
5	STA : 0+200	3,494	45	STA : 2+200	2,288
6	STA : 0+250	2,825	46	STA : 2+250	3,245
7	STA : 0+300	2,138	47	STA : 2+300	2,146
8	STA : 0+350	2,289	48	STA : 2+350	3,142
9	STA : 0+400	2,795	49	STA : 2+400	3,226
10	STA : 0+450	3,945	50	STA : 2+450	2,004
11	STA : 0+500	2,592	51	STA : 2+500	3,173
12	STA : 0+550	1,448	52	STA : 2+550	3,173
13	STA : 0+600	3,010	53	STA : 2+600	3,239
14	STA : 0+650	3,199	54	STA : 2+650	3,161
15	STA : 0+700	4,222	55	STA : 2+700	3,159
16	STA : 0+750	2,785	56	STA : 2+750	1,691
17	STA : 0+800	2,809	57	STA : 2+800	3,182
18	STA : 0+850	4,484	58	STA : 2+850	1,453
19	STA : 0+900	2,790	59	STA : 2+900	3,206
20	STA : 0+950	1,493	60	STA : 2+950	3,285
21	STA : 1+000	3,271	61	STA : 3+000	3,213
22	STA : 1+050	3,274	62	STA : 3+050	4,117
23	STA : 1+100	2,046	63	STA : 3+100	3,656
24	STA : 1+150	3,523	64	STA : 3+150	2,992
25	STA : 1+200	2,061	65	STA : 3+200	4,148
26	STA : 1+250	3,045	66	STA : 3+250	3,284
27	STA : 1+300	2,551	67	STA : 3+300	2,570
28	STA : 1+350	3,535	68	STA : 3+350	3,223
29	STA : 1+400	2,830	69	STA : 3+400	4,182
30	STA : 1+450	2,775	70	STA : 3+450	3,017
31	STA : 1+500	3,239	71	STA : 3+500	4,173
32	STA : 1+550	3,213	72	STA : 3+550	2,074
33	STA : 1+600	3,223	73	STA : 3+600	3,939
34	STA : 1+650	2,132	74	STA : 3+650	2,576
35	STA : 1+700	2,923	75	STA : 3+700	2,341
36	STA : 1+750	3,174	76	STA : 3+750	4,209
37	STA : 1+800	2,937	77	STA : 3+800	1,912
38	STA : 1+850	3,207	78	STA : 3+850	2,358
39	STA : 1+900	2,380	79	STA : 3+900	2,764
40	STA : 1+950	3,205	80	STA : 3+950	3,036
CBR at this point (%)		114,286	CBR at this point (%)		121,401
CBR at this point (%)			CBR at this point (%)		

**PENGUJIAN DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP)
RATA-RATA**

Ruas : JL. Sp. Tanjung Kasau - Bandar Masilam (Batas Kab. Simalungun)

Nomor	Stasion	CBR (%)		Nomor	Stasion	CBR (%)
1	2	3		1	2	3
81	STA : 4+000	3,997		121		
82	STA : 4+050	3,485		122		
83	STA : 4+100	3,457		123		
84	STA : 4+150	2,728		124		
85	STA : 4+200	1,445		125		
86	STA : 4+250	2,100		126		
87	STA : 4+300	3,435		127		
88	STA : 4+350	2,342		128		
89	STA : 4+400	2,339		129		
90	STA : 4+450	3,429		130		
91	STA : 4+500	2,373		131		
92	STA : 4+550	3,468		132		
93	STA : 4+600	3,448		133		
94	STA : 4+650	2,581		134		
95	STA : 4+700	3,403		135		
96	STA : 4+750	2,352		136		
97	STA : 4+800	2,589		137		
98	STA : 4+850	3,460		138		
99	STA : 4+900	3,477		139		
100	STA : 4+950	3,331		140		
101	STA : 5+000	2,369		141		
102	STA : 5+050	1,994		142		
103	STA : 5+100	2,083		143		
104	STA : 5+150	2,145		144		
105	STA : 5+200	2,112		145		
106	STA : 5+250	1,631		146		
107	STA : 5+300	2,097		147		
108	STA : 5+350	2,148		148		
109	STA : 5+400	2,148		149		
110	STA : 5+450	2,125		150		
117				157		
118				158		
119				159		
120				160		
CBR at this point (%)		76,097		CBR at this point (%)		
CBR at this point (%)				CBR at this point (%)		2,834

Lampiran 4. Hasil Output Program KENPAVE

```
File Edit Format View Help

INPUT FILE NAME -C:\KENPAVE\percobaan fitri 15.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -NPROB

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0
NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 6
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 7
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80
COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 7 30 85
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0,4 0,4 0,4 0,4 0,45 0,45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 10,997 20 35 47,095 132
132,095
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1 1,100E+06    2 1,200E+06
          3 1,600E+06    4 1,500E+05    5 1,740E+04    6 1,740E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)----- = 11
CONTACT PRESSURE (CP)----- = 550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 33
```

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0,000 0,000 2 0,000 10,000
 3 0,000 16,500

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE P. STRESS (HORIZONTAL P. STRAIN)
1	0,00000 (STRAIN)	0,12034	550,000 -1,666E-04	964,771 3,522E-04	557,175 -1,666E-04	886,228 2,522E-04
1	10,99700 (STRAIN)	0,11934	264,217 1,741E-04	270,227 1,793E-04	-32,153 -8,526E-05	-9,571 -8,526E-05
1	20,00000 (STRAIN)	0,11601	79,196 5,648E-04	83,149 6,017E-04	-11,823 -2,847E-04	-5,932 -2,847E-04
1	35,00000 (STRAIN)	0,10910	30,567 4,101E-04	32,757 4,306E-04	-41,804 -2,653E-04	-37,763 -2,653E-04
1	47,09500 (STRAIN)	0,10372	15,863 8,093E-04	16,197 8,371E-04	1,515 -3,863E-04	2,109 -3,863E-04
1	132,00000 (STRAIN)	0,06291	5,462 2,950E-04	5,497 2,979E-04	0,330 -1,327E-04	0,368 -1,327E-04
1	132,09500 (STRAIN)	0,06288	5,458 2,948E-04	5,492 2,976E-04	0,329 -1,326E-04	0,367 -1,326E-04
2	0,00000 (STRAIN)	0,12129	550,000 -1,939E-04	976,790 3,728E-04	531,474 -1,939E-04	885,212 2,563E-04
2	10,99700 (STRAIN)	0,12127	160,698 1,036E-04	200,578 1,385E-04	-49,098 -7,995E-05	-3,529 -7,995E-05
2	20,00000 (STRAIN)	0,11839	75,879 5,307E-04	75,971 5,316E-04	-12,525 -2,944E-04	3,107 -2,944E-04
2	35,00000 (STRAIN)	0,11139	32,222 4,333E-04	32,521 4,361E-04	-43,911 -2,772E-04	-38,337 -2,772E-04
2	47,09500 (STRAIN)	0,10566	16,684 8,610E-04	16,736 8,653E-04	1,517 -4,029E-04	2,215 -4,029E-04
2	132,00000 (STRAIN)	0,06327	5,543 3,002E-04	5,548 3,007E-04	0,332 -1,340E-04	0,371 -1,340E-04
2	132,09500 (STRAIN)	0,06324	5,538 3,000E-04	5,543 3,004E-04	0,331 -1,339E-04	0,370 -1,339E-04
3	0,00000 (STRAIN)	0,11936	0,000 -3,433E-04	553,832 3,551E-04	5,140 -3,433E-04	403,021 1,631E-04
3	10,99700 (STRAIN)	0,12125	84,490 4,999E-05	84,490 4,999E-05	-55,334 -7,235E-05	66,586 -7,235E-05
3	20,00000 (STRAIN)	0,11870	72,352 5,009E-04	72,352 5,009E-04	-12,695 -2,928E-04	5,725 -2,928E-04
3	35,00000 (STRAIN)	0,11181	32,311 4,357E-04	32,311 4,357E-04	-44,275 -2,791E-04	-38,329 -2,791E-04
3	47,09500 (STRAIN)	0,10604	16,822 8,697E-04	16,822 8,697E-04	1,516 -4,058E-04	2,237 -4,058E-04
3	132,00000 (STRAIN)	0,06340	5,554 3,007E-04	5,554 3,007E-04	0,338 -1,340E-04	0,377 -1,340E-04
3	132,09500 (STRAIN)	0,06337	5,549 3,005E-04	5,549 3,005E-04	0,337 -1,339E-04	0,376 -1,339E-04

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 16/12/21

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

Lampiran 5. Gambar Long Section jalan Dari Perencana dan Potongan Melintang.



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA
KONSTRUKSI
BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI
PROVINSI SUMATERA UTARA

DETAILED ENGINEERING DESIGN (DED) JALAN
UPTJJ DBMBK TANJUNG BALAI
Ktrk No.602 /DBMBK-PE/KPA /1480/2019

Ruas No.	
Nama Ruas	Sp.Tanjung Kasau-Bandar Masilam
Kab./Kota/Propinsi	Asahan/ Sumatera Utara



KONSULTAN PERENCANA

Draftman	Team Leader	Direktur
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Ahmadharam Hidayatullah	Yuliansyah Putra, ST	Zaini Kholis A. Nasution, ST

Judul :

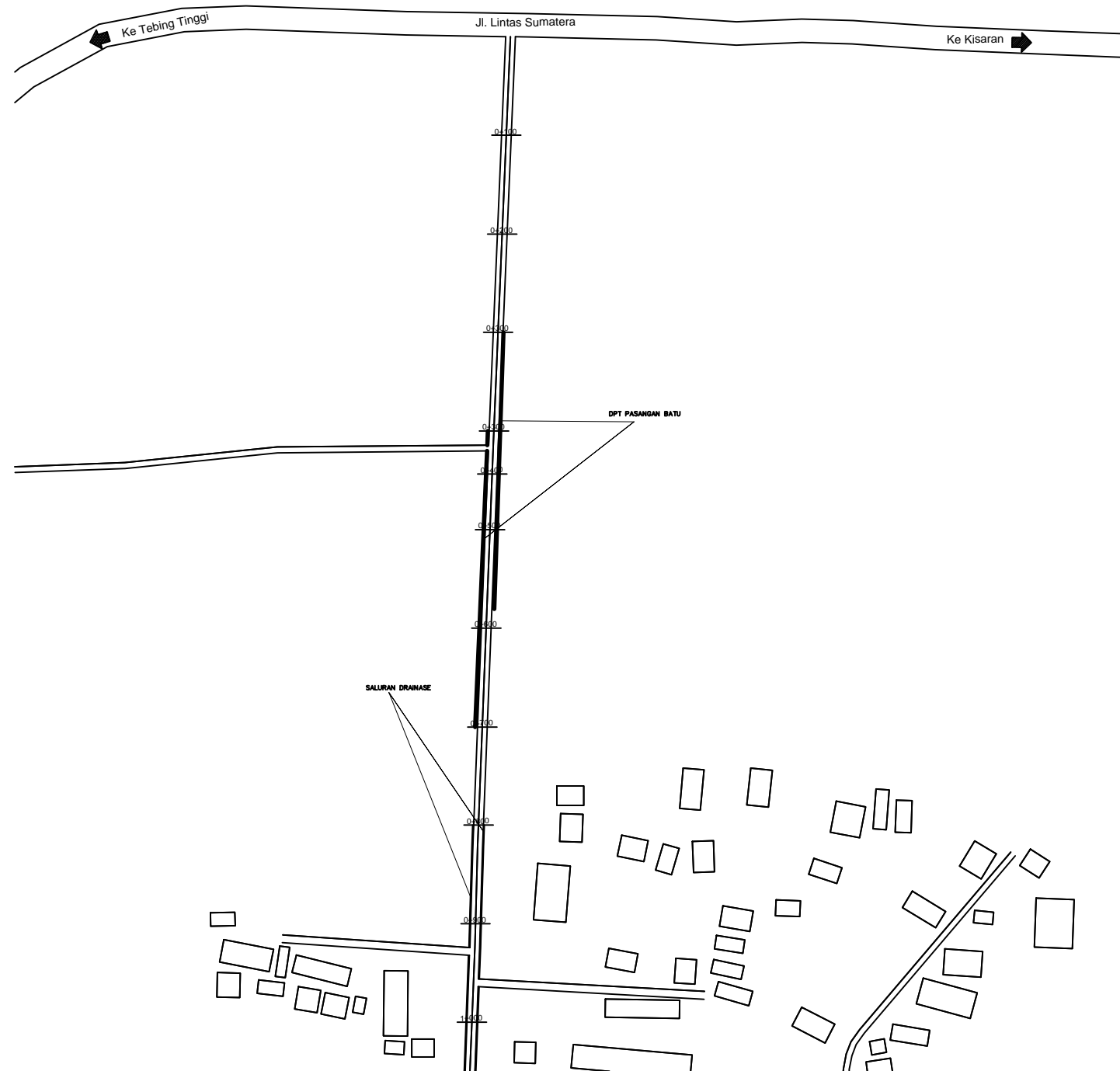
LONG SECTION

Lembar No. : GL- 01

Skala : 1:100

Tanggal : 2019

0+000 - 1+000



± 0.00 meter																	
DALAM HEKTOMETER	Hm 0		Hm 1		Hm 2		Hm 3		Hm 4		Hm 5						
RECTOMETER STONE	0+00		0+100		0+200		0+300		0+400		0+500		0+600		0+700		0+800
NOMOR PROFIL	0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400
PROFILE NUMBER	0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400		0+400
JARAK PROFIL	100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0
ACCUMULATED DISTANCE	0.00		100.0		200.0		300.0		400.0		500.0		600.0		700.0		800.0
ELEVASI TANAH ASLI	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
ORIGINAL GROUND LEVEL	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
 DINAS BINA MARGA DAN BINA
 KONSTRUKSI
 BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI
 PROVINSI SUMATERA UTARA

DETAILED ENGINEERING DESIGN (DED) JALAN
 UPTJJ DBMBK TANJUNG BALAI
 Ktrk No.602 /DBMBK-PE/KPA /1480/2019

Ruas No.	
Nama Ruas	Sp.Tanjung Kasau-Bandar Masilam
Kab./Kota/Propinsi	Asahan/ Sumatera Utara

CV. PELITA BUANA
 CV. PELITA BUANA

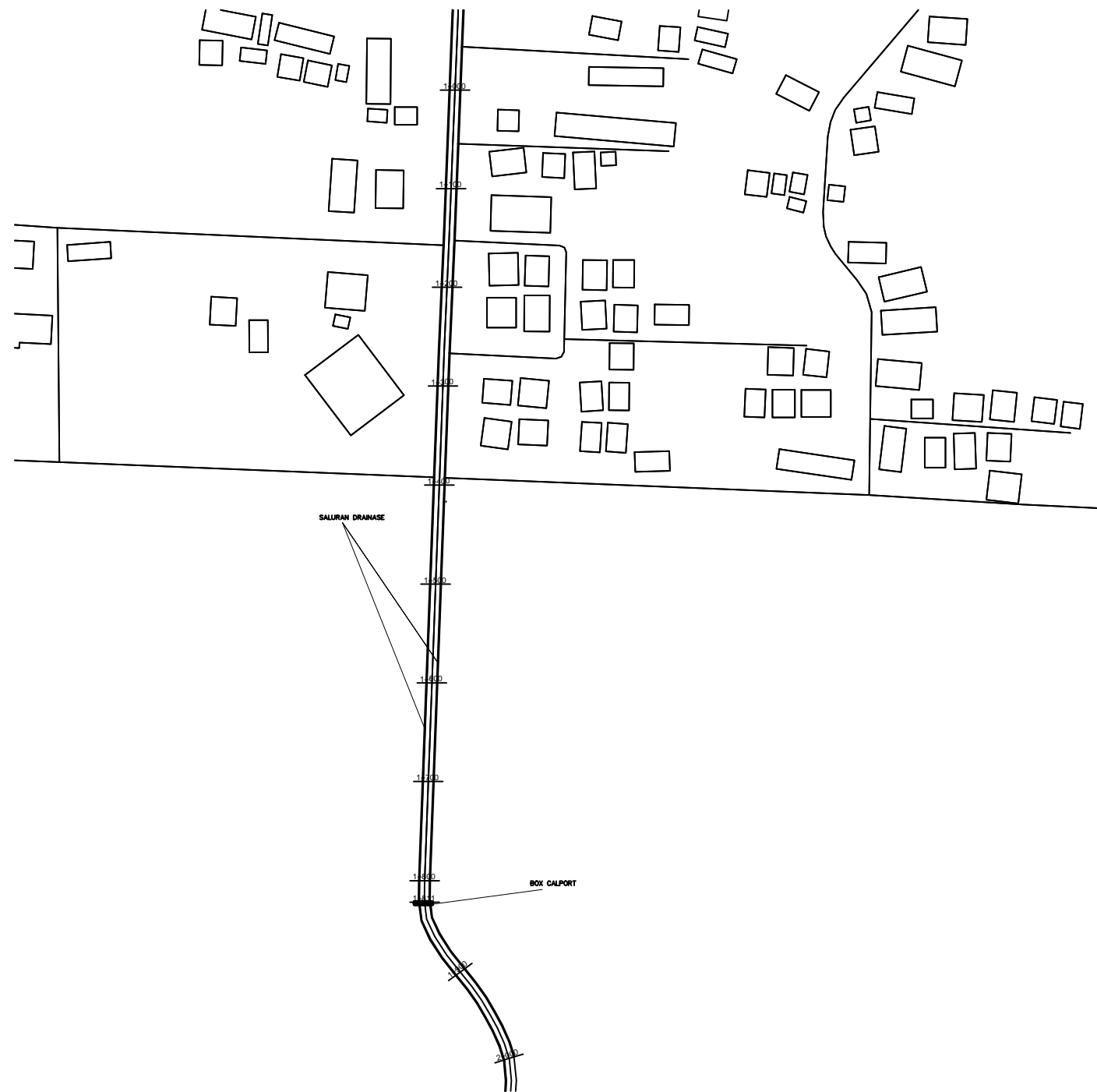
KONSULTAN PERENCANA

Draftman	Team Leader	Direktur
<i>Ar-Muhammad Hidayatullah</i>	<i>Yuliansyah Putra, ST</i>	<i>Zaini Kholis A. Nasution, ST</i>

Judul :

Lembar No. :	GL- 02
Skala :	1:100
Tanggal :	2019

1+000 -2+000



	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000
MARKA PROFIL											
PROFIL NUMBER	1+400										
HABAK PROFIL	100.0	80.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	110.0	100.0	100.0
ACCUMULATED DISTANCE			100.0	200.0	300.0	400.0	500.0	600.0	700.0	800.0	900.0
ELEVASI TANAH ASLI	17.51	16.87	16.82	16.87	16.87	17.11	17.29	17.28	17.28	17.01	17.24
ORIGINAL GROUND LEVEL	17.51	16.87	16.82	16.87	16.87	17.11	17.29	17.28	17.28	17.01	17.24



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
 DINAS BINA MARGA DAN BINA
 KONSTRUKSI
 BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI
 PROVINSI SUMATERA UTARA

DETAILED ENGINEERING DESIGN (DED) JALAN
 UPTJJ DBMBK TANJUNG BALAI
 Ktrk No.602 /DBMBK-PE/KPA /1480/2019

Ruas No.	
Nama Ruas	Sp.Tanjung Kasau-Bandar Masilam
Kab./Kota/Propinsi	Asahan/ Sumatera Utara



KONSULTAN PERENCANA

Draftman	Team Leader	Direktur
<i>Ahmad Hidayatullah</i>	<i>Yuliansyah Putra, ST</i>	<i>Zaini Kholis A. Nasution, ST</i>

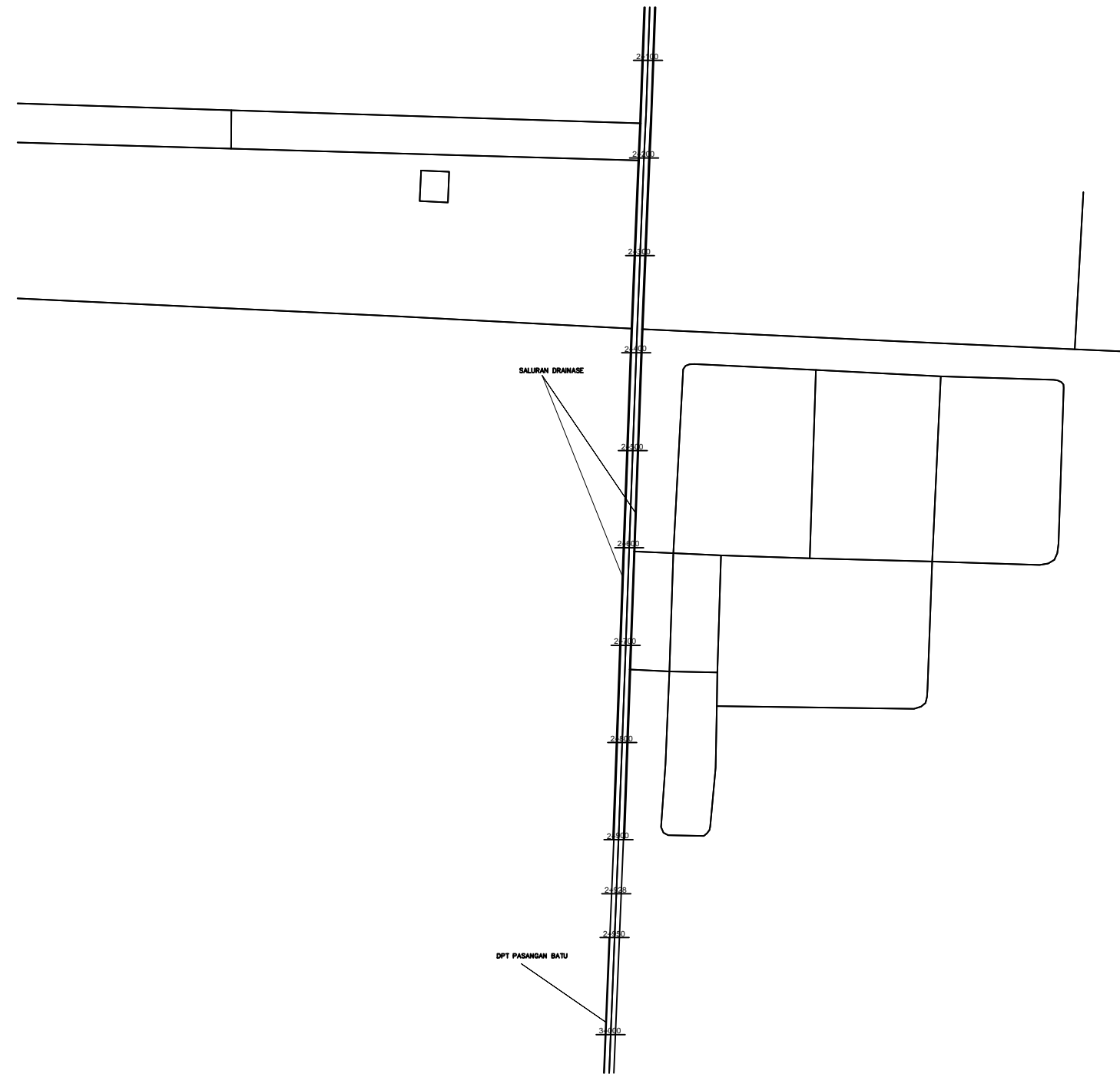
Judul :

Lembar No. : GL- 05

Skala : 1:100

Tanggal : 2019

2+000 - 3+000



+ 12,00 meter	1:100											
	0	Hm 1		Hm 2		Hm 3		Hm 4		Hm 5		
RAJUK HEKTOMETER HECTOMETER STONE	0											
NOMOR PROFIL PROFILE NUMBER	2+400	2+100	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800	2+828	2+900	3+000
JARAK PROFIL ACCUMULATED DISTANCE		100,0	200,0	300,0	400,0	500,0	600,0	700,0	800,0	828,0	900,0	1000,0
ELEVASI TANAH ASLI ORIGINAL GROUND LEVEL	17,00	17,00	17,10	17,20	17,30	17,40	17,50	17,60	17,70	17,80	17,90	18,00



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
 DINAS BINA MARGA DAN BINA
 KONSTRUKSI
 BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI
 PROVINSI SUMATERA UTARA

DETAILED ENGINEERING DESIGN (DED) JALAN
 UPTJJ DBMBK TANJUNG BALAI
 Ktrk No.602 /DBMBK-PE/KPA /1480/2019

Ruas No.	
Nama Ruas	Sp.Tanjung Kasau-Bandar Masilam
Kab./Kota/Propinsi	Asahan/ Sumatera Utara



KONSULTAN PERENCANA		
Draftman	Team Leader	Direktur
<i>Ar-Muharram Hidayatullah</i>	<i>Yuliansyah Putra, ST</i>	<i>Zaini Kholis A. Nasution, ST</i>

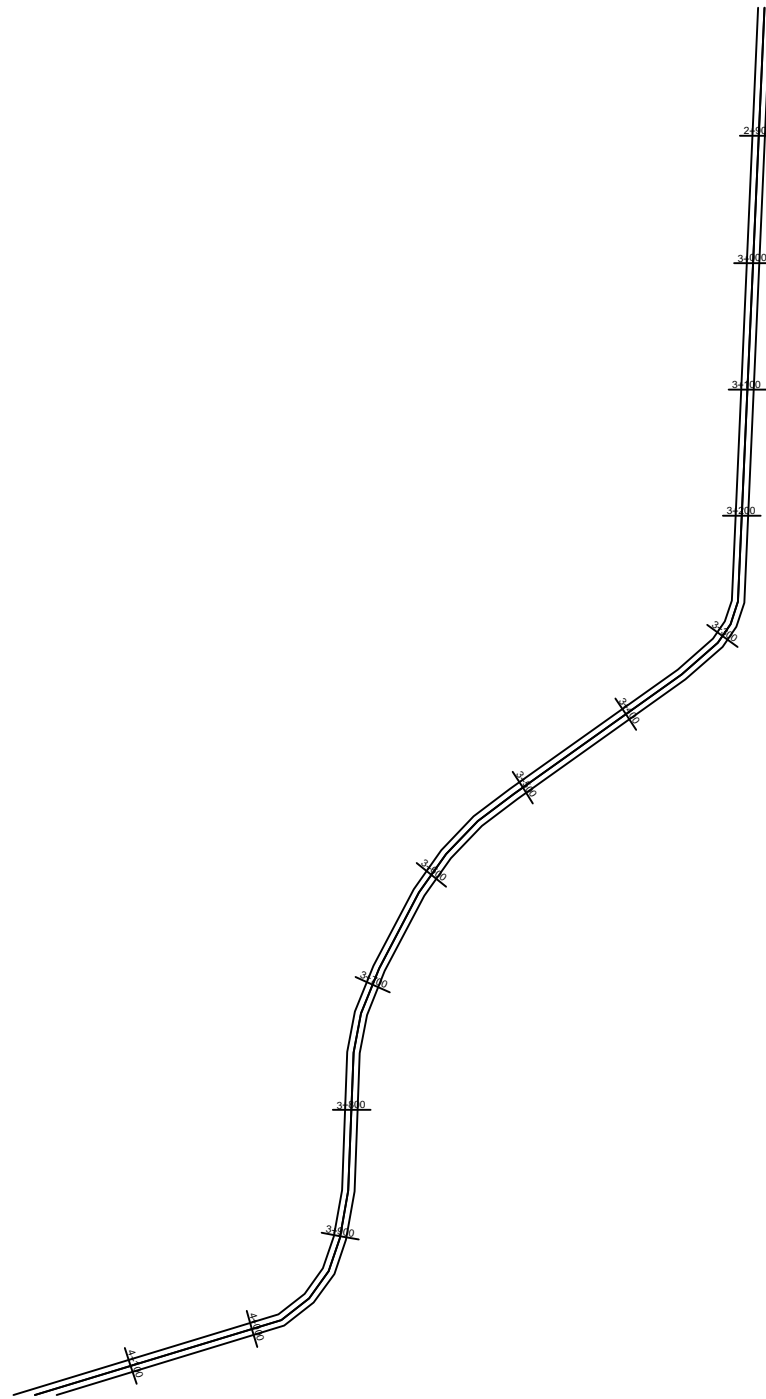
Judul :

Lembar No. : GL- 09

Skala : 1:100

Tanggal : 2019

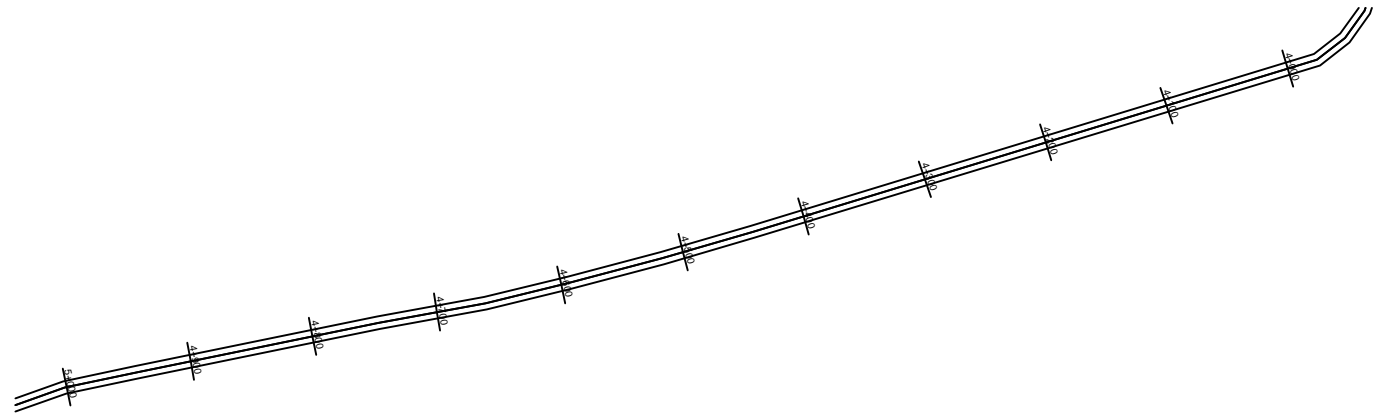
3+000 - 4+000



0	100.0	200.0	300.0	400.0	500.0	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0
3+000	3+100	3+200	3+300	3+400	3+500	3+600	3+700	3+800	3+900	4+000
2.25	2.32	2.42	2.50	2.55	2.58	2.55	2.45	2.30	2.15	2.05

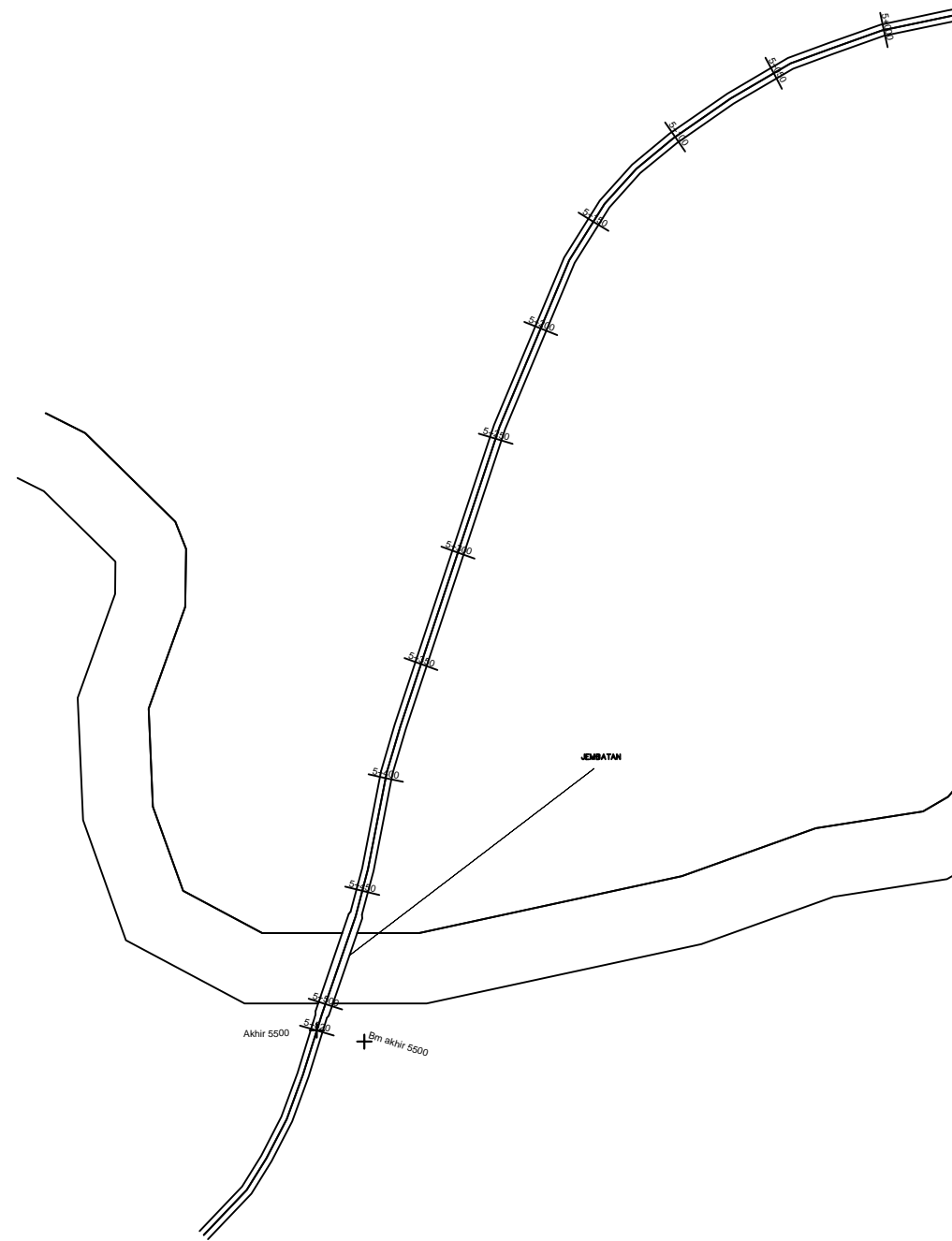
 PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI PROVINSI SUMATERA UTARA	DETAILED ENGINEERING DESIGN (DED) JALAN UPTJJ DBMBK TANJUNG BALAI Ktrk No.602 /DBMBK-PE/KPA /1480/2019	Ruas No.		KONSULTAN PERENCANA			Judul :	Lembar No. : GL- 10	
		Nama Ruas	Sp.Tanjung Kasau-Bandar Masilam	 CV. PELITA BUANA	Draftman	Team Leader		Direktur	Skala : 1:100
		Kab./Kota/Propinsi	Asahan/ Sumatera Utara	CV. PELITA BUANA	 Af Muharram Hidayatullah	 Yuliansyah Putra, ST		 Zaini Kholis A. Nasution, ST	Tanggal : 2019

4+000 - 5+000



0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

5+000 - 5+520



22 15 10 5 + 0,00 meter	0	Hm 1	Hm 2	Hm 3	Hm 4	Hm 5							
	5+000	5+050	5+100	5+150	5+200	5+250	5+300	5+350	5+400	5+450	5+475	5+500	5+520
NOMOR PROFIL PROFILE NUMBER	5+000												
JARAK PROFIL ACCUMULATED DISTANCE	0	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0	400,0	450,0	475,0	500,0	520,0
ELEVASI TANAH ASLI ORIGINAL GROUND LEVEL	19,98	19,97	20,04	20,04	20,08	19,97	19,71	19,68	19,97	20,17	20,07	21,04	21,04

TIPIKAL POTONGAN MELINTANG

STA 0+000 - 5+525

