

**SKRIPSI**

**PENGARUH PEMBAGIAN  
MODULUS LAPISAN PONDASI  
BERBAHAN *UNBOUND GRANULAR MATERIAL*  
TERHADAP KEKUATAN PERKERASAN LENTUR**



**ARIEL PENN HERNANDO SINISUKA  
NPM : 2014410186**

**PEMBIMBING: Aloysius Tjan Hin Hwie, Ir., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JULI 2018**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PEMBAGIAN  
MODULUS LAPISAN PONDASI  
BERBAHAN *UNBOUND GRANULAR MATERIAL*  
TERHADAP KEKUATAN PERKERASAN LENTUR**



**ARIEL PENN HERNANDO SINISUKA  
NPM : 2014410186**

**PEMBIMBING: Aloysius Tjan Hin Hwie, Ir., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JULI 2018**



**SKRIPSI**

**PENGARUH PEMBAGIAN  
MODULUS LAPISAN PONDASI  
BERBAHAN *UNBOUND GRANULAR MATERIAL*  
TERHADAP KEKUATAN PERKERASAN LENTUR**



**ARIEL PENN HERNANDO SINISUKA  
NPM : 2014410186**

**BANDUNG, 9 JULI 2018**

**PEMBIMBING:**

**Aloysius Tjan Hin Hwie, Ir., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JULI 2018**



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ariel Penn Hernando Sinisuka

NPM : 2014410186

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : *PENGARUH PEMBAGIAN MODULUS LAPISAN PONDASI BERBAHAN UNBOUND GRANULAR MATERIAL TERHADAP KEKUATAN PERKERASAN LENTUR* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 9 Juli 2018



Ariel Penn H Sinisuka

2014410186

# **PENGARUH PEMBAGIAN MODULUS LAPISAN PONDASI BERBAHAN *UNBOUND GRANULAR MATERIALS* TERHADAP KEKUATAN PERKERASAN LENTUR**

**Ariel Penn H Sinisuka**  
**NPM: 2014410186**

**Pembimbing: Aloysius Tjan Hin Hwie, Ir., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JULI 2018**

## **ABSTRAK**

Perkerasan lentur memiliki berbagai metode perancangan, dimana salah satunya adalah metode mekanistik-empiris. Sebagai metode perancangan yang bergantung pada reaksi mekanis yang terjadi pada perkerasan, metode ini bergantung pada regangan yang disebabkan oleh konfigurasi perkerasan lentur yang beragam, terdiri dari modulus dan tebal lapisan perkerasan. Khusus untuk lapisan pondasi, *unbound granular material* memiliki beberapa cara untuk menentukan modulusnya. Pada metode *The Asphalt Institute MS-1* modulus lapisan berbahan batu berbutir memerlukan data konfigurasi perkerasan lainnya, seperti modulus dan tebal lapisan lainnya untuk menentukan modulusnya. Hal yang terutama adalah dimana adanya teori yang menyatakan bahwa modulus lapisan berbahan batu berbutir tidak konsisten sesuai dengan jarak titik tinjauan dari sumber beban. Dalam aplikasi perkerasan lentur, hal ini berarti modulus berbahan batu berbutir berubah seiring dengan menjauhnya kedalaman lapisan dari permukaan perkerasan yang merupakan titik kontak beban lalu lintas. Metode *Austroads 2008* melakukan pendekatan teori ini, dimana lapisan berbahan batu berbutir dibagi menjadi beberapa sub-lapis yang masing-masing memiliki angka modulusnya masing-masing. Metode *The Asphalt Institute MS-1* tidak membagi lapisan ini dan hanya memberikan satu angka modulus. Setelah dilakukan berbagai perhitungan dengan empat tinjauan variabel bebas dan lima konfigurasi perkerasan lentur, didapatkan data yang menyatakan bahwa pengaruh pembagian lapisan pondasi dengan bahan tersebut menghasilkan umur perkerasan lentur yang lebih kecil dibandingkan dengan lapisan yang tidak dibagi untuk sebagian besar data, sebanyak 96,57%.

Kata Kunci: Perkerasan Lentur, Lapisan Pondasi, Batu Berbutir, Mekanistik-Empiris

# **THE EFFECT OF DIVIDING THE BASE LAYER MODULUS WITH UNBOUND GRANULAR MATERIAL TOWARDS THE STRENGTH OF FLEXIBLE PAVEMENT**

**Ariel Penn H Sinisuka**  
**NPM: 2014410186**

**Advisor: Aloysius Tjan Hin Hwie, Ir., M.T., Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FAKULTAS OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
**(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)**  
**BANDUNG**  
**JULY 2018**

## **ABSTRACT**

Flexible pavement has a variety of design methods, in which one of them being the mechanistic-empirical method. As a method that relies on the mechanic reaction on a pavement, this method relies on the strain that is caused by a variety of flexible pavement configurations, comprised of the pavement's modulus and layer thickness. Particularly the base layer, the unbound granular material has several ways to determine its modulus. The Asphalt Institute MS-1 method claims that the modulus for the unbound granular material requires other pavement configuration datas, such as the modulus and thickness of other layers to determine its own modulus. The important matter is a theory that claims the modulus of the unbound granular material is not consistent according to its distance from the source of loading. In the application of flexible pavement, this gives insight that the modulus of the unbound granular material changes according to the depth of the layer from the pavement surface, the contact point of traffic loading. The Austroads 2008 method tries to emulate this theory, where a layer of unbound granular material is being divided into several sublayers with each having its own modulus. The Asphalt Institute MS-1 doesn't follow this method of dividing layers and only gives one value of modulus. After a process of calculating by the use of four reviews of different free variables and five different flexible pavement configurations, a data is obtained that entails the difference that is happening as a result of the division of the base layer. Most of the data claims that the use of sublayers gives us smaller loads that can be handled by the pavement compared to the one base layer method, as much as 96,57% of the data.

Keywords: Flexible Pavement, Base Layer, Unbound Granular Material, Mechanistic-Empirical



## PRAKATA

Puji syukur penulis kepada Allah S.W.T., karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari awal masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, akan sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan moral selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Aloysius Tjan Hin Hwie, Ir., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini.
3. Bapak Tri Basuki Joewono, Ph.D. dan Bapak Santoso Urip Gunawan. Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis.
4. Seluruh dosen di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan pengetahuan serta pengarahan selama masa studi.

Penulis menyadari ada banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat menambah pengetahuan penulis. Akhir kata, penulis berharap Allah S.W.T. berkenan membalas segala kebaikan pihak-pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandung, 9 Juli 2018

Ariel Penn H Sinisuka

2014410186

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I.....	1-1
PENDAHULUAN .....	1-1
1.1    Latar Belakang .....	1-1
1.2    Inti Permasalahan .....	1-2
1.3    Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4    Pembatasan Masalah .....	1-3
1.5    Metode Penelitian.....	1-4
1.6    Sistematika Penulisan.....	1-6
BAB II.....	2-1
LANDASAN TEORI.....	2-1
2.1    Perkerasan Lentur.....	2-1
2.2    Bagian Perkerasan Lentur.....	2-2
2.2.1    Lapisan Permukaan .....	2-3
2.2.2    Lapisan Pondasi .....	2-3
2.2.3    Lapisan Pondasi Bawah.....	2-4
2.3    Metode Mekanistik-Empiris .....	2-4
2.4    Program KENLAYER.....	2-6
2.5    Tanah Dasar .....	2-7
2.5.1    Profil Tanah Dasar Menurut <i>The Asphalt Institute MS-1</i> .....	2-8
2.5.2    Profil Tanah Dasar Menurut <i>Austrroads 2008</i> .....	2-9
2.6    Material Beton Aspal.....	2-11
2.6.1    Profil Material Beton Aspal Menurut <i>The Asphalt Institute MS-1</i> ..	2-11
2.6.2    Profil Material Beton Aspal Menurut <i>Austrroads 2008</i> .....	2-14



2.7	Material Batu Berbutir.....	2-18
2.7.1	Profil Material Batu Berbutir Menurut <i>The Asphalt Institute MS-1</i>	2-19
2.7.2	Profil Material Batu Berbutir Menurut <i>Austrroads 2008</i> .....	2-21
2.8	Pembebanan .....	2-27
2.8.1	Pembebanan Menurut <i>The Asphalt Institute MS-1</i> .....	2-28
2.8.2	Pembebanan Menurut <i>Austrroads 2008</i> .....	2-28
2.9	Faktor Temperatur.....	2-29
BAB III.....		3-1
METODOLOGI PENELITIAN .....		3-1
3.1	Profil Lapisan Permukaan.....	3-1
3.2	Profil Tanah Dasar .....	3-2
3.3	Profil Lapisan Pondasi.....	3-3
3.4	Data Profil Perkerasan Lentur.....	3-5
3.5	Perhitungan Kekuatan Perkerasan Lentur .....	3-6
3.6	Tinjauan Perbandingan Kekuatan Perkerasan Lentur .....	3-13
BAB IV .....		4-1
PEMBAHASAN.....		4-1
4.1	Tinjauan Modulus Resilien Tanah .....	4-1
4.1.1	Tinjauan Modulus Resilien Tanah dengan Konfigurasi Maksimum	4-1
4.1.2	Tinjauan Modulus Resilien Tanah dengan Konfigurasi Minimum	4-7
4.1.3	Tinjauan Modulus Resilien Tanah dengan Konfigurasi Modulus Minimum dan Tebal Maksimum.....	4-9
4.1.4	Tinjauan Modulus Resilien Tanah dengan Konfigurasi Modulus Maksimum dan Tebal Minimum.....	4-11
4.1.5	Tinjauan Modulus Resilien Tanah dengan Konfigurasi Rata-Rata	4-13
4.1.6	Perbandingan Rasio Tinjauan Modulus Resilien Tanah .....	4-15
4.2	Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi .....	4-17
4.2.1	Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi dengan Konfigurasi Maksimum	4-17
4.2.2	Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi dengan Konfigurasi Minimum	4-18
4.2.3	Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi dengan Konfigurasi Modulus Minimum dan Tebal Maksimum.....	4-20
4.2.4	Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi dengan Konfigurasi Modulus Maksimum dan Tebal Minimum.....	4-21
4.2.5	Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi dengan Konfigurasi Rata-Rata	4-23
4.2.6	Perbandingan Rasio Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi .....	4-24

4.3	Tinjauan Tebal Lapisan Permukaan .....	4-26
4.3.1	Tinjauan Tebal Lapisan Permukaan dengan Konfigurasi Maksimum .... .....	4-26
4.3.2	Tinjauan Tebal Lapisan Permukaan dengan Konfigurasi Minimum .....	4-27
4.3.3	Tinjauan Tebal Lapisan Permukaan dengan Konfigurasi Modulus Minimum dan Tebal Maksimum.....	4-29
4.3.4	Tinjauan Tebal Lapisan Pondasi dengan Konfigurasi Modulus Maksimum dan Tebal Minimum.....	4-30
4.3.5	Tinjauan Tebal Lapisan Permukaan dengan Konfigurasi Rata-Rata .....	4-32
4.3.6	Perbandingan Rasio Tinjauan Tebal Lapisan Permukaan .....	4-33
4.4	Tinjauan Temperatur Perkerasan .....	4-35
4.4.1	Tinjauan Temperatur Perkerasan dengan Konfigurasi Maksimum .	4-35
4.4.2	Tinjauan Temperatur Perkerasan dengan Konfigurasi Minimum ...	4-36
4.4.3	Tinjauan Temperatur Perkerasan dengan Konfigurasi Modulus Minimum dan Tebal Maksimum.....	4-38
4.4.4	Tinjauan Temperatur Perkerasan dengan Konfigurasi Modulus Maksimum dan Tebal Minimum.....	4-40
4.4.5	Tinjauan Temperatur Perkerasan dengan Konfigurasi Rata-Rata ...	4-41
4.4.6	Perbandingan Rasio Tinjauan Temperatur Perkerasan .....	4-42
4.5	Kompilasi Perbandingan Kekuatan Perkerasan Lentur.....	4-44
BAB V.....		5-1
KESIMPULAN .....		5-1
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA .....		5-3



## DAFTAR NOTASI

$E_1$	: modulus elastisitas bahan beton aspal (MPa, psi)
$H_1$	: tebal lapisan permukaan (in., mm)
$E_2$	: modulus elastisitas bahan batu berbutir (MPa, psi)
$H_2$	: tebal lapisan pondasi (in., mm)
$M_r$	: modulus resilien tanah (MPa, psi)
$\epsilon_c$	: regangan tekan vertikal
$\epsilon_t$	: regangan tarik horizontal
$N_d$	: kekuatan perkerasan lentur kriteria <i>permanent deformation</i>
$N_f$	: kekuatan perkerasan lentur kriteria <i>fatigue cracking</i>
$N_1$	: kekuatan perkerasan lentur dengan satu lapis lapisan pondasi
$N_5$	: kekuatan perkerasan lentur dengan lima sub-lapis lapisan pondasi
CBR	: angka CBR ( <i>California Bearing Ratio</i> ) (%)
R	: angka resistensi tanah
$E_v$	: modulus elastisitas vertikal metode <i>Austroads 2008</i> (MPa)
$E_h$	: modulus elastisitas horizontal metode <i>Austroads 2008</i> (MPa)
$\nu$	: angka Poisson
f	: parameter tegangan tanah
$P_{200}$	: persentase agregat yang melewati saringan No. 200 (%)
fr	: frekuensi pembebanan (Hz)
$V_v$	: persentase pori udara (%)
$\eta_{70^\circ\text{F}, 10^6}$	: viskositas absolut pada kondisi 70°F ( $\times 10^6$ )
$p_{ac}$	: persentase berat aspal (%)
$t_p$	: temperatur perkerasan (°F)
pen	: angka penetrasi aspal
$V_{be}$	: volume efektif aspal
$V_b$	: volume total aspal
RF	: faktor reliabilitas fatik aspal
$k_1, k_2$	: koefisien eksperimental modulus batu berbutir
$g_0 - g_5$	: konstanta regresi persamaan modulus batu berbutir
R	: rasio modulus sub-lapis lapisan pondasi

$R_d$	: jari-jari kontak beban roda (mm)
$p$	: tegangan vertikal beban roda (kPa)
MMPT	: temperatur perkerasan bulanan rata-rata ( $^{\circ}\text{F}$ )
MMAT	: temperatur udara bulanan rata-rata ( $^{\circ}\text{F}$ )
$Z$	: tebal perkerasan untuk perhitungan suhu perkerasan (in.)
WMAAT	: temperatur udara rata-rata metode <i>Austroads 2008</i> ( $^{\circ}\text{C}$ )
WMAPT	: temperatur perkerasan rata-rata metode <i>Austroads 2008</i> ( $^{\circ}\text{C}$ )

# DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1:</b> Diagram Alir .....	1-5
<b>Gambar 2.1:</b> Pembagian lapisan perkerasan lentur (Austroads 2008).....	2-2
<b>Gambar 2.2:</b> Contoh pemodelan regangan yang terjadi pada perkerasan lentur (Austroads 2008).....	2-5
<b>Gambar 2.3:</b> Rasio modulus pori udara masa layan terhadap modulus pori udara 5% dengan isi pori udara (Austroads 2008).....	2-15
<b>Gambar 2.4:</b> Rasio modulus pada suhu perkerasan terbeban terhadap modulus pada suhu uji dengan suhu rata-rata perkerasan (Austroads 2008) .....	2-15
<b>Gambar 2.5:</b> Rasio modulus pada kecepatan layan terhadap modulus pada kecepatan uji dengan kecepatan rancangan (Austroads 2008).....	2-16
<b>Gambar 2.6:</b> Contoh hubungan antara modulus dan kepadatan (Austroads 2008) .....	2-22
<b>Gambar 2.7:</b> Contoh hubungan antara modulus dan isi cairan (Austroads 2008).....	2-23
<b>Gambar 2.8:</b> Contoh hubungan antara modulus dan tegangan (Austroads 2008) .....	2-24
<b>Gambar 2.9:</b> Contoh hubungan antara regangan permanen dan siklus pembebanan (Austroads 2008).....	2-26
<b>Gambar 3.1:</b> Modulus lapisan perkerasan lentur berdasarkan contoh perhitungan.....	3-5
<b>Gambar 3.2:</b> Contoh input data dasar perkerasan lentur untuk (a) metode The Asphalt Institute MS-1 dan (b) metode Austroads 2008 .....	3-7
<b>Gambar 3.3:</b> Contoh input titik tinjauan pada kedalaman perkerasan lentur .....	3-8
<b>Gambar 3.4:</b> Contoh input profil tebal lapisan perkerasan lentur dan angka Poisson untuk (a) metode The Asphalt Institute MS-1 dan (b) metode Austroads 2008. ....	3-9
<b>Gambar 3.5:</b> Konfigurasi pembebanan yang digunakan untuk seluruh perhitungan... ..	3-10
<b>Gambar 3.6:</b> Perbandingan input modulus lapisan perkerasan lentur untuk (a) metode The Asphalt Institute MS-1 dan (b) metode Austroads 2008 .....	3-11
<b>Gambar 3.7:</b> Contoh output regangan yang didapatkan .....	3-12
<b>Gambar 4.1:</b> Perbandingan regangan tekan vertikal kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-2
<b>Gambar 4.2:</b> Perbandingan regangan tarik horizontal kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-3
<b>Gambar 4.3:</b> Perbandingan kriteria deformasi permanen kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-4
<b>Gambar 4.4:</b> Perbandingan kriteria retak fatik kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-5
<b>Gambar 4.5:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-6
<b>Gambar 4.6:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-8

<b>Gambar 4.7:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-10
<b>Gambar 4.8:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-12
<b>Gambar 4.9:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-14
<b>Gambar 4.10:</b> Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-16
<b>Gambar 4.11:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi tebal lapisan pondasi.....	4-18
<b>Gambar 4.12:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-19
<b>Gambar 4.13:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-21
<b>Gambar 4.14:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-22
<b>Gambar 4.15:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-24
<b>Gambar 4.16:</b> Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi tebal lapisan pondasi.....	4-25
<b>Gambar 4.17:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi tebal lapisan permukaan...	4-27
<b>Gambar 4.18:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi tebal lapisan permukaan.....	4-28
<b>Gambar 4.19:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi tebal lapisan permukaan .....	4-30
<b>Gambar 4.20:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi tebal lapisan permukaan .....	4-31
<b>Gambar 4.21:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi tebal lapisan permukaan.....	4-33
<b>Gambar 4.22:</b> Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi tebal lapisan permukaan.....	4-34
<b>Gambar 4.23:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi temperatur perkerasan.....	4-36
<b>Gambar 4.24:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi temperatur perkerasan .....	4-37
<b>Gambar 4.25:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi temperatur perkerasan .....	4-39
<b>Gambar 4.26:</b> Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi temperatur perkerasan .....	4-40

- Gambar 4.27:** Perbandingan kekuatan perkerasan lentur kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi temperatur perkerasan ..... 4-42
- Gambar 4.28:** Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi temperatur perkerasan..... 4-43
- Gambar 4.29:** Kompilasi perbandingan kekuatan perkerasan lentur antara Metode 1L dan Metode 5L ..... 4-45





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1:</b> Perbandingan nilai R, CBR, dan modulus resilien tanah .....	2-9
<b>Tabel 2.2:</b> Nilai asumsi CBR tanah dasar .....	2-10
<b>Tabel 2.3:</b> Nilai viskositas terhadap berbagai suhu rata-rata udara.....	2-13
<b>Tabel 2.4:</b> Nilai viskositas terhadap berbagai tipe aspal.....	2-13
<b>Tabel 2.5:</b> Faktor pengaruh kekakuan aspal dan efek bertambahnya faktor tersebut...	2-14
<b>Tabel 2.6:</b> Modulus (MPa) laboratorium menggunakan uji tarik tidak langsung pada kondisi uji standar .....	2-17
<b>Tabel 2.7:</b> Faktor reliabilitas (RF) yang disarankan untuk retak fatik aspal.....	2-18
<b>Tabel 2.8:</b> Data nilai $k_1$ dan $k_2$ oleh berbagai peneliti .....	2-20
<b>Tabel 2.9:</b> Variasi modulus material batu berbutir terhadap tebal perkerasan dan modulus resilien tanah dasar .....	2-21
<b>Tabel 2.10:</b> Faktor pengaruh modulus material berbutir dan efek bertambahnya faktor tersebut .....	2-22
<b>Tabel 2.11:</b> Nilai asumsi sifat elastis material batu berbutir di bawah lapisan permukaan berbitumen tipis.....	2-24
<b>Tabel 2.12:</b> Modulus vertikal (MPa) untuk sub-lapis teratas dengan bahan standar normal .....	2-25
<b>Tabel 2.13:</b> Modulus vertikal (MPa) untuk sub-lapis teratas dengan bahan standar tinggi .....	2-26
<b>Tabel 3.1:</b> Hasil perhitungan suhu perkerasan minimum dan maksimum.....	3-2
<b>Tabel 3.2:</b> Parameter yang digunakan untuk setiap pilihan data.....	3-6
<b>Tabel 3.3:</b> Hasil perhitungan regangan yang terjadi dengan data minimum dan maksimum .....	3-12
<b>Tabel 3.4:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan lentur dengan data minimum dan - maksimum .....	3-12
<b>Tabel 3.5:</b> Kekuatan perkerasan lentur dalam data minimum dan maksimum untuk kedua metode .....	3-12
<b>Tabel 4.1:</b> Hasil perhitungan regangan menurut masing-masing metode dalam konfigurasi perkerasan lentur dengan data maksimum terhadap variasi modulus resilien tanah.....	4-1
<b>Tabel 4.2:</b> Hasil perhitungan kriteria deformasi permanen dan retak fatik menurut kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-4
<b>Tabel 4.3:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-6
<b>Tabel 4.4:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-7
<b>Tabel 4.5:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-9

<b>Tabel 4.6:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-11
<b>Tabel 4.7:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi modulus resilien tanah.....	4-13
<b>Tabel 4.8:</b> Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi modulus resilien tanah .....	4-15
<b>Tabel 4.9:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi tebal lapisan pondasi.....	4-17
<b>Tabel 4.10:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-19
<b>Tabel 4.11:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-20
<b>Tabel 4.12:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-22
<b>Tabel 4.13:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi tebal lapisan pondasi .....	4-23
<b>Tabel 4.14:</b> Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi tebal lapisan pondasi.....	4-25
<b>Tabel 4.15:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi tebal lapisan permukaan.....	4-26
<b>Tabel 4.16:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi tebal lapisan permukaan .....	4-28
<b>Tabel 4.17:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi tebal lapisan permukaan .....	4-29
<b>Tabel 4.18:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi tebal lapisan permukaan .....	4-31
<b>Tabel 4.19:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi tebal lapisan permukaan .....	4-32
<b>Tabel 4.20:</b> Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi tebal lapisan permukaan.....	4-34
<b>Tabel 4.21:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur maksimum dengan variasi temperatur perkerasan.....	4-35
<b>Tabel 4.22:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur minimum dengan variasi temperatur perkerasan .....	4-37
<b>Tabel 4.23:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus minimum dan tebal maksimum dengan variasi temperatur perkerasan .....	4-38
<b>Tabel 4.24:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur modulus maksimum dan tebal minimum dengan variasi temperatur perkerasan .....	4-40
<b>Tabel 4.25:</b> Hasil perhitungan kekuatan perkerasan kedua metode dalam konfigurasi perkerasan lentur rata-rata dengan variasi temperatur perkerasan .....	4-41
<b>Tabel 4.26:</b> Perbandingan rasio kekuatan perkerasan lentur dalam semua konfigurasi perkerasan lentur dengan variasi temperatur perkerasan.....	4-43

**Tabel 4.27:** Perbandingan rasio beberapa tipe data konfigurasi terhadap tinjauan yang telah dilakukan ..... 4-46



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1: Temperatur Perkerasan Rata-Rata Tahunan (TPRT)

Lampiran 2: Hasil Perhitungan Modulus Lapisan Pondasi dan Regangan



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkerasan lentur memiliki berbagai metode yang dapat digunakan dalam perancangan. Salah satu metode ini adalah metode yang menggunakan pendekatan mekanistik-empiris. Pendekatan mekanistik-empiris merupakan metode yang berdasarkan pada perubahan mekanis yang terjadi pada perkerasan lentur. Metode ini bergantung pada reaksi mekanik yang terjadi pada perkerasan ketika dimodelkan beban roda dengan besar tertentu, secara khusus reaksi mekanik yang digunakan dalam perancangan adalah regangan (The Asphalt Institute, 1982).

Beban sumbu standar digunakan untuk memodelkan perubahan mekanis yang akan terjadi pada perkerasan lentur dengan tebal dan modulus tertentu. Pemodelan ini kemudian akan menghasilkan reaksi mekanik pada perkerasan, dimana yang akan digunakan dalam perhitungan kekuatan perkerasan adalah regangan. Terdapat dua tipe regangan yang dimodelkan, yaitu regangan tarik horizontal yang terjadi pada lapisan permukaan, dan regangan tekan horizontal yang terjadi pada tanah dasar. Kedua regangan ini digunakan dalam perhitungan empiris yang menentukan kekuatan suatu perkerasan lentur menurut dua kriteria, yaitu kriteria retak fatik (*fatigue cracking*) dan deformasi permanen (*permanent deformation*). Kekuatan perkerasan lentur kemudian didapatkan dari nilai minimum dari kedua kriteria tersebut (Austroads Inc., 2008).

Beberapa metode yang menggunakan pendekatan mekanistik-empiris adalah *The Asphalt Institute MS-1* dan *Austroads 2008*. Kedua metode memiliki metode yang berbeda dalam menentukan modulus pada salah satu material, yaitu *unbound granular material*. *Unbound granular material* merupakan bahan yang terdiri dari batu berbutir dan biasa digunakan dalam lapisan pondasi. Modulus *unbound granular material* bergantung pada profil perkerasan lentur lainnya. Oleh karena itu, modulus lapisan perkerasan yang menggunakan bahan tersebut bergantung pada profil perkerasan lentur lainnya, seperti modulus dan tebal lapisan lainnya (The Asphalt Institute, 1982).



Selain ketergantungan modulus *unbound granular material* pada lapisan lain, terdapat satu perbedaan yang membedakan metode *The Asphalt Institute MS-1* dan *Austroads 2008*, yaitu prinsip yang menyatakan bahwa modulus *unbound granular material* tidak konstan sepanjang seluruh kedalaman lapisan. Semakin dalam titik kedalaman lapisan terhadap sumber beban roda, maka modulus *unbound granular material* menjadi semakin kecil. Prinsip ini digunakan oleh metode *Austroads 2008* yang membagi lapisan berbahan *unbound granular material* menjadi beberapa sub-lapis, dengan modulus yang perlahan mengecil seiring dengan mendalamnya sub-lapis (Austroads Inc., 2008).

Metode *The Asphalt Institute MS-1* yang memberikan satu modulus untuk seluruh lapisan pondasi berbahan *unbound granular material* akan menyebabkan regangan yang berbeda dibandingkan dengan metode *Austroads 2008*. Perbedaan ini juga akan mempengaruhi umur kekuatan perkerasan lentur yang didapatkan (Austroads Inc., 2008).

## **1.2 Inti Permasalahan**

Inti permasalahan yang akan diteliti dalam skripsi ini adalah perbedaan modulus *unbound granular material* yang ditentukan menurut kedua metode, dimana metode pertama hanya memberikan satu modulus dan metode kedua memberikan beberapa modulus sesuai dengan jumlah sub-lapis. Perbedaan penentuan modulus ini akan mempengaruhi umur kekuatan perkerasan lentur yang didapatkan, dan akan dihitung besar perbedaan umur kekuatan perkerasan lentur yang dihasilkan oleh kedua metode.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Skripsi ini memiliki tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Menggunakan berbagai profil perkerasan lentur untuk menghitung umur perkerasan lentur menurut metode *The Asphalt Institute MS-1* dan metode *Austroads 2008*.
2. Melihat kecenderungan perbandingan umur perkerasan lentur menurut metode *The Asphalt Institute MS-1* dan metode *Austroads 2008*.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *The Asphalt Institute MS-1* dan metode *Austroads 2008* sebagai dasar.
2. Penelitian hanya dilakukan pada perkerasan lentur.
3. Program yang digunakan dalam perhitungan regangan adalah program *KENPAVE*.
4. Penelitian dilakukan dengan menggunakan lima konfigurasi yang memiliki kombinasi modulus dan tebal lapisan perkerasan lentur yang beragam, sebagai berikut:
  - a. Konfigurasi Maksimum (Modulus dan Tebal Maksimum)
  - b. Konfigurasi Minimum (Modulus dan Tebal Minimum)
  - c. Konfigurasi Modulus Minimum dan Tebal Maksimum
  - d. Konfigurasi Modulus Maksimum dan Tebal Minimum
5. Penelitian dilakukan dengan menggunakan empat tinjauan yang menjadi variabel bebas dalam perhitungan kekuatan perkerasan lentur sebagai berikut:
  - a. Modulus Resilien Tanah ( $M_r$ )
  - b. Tebal Lapisan Pondasi ( $H_2$ )
  - c. Tebal Lapisan Permukaan ( $H_1$ )
  - d. Temperatur Lapisan Permukaan ( $t_p$ )
6. Material yang digunakan pada lapisan permukaan adalah beton aspal.
7. Material yang digunakan pada lapisan pondasi adalah *unbound granular materials*.
8. Penelitian dilakukan dengan membandingkan antara dua metode, yaitu:
  - a. Metode 1L, menggunakan satu lapisan pondasi yang memiliki modulus dengan persamaan *The Asphalt Institute MS-1*.
  - b. Metode 5L, menggunakan lima sub-lapisan pondasi yang memiliki modulusnya masing-masing dengan metode *Austroads 2008*.

9. Perbedaan antara kedua metode hanya pada modulus lapisan pondasi, selain itu:
  - a. Modulus lapisan permukaan disamakan dengan persamaan *The Asphalt Institute MS-1*.
  - b. Tebal lapisan permukaan dan lapisan pondasi disamakan.
  - c. Modulus resilien tanah disamakan dengan persamaan *Austroads 2008*.

### **1.5 Metode Penelitian**

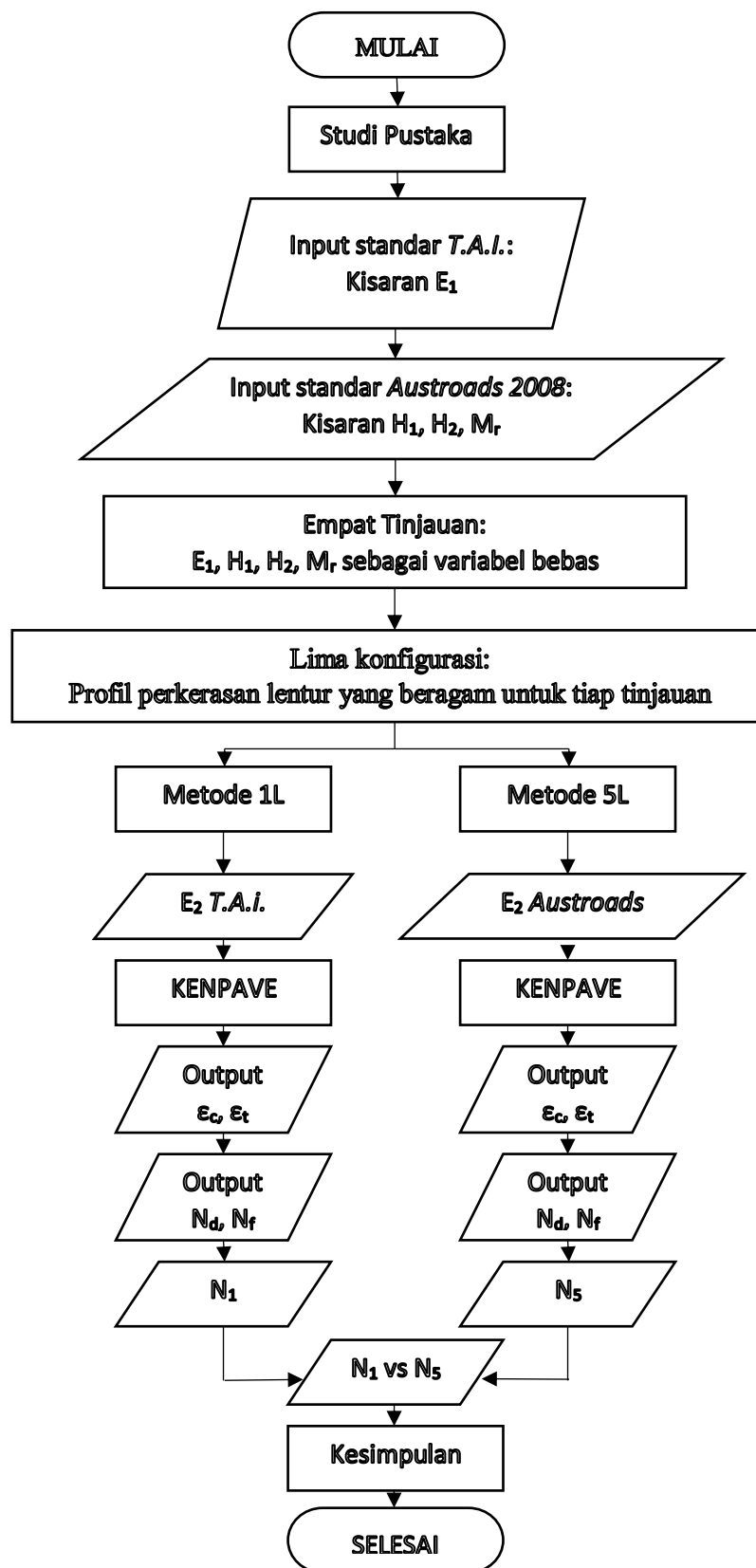
Metode Penelitian yang digunakan pada skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari metode *The Asphalt Institute MS-1* dan metode *Austroads 2008*. Selain itu, studi juga dilakukan dengan mempelajari manual dari program *KENPAVE*, secara khusus bagian perkerasan lentur, yaitu *KENLAYER*.

2. Perhitungan Data

Perhitungan yang dilakukan adalah regangan tekan vertikal dan regangan tarik horizontal yang terjadi pada berbagai tinjauan dan konfigurasi perkerasan lentur. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan kekuatan perkerasan lentur dari berbagai hasil data tersebut. Hasil data terakhir adalah perbandingan umur perkerasan lentur antara kedua metode.



Gambar 1.1: Diagram Alir

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini dibagi dengan sistematika sebagai berikut.

### **Bab 1 Pendahuluan**

Bab ini berisi latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **Bab 2 Landasan Teori**

Bab ini membahas dasar teori yang mendukung skripsi ini.

### **Bab 3 Metode Penelitian**

Bab ini membahas metode persiapan, pelaksanaan, dan analisis yang dilakukan selama penelitian.

### **Bab 4 Pembahasan**

Bab ini membahas analisis yang didapat dari penelitian yang dilakukan.

### **Bab 5 Kesimpulan**

Bab ini memberi kesimpulan yang didapat dari penelitian, dan saran yang berdasarkan pada proses penelitian.