

**TESIS**

**STUDI HUBUNGAN MODULUS ASPAL TERHADAP TINGGI  
JATUH BEBAN LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETER (LWD)  
LABORATORIUM**

**CORRELATION STUDY OF ASPHALT MODULUS TOWARD  
FALLING HEIGHT LOAD OF LIGHT WEIGHT  
DEFLECTOMETER (LWD) LABORATORY**



**ABDUL AZIS**

**D0121 72 016**

**PROGRAM PASCASARJANA  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2019**



**STUDI HUBUNGAN MODULUS ASPAL TERHADAP TINGGI  
JATUH BEBAN LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETER (LWD)  
LABORATORIUM**

***CORRELATION STUDY OF ASPHALT MODULUS TOWARD  
FALLING HEIGHT LOAD OF LIGHT WEIGHT  
DEFLECTOMETER (LWD) LABORATORY***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh :

**ABDUL AZIS**

**D0121 72 016**

Kepada:

**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2019**



**TESIS**

**STUDI HUBUNGAN MODULUS ASPAL TERHADAP TINGGI  
JATUH BEBAN *LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETER* (LWD)  
LABORATORIUM**

Diusun dan Dijukan Oleh

**ABDUL AZIS**

Nomor Pokok D012172016

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
Pada tanggal 02 Januari 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasehat

Dr. Ir. Abdul Rahman Djameluddin, MT.  
Ketua

Dr. Eng. Ir. A. Azein Amiruddin, ST., MT.  
Sekretaris

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Sipil

Dr. Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST., MT.

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, MT.



**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI HUBUNGAN MODULUS ASPAL TERHADAP TINGGI JATUH BEBAN  
LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETER (LWD) LABORATORIUM**

Disusun dan diajukan oleh :

**ABDUL AZIS**

**D012172016**



Gowa, 2019

Menyetujui

Komisi Penasehat:

Dr. Ir. Abdul Rahman Djama'uddin, M.T.

Ketua

Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST, MT

Anggota

Mengetahui :

Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST, MT



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Abdul Azis

Nomor Mahasiswa : D012172016

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan hasil tesis ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2019

Yang Menyatakan

Abdul Azis



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “STUDI HUBUNGAN MODULUS ASPAL TERHADAP TINGGI JATUH BEBAN LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETER (LWD) LABORATORIUM” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Program Magister Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari beberapa pihak maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST.,M.Eng selaku ketua dan sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr.Eng Rita Irmawaty, ST.,MT selaku ketua Prodi S2 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Bapak Dr. Ir. Abdul Rachman Djamaluddin, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan



bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.

5. Bapak Dr. Eng Ir. A. Arwin Amiruddin, ST, MT selaku dosen pembimbing II yang senantiasa membimbing dan terus memotivasi serta telah meluangkan waktu untuk mengarahkan kami dalam penelitian ini.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Sipil fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, staf dan Karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda dan Ibunda, serta kedua kakak yang tersayang atas doa, kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
2. Rekan-rekan dilaboratorium Riset Gempa Struktur, yang senantiasa memberikan dukungan dan dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Teman-teman mahasiswa program Pascasarjana Jurusan Teknik

Sil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah mengukir  
hungan bersama.



4. Bapak Lucky Caroles, S.T., M.T., Rubi Mabud ST., Harbiansyah, dan Haikal sebagai partner tim yang telah berjuang bersama selama proses penelitian berlangsung.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak pernah luput dari kekurangannya, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan akhir ini.

Akhirnya semoga Tuhan melimpahkan rahmatnya dan hidayah-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang teknik sipil.

Makassar, Desember 2019

Penulis

Abdul Azis





## ABSTRAK

**ABDUL AZIS.** *Studi hubungan modulus aspal terhadap tinggi jatuh beban light weight deflectometer (LWD) laboratorium* (dibimbing oleh **Dr. Ir. Abdul Rahman Djamaluddin, M.T** dan **Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST, MT**).

Dalam pembangunan jaringan transportasi, infrastruktur jalan sedang dibangun secara gencar. Diperlukan jaminan kualitas untuk mencegah kegagalan dan memastikan kinerja yang panjang. Untuk pengukuran kualitas suatu pekerjaan jalan khususnya aspal, kini dapat menggunakan alat Light weight deflectometer (LWD) versi laboratorium yang dikembangkan oleh bina marga. Alat Light weight deflectometer (LWD); yang telah dikembangkan untuk evaluasi kekakuan permukaan dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat pemadatan dan menghasilkan modulus elastisitas. Penelitian ini berbasis laboratorium yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh kepadatan campuran beraspal (AC-WC) terhadap nilai lendutan dan modulus elastisitas dengan menggunakan alat LWD versi laboratorium dan menemukan korelasi antara nilai modulus elastisitas aspal terhadap variasi tinggi jatuh beban tumbuk.

**Kata Kunci :** LWD, Modulus Elastisitas, AC-WC



## ABSTRACT

**ABDUL AZIS.** *Correlation study of asphalt modulus toward falling height load of light weight deflectometer (LWD) laboratory* (Supervised by **Dr. Ir. Abdul Rahman Djamaluddin, M.T** dan **Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST, MT**).

In the construction of the transportation network, road infrastructure is being developed intensively . Quality assurance is needed to prevent failure and ensure long performance. To measure the quality of road works, especially asphalt, can now use the laboratory version of the Light weight deflectometer (LWD) developed by DGH. Light weight deflectometer (LWD); which has been developed for evaluation of surface stiffness can be used to estimate the degree of compaction and produce modulus of elasticity. This research is based on laboratory which aims to analyze the effect of asphalt density (AC-WC) on deflection value and modulus of elasticity by using the laboratory version of the LWD and find the correlation between the modulus of elasticity of asphalt on the variation in the height of the mashing load.

**Keyword :** *LWD, Modulus of Elasticity, AC-WC*



## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR NOTASI .....	ix
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Batasan Masalah .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	5
F. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Model Alat LWD Laboratorium .....	8
B. Isu Penggunaan alat Light Weight Deflectometer (LWD) Untuk Memprediksi Umur Rencana Jalan .....	12
C. Perkerasan Lentur Jalan .....	15
D. Pengujian Nilai Modulus Pada Material Aspal .....	31
E. Penelitian Terdahulu .....	40
F. Kerangka Pikir Penelitian .....	45
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	47



B. Rancangan Penelitian .....	49
C. Instrumen Penelitian .....	49
D. Metode Analisis Data .....	54
E. Ekspektasi Hasil Penelitian .....	60

**BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

A. Karakteristik Material .....	61
B. Data Hasil Pengujian Marshall .....	66
C. Data Hasil Pengujian LWD.....	71
a. Data Hasil Pengujian LWD.....	71
b. Penyajian Data Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh .....	72
c. Penyajian Data Grafik Hubungan Modulus Elastisitas dengan tinggi jatuh Beban LWD.....	77
d. Penyajian Data Grafik Hubungan Lendutan Dengan Kadar Aspal Pada Tiap Tinggi jatuh Beban....	83
e. Penyajian Data Grafik Hubungan Lendutan Dengan Kadar Aspal Pada Tiap Tinggi jatuh Beban....	88

**BAB IV KESIMPULAN**

A. Kesimpulan.....	93
B. Saran .....	93

**DAFTAR PUSTAKA.....** 94

AN.....



## DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Faktor Pengali Berdasarkan Kategori dan Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan .....	25
2.	Kategori Kerusakan Jalan .....	28
3.	Penentuan Program Penanganan Pemeliharaan Jalan Berpenutup Aspal/Beton Semen .....	29
4.	Perbandingan Antara Derajat Kepadatan Aktual dan Derajat Kepadatan Dengan LWD .....	37
5.	Perbandingan Antara Derajat Kepadatan dan Modulus LWD pada lapisan pasir.....	38
6.	Metode Pengujian Karakteristik Agregat .....	51
7.	Metode Pengujian Karakteristik Aspal Minyak.....	52
8.	Jumlah Benda Uji Variasi Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)..	54
9.	Pengujian Karakteristik Agregat .....	51
10	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus .....	61
11	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar .....	62
12.	Hasil Gradasi Agregat Gabungan.....	63
13.	Hasil Pengujian Marshall.....	67
14	Hasil Gradasi Agregat Gabungan.....	67
	trafik Penentuan Nilai KAO .....	70
	hasil Pengujian LWD .....	71



## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Skematik LWD .....	10
2.	Mangkuk Defleksi.....	12
3.	Struktur Perkerasan Lentur .....	16
4.	Komponen Struktur Perkerasan Lentur. ....	24
5.	Contoh Nilai Kerusakan Visual Metode Dirgolaksono dan Mochtar... .....	25
6.	Tegangan yang Terjadi Pada Lapisan Perkerasan.....	32
7.	Diagram Tegangan-Regangan .....	33
8.	Skema Pengujian dengan Menggunakan LWD .....	39
9.	Kerangka Pikir Penelitian .....	46
10.	Bagan Alir Penelitian.....	48
11.	Pengoperasian Alat LWD.....	56
12.	Alat dan Komponen-Komponen LWD.....	56
13.	Komponen-komponen Alat LWD Laboratorium .....	58
14.	Proses Pengujian Dengan Alat LWD Laboratorium .....	58
15.	Gradasi Agregat Gabungan.....	58
16.	Hubungan VIM dan Kadar Aspal .....	67
17.	Hubungan VMA dan Kadar Aspal.....	68
	Hubungan VFB dan Kadar Aspal .....	68
	Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal .....	69



20.	Hubungan Flow dan Kadar Aspal.....	69
21	Hubungan MQ dan Kadar Aspal.....	70
22	Grafik Penentuan Nilai KAO.....	70
23.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 5.0%.....	72
24.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 5.5%.....	72
25.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 6,0%.....	73
26.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 6,25%.....	74
27.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 6,5%.....	74
28.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 7,0%.....	75
29.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 7.5%.....	76
30.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal .....	76
31.	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 5.0%.....	77

	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 5.5%.....	78
--	---	----



33.	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 6.0%.....	78
34.	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 6,25%.....	79
35.	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal .5%.....	80
36.	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 7,0%.....	80
37.	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal 7,5%.....	81
38.	Grafik Hubungan Elastisitas Dengan Tinggi Jatuh Dari Pengujian LWD pada Kadar Aspal .....	82
39.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Kadar Aspal Pada Tinggi Jatuh 27cm .....	83
40.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Kadar Aspal Pada Tinggi Jatuh 36cm .....	84
41.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Kadar Aspal Pada Tinggi Jatuh 50cm .....	86
42.	Grafik Hubungan Lendutan Dengan Kadar Aspal Pada Tiap Tinggi Jatuh .....	87
43.	Grafik Modulus Elastisitas Dengan Kadar Aspal Pada Tinggi Jatuh 7cm .....	88





44.	Grafik Modulus Elastisitas Dengan Kadar Aspal Pada Tinggi Jatuh 36cm .....	89
45.	Grafik Modulus Elastisitas Dengan Kadar Aspal Pada Tinggi Jatuh 45cm .....	90
46.	Grafik Modulus Elastisitas Dengan Kadar Aspal Pada Tinggi Jatuh 50cm .....	91
47.	Grafik Modulus Elastisitas Dengan Kadar Aspal Pada Tiap Tinggi Jatuh .....	92



## DAFTAR NOTASI

<b>NP</b>	= Nilai kerusakan perkerasan
$\sigma$	= Tegangan (MPa)
$\epsilon$	= Regangan (mm)
<b>F</b>	= Gaya (N)
<b>A</b>	= Luas penampang (mm <sup>2</sup> )
$\Delta L$	= Perubahan panjang (mm)
<b>L0</b>	= Panjang mula-mula (mm)
<b>Sme</b>	= Modulus kekakuan campuran aspal beton (MPa)
<b>Sb</b>	= Modulus kekakuan aspal (MPa)
<b>m</b>	= Jumlah pukulan palu
<b>LWD</b>	= Light Weight Deflectometer
<b>PA</b>	= Kadar aspal efektif perkiraan terhadap berat agregat
<b>AK</b>	= Persentase agregat kasar tertahan saringan No. 8
<b>AH</b>	= Persentase agregat halus lolos saringan No. 8 tertahan No. 200
<b>F</b>	= Persentase agregat lolos saringan No. 200
<b>S</b>	= Stabilitas (kg)
<b>F</b>	= Flow (pelelehan) (mm)
<b>E</b>	= Modulus elastisitas (MPa)
<b>d0</b>	= Penurunan yang diukur (mm)
<b>v</b>	= Rasio poisson
$\sigma_0$	= Tegangan terapan (MPa)
<b>a</b>	= Jari-jari pelat (mm)
<b>f</b>	= Faktor bentuk tergantung pada distribusi tegangan
<b>d</b>	= Diameter benda uji (cm)
<b>P<sub>max</sub></b>	= Beban maksimum (kN)
	= Ketebalan benda uji (mm)
	= Derajat celcius
	= Persen



<b><math>\pi</math></b>	=	PI radian
<b>cm</b>	=	Centimeter
<b>mm</b>	=	Milimeter
<b>Pen</b>	=	Penetrasi
<b>MQ</b>	=	Marshall Quotient
<b>VIM</b>	=	Void in Mix
<b>VMA</b>	=	Void Mineral in Agregat
<b>ASTM</b>	=	American Society for Testing Materials
<b>SNI</b>	=	Standar Nasional Indonesia
<b>KAO</b>	=	Kadar Aspal Optimum
<b>AASHTO</b>	=	American Association of State Highway and Transportation Officials



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Ada beberapa sistem jaringan jalan, salah satunya yang sangat berperan penting adalah sistem jaringan jalan arteri primer yang merupakan jalan penghubung antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Jaringan jalan ini juga menjadi jalan yang melayani tulang punggung transportasi nasional, sehingga sangat perlu diperhatikan pemeliharannya agar menjaga kualitas layanan jalan serta tidak menjadi penghambat dalam kelancaran lalu lintas.

Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam melakukan aktivitas setiap hari. Jalan raya dengan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku yang baik, harus mempunyai kualitas demi kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Disamping itu perkerasan jalan raya harus mempunyai ketahanan terhadap pengikisan akibat beban lalu lintas, perubahan cuaca dan pengaruh buruk lainnya serta memiliki umur layanan jalan yang ideal. Sesuai Manual

Perencanaan Jalan No : 03/MN/B/1983 kerusakan jalan dikelompokkan

(1) Retak (*cracking*), (2) Distorsi, (3) Cacat Permukaan, (4) ...  
san, (5) Kegemukan (*bleeding*), (6) Penurunan pada bekas



penanaman utilitas. Pada umumnya kerusakan yang terjadi merupakan gabungan dari berbagai jenis kerusakan sebagai akibat dari berbagai faktor yang saling terkait.

Parameter kekuatan struktural dari suatu sistem perkerasan dibutuhkan di dalam evaluasi maupun pemrograman penanganan oleh pengelola jalan. Untuk jalan-jalan tanpa penutup seperti jalan tanah, parameter kekuatan struktural ini diwakili oleh nilai *California Bearing Ratio (CBR)*. Didalam metoda pengujian konvensional nilai *CBR* dari suatu lapisan jalan tanpa penutup diukur menggunakan alat *CBR* langsung atau *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Penggunaan kedua alat ini membutuhkan waktu yang relatif lama dan teknisi yang banyak (minimum 3 orang teknisi). Namun Dengan perkembangan teknologi di bidang komputer, sensor, dan mikro elektronika saat ini telah dikenalkan alat yang lebih praktis yang disebut dengan *Light Weight Deflectometer (LWD)*.

Alat *LWD* terdiri atas beban jatuhan, pelat beban, *geophone*, dan prosesor. Beban jatuhan bertujuan untuk untuk mensimulasikan beban dinamis lalu lintas. Apabila beban dijatuhkan pada ketinggian tertentu maka akan menghasilkan vibrasi yang akan dicatat oleh *geophone*. Data vibrasi ini kemudian digunakan untuk menghitung besarnya lendutan yang dihasilkan oleh beban jatuhan. Perhitungan ini menggunakan rumus-

dasar dari teknologi vibrasi. Nilai lendutan ini kemudian dipakai menghitung besaran modulus elastisitas dari lapisan yang diuji



dengan mengaplikasikan persamaan *Boussinesq* (Transit New Zealand 1998).

Perhitungan untuk mendapatkan lendutan dari data vibrasi *geophone* cukup kompleks. Data vibrasi yang dicatat di dalam domain waktu harus diubah ke dalam domain frekuensi menggunakan transformasi *Fourier*. Beberapa perhitungan kemudian dilakukan pada domain frekuensi ini sehingga mendapatkan nilai lendutan maksimum untuk masing-masing *geophone*. Nilai lendutan inilah yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai modulus elastisitas yang merupakan salah satu parameter kekuatan struktural tanah dan aspal di lapangan.

Dari pengembangan alat LWD lapangan, yang dilatar belakangi Pengambilan dan pengujian nilai lendutan dan modulus elastisitas di laboratorium khususnya laboratorium perkerasan jalan sangat terbatas jenis alatnya dan juga tentunya tidak murah sehingga dari masalah ini muncul sebuah ide bagaimana kita membuat suatu alat yang bisa menjadi alternatif lain dalam penentuan nilai lendutan dan modulus elastisitas yang tentunya lebih cepat, dan lebih murah dan dapat terpercaya. Yakni dimodifikasi sebuah alat LWD yang khusus digunakan di laboratorium. Parameter yang jadi ukuran adalah sampel aspal berbentuk silinder yang bisa diuji di laboratorium dengan mudah praktis dan hemat biaya.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu yang telah

akan di atas, maka studi ini dilakukan mengikuti kaidah-kaidah parameter-parameter yang ada di lapangan, sehingga penulis



membuat penelitian ini dengan judul “ **Studi Hubungan Modulus Aspal Terhadap Tinggi Jatuh Beban *Light Weight Deflectometer (LWD) Laboratorium***”.

## **B. Rumusan Masalah**

Seperti yang telah diuraikan diatas bahwa saat ini pengambilan nilai lendutan dan modulus elastisitas di laboratorium khususnya laboratorium perkerasan jalan sangat terbatas jenis alatnya dan juga tentunya tidak murah sehingga dari masalah ini muncul sebuah ide bagaimana kita membuat suatu alat yang bisa menjadi alternatif lain dalam penentuan nilai lendutan dan modulus elastisitas yang tentunya lebih cepat, dan lebih murah dan dapat terpercaya. Dari permasalahan tersebut, maka dapat dirumuskan yaitu :

1. Bagaimana hubungan nilai modulus elastisitas yang dihasilkan oleh alat LWD versi laboratorium terhadap tinggi jatuh beban LWD.
2. Bagaimana hubungan modulus elastisitas yang dihasilkan oleh alat LWD terhadap kadar aspal.

## **C. Tujuan Penelitian**

Terkait dengan latar belakang dan rumusan permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini perlu dilakukan suatu studi dan analisis yang bertujuan untuk :



1. Menganalisis korelasi antara nilai modulus elastisitas yang dihasilkan oleh alat LWD versi laboratorium terhadap tinggi jatuh beban LWD laboratorium.
2. Menganalisis korelasi antara modulus elastisitas terhadap kadar aspal

#### **D. Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada hal-hal yaitu :

1. Penelitian yang dilakukan adalah berbentuk uji eksperimen di laboratorium.
2. Penelitian ini menggunakan uji beban monotonik pada benda uji berskala silinder.
3. Penelitian ini menggunakan alat LWD versi laboratorium yang telah dibuat sendiri.
4. Penelitian ini menggunakan campuran AC-WC konvensional sebagai campuran beraspal yang diuji dengan menggunakan alat LWD.
5. Penelitian ini tidak membahas tegangan yang diakibatkan oleh perubahan suhu dan pemuaian.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Seiring dengan tujuan yang ingin dicapai, maka manfaat yang akan dari penelitian ini mencakup dalam dua aspek yaitu :  
1. Manfaat akademis





Hasi penelitian yang ingin dicapai merupakan upaya akademik berdasarkan standar dan kaidah ilmiah. Oleh karena itu secara akademis penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan dapat dijadikan acuan (referensi) atau landasan teoritis, khususnya yang terkait dengan hubungan antara nilai modulus yang dihasilkan dari alat *Marshall Test* dengan nilai modulus yang dihasilkan pada alat LWD versi laboratorium khususnya jenis perkerasan AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*).

## 2. Aspek praktis

Manfaat penelitian ini tentunya diharapkan bisa mempunyai sumbangsih yang besar pada ilmu teknik sipil teristimewa Ilmu perkerasan jalan di laboratorium melalui suatu alat/instrument yang dapat menjawab keperluan data yang lebih cepat dan akurat.

## F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar tetap terarah pada tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Sistematika penulisan yang dituliskan dalam penelitian ini adalah :

### BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, berisi tentang latar belakang masalah penelitian, masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan-batasan penelitian serta sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan permasalahan yang akan diteliti, mengamati, menjelaskan tujuan dan pentingnya hasil penelitian bagi



pengembangan ilmu perkerasan jalan, ruang lingkup sebagai batasan dalam penulisan, serta sistematika dan organisasi tentang pengenalan isi per bab dalam disertasi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang teori perkerasan lentur jalan yang terdiri dari pengertian perkerasan jalan, struktur perkerasan lentur, standar mutu perkerasan jalan, konstruksi perkerasan berbutir, konstruksi perkerasan Lentur, pengelolaan perkerasan jalan dan kerusakan pada perkerasan Lentur. Selain itu, bersi tentang pengujian nilai modulus pada material aspal yang terdiri dari teori tegangan dan regangan, modulus kekakuan aspal, metode brown and brunton, metode shell bitumen, Light Weight Defloctometer (LWD), dan kerangka berpikir yaitu konsep dasar pengembangan alat LWD laboratorium dan hasil yang diharapkan.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metodologi penelitian, tempat dan waktu penelitian, design

n, instrumen penelitian dan metode analisis data.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil pengujian mengenai hubungan modulus aspal terhadap tinggi jatuh beban light weight deflectometer (LWD) laboratorium

## BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisa hasil yang diperoleh saat penelitian dan disertai dengan saran-saran yang diusulkan.



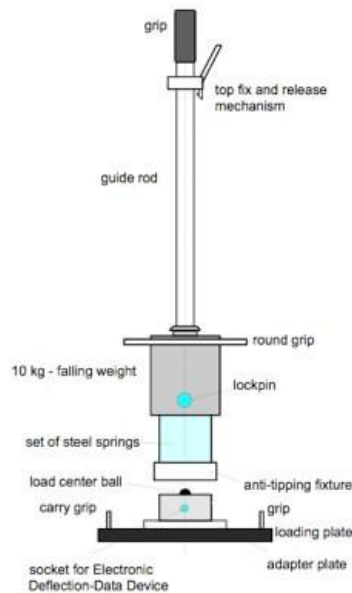
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Definisi *Light Weight Deflectometer*

*Light Weight Deflectometer (LWD)* adalah sebuah perangkat yang mengukur deformasi vertikal oleh massa jatuh, alat ini telah digunakan selama lebih dari dua dekade sebagai jaminan kualitas untuk konstruksi pekerjaan tanah. Perangkat ini khusus digunakan dalam pekerjaan tanah dan, baru-baru ini untuk aspal. Di Amerika Serikat, hasil pengujian LWD, yaitu, defleksi tanah atau perkiraan modulus tanah dinamisnya (dari analisis Boussinesq plat pembebanan pada setengah – ruang elastis), telah digunakan sebagai nilai relative dan kualitatif karena kriterianya tergantung kepada kepadatan kering dan kadar air (David, 2013).





Gambar 1 *Light Weight Deflectometer*. Sumber :Office of Geotechnical Services

*Light Weight Deflectometer* (LWD) adalah perangkat *non destructive testing*, yang juga dapat menentukan defleksi dari aspal tanpa merusak spalitu sendiri. Alat LWD ini dapat digunakan dengan mudah dan sangat cepat dalam penggunaannya.

*Light Weight Deflectometer*(LWD) semakin dipertimbangkan oleh pemerintah Amerika Serikat dan beberapa negara di seluruh dunia. Perangkat uji *in-situ* ini dapat digunakan untuk secara cepat untuk menentukan modulus elastisitas dan parameter masukan untuk desain mekanik, yang memberikan alternatif untuk uji in-situ yang memakan banyak waktu (misalnya, uji beban lem pengstatis) dan parameter

akan untuk desain perkerasan mekanistik. Modulus elastisitas (ELWD) dihitung dengan menggunakan teori setengah ruang



elastik, mengetahui tegangan kontak pelat dan defleksi, dan membuat asumsi untuk distribusi tegangan. Meskipun sebagian besar perangkat menunjukkan kesamaan dalam operasi dan metodologi, ada perbedaan bagaimana tekanan dan tekanan lempeng kontak ditentukan. Hal ini menyebabkan perbedaan nilai ELWD yang dihitung. Komponen perangkat LWD umumnya terdiri dari pelat pemuatan berdiameter 100 sampai 300 mm dengan berat jatuh dari 10 sampai 20 kg, frasa laser/akselerometer atau geofon untuk menentukan defleksi, dan sel beban atau batas beban yang dikalibrasi untuk menentukan tegangan kontak pelat. Untuk berhasil mengembangkan spesifikasi dan penerapan penggunaan perangkat LWD.

### 1. Penentuan Teoritis Modulus Elastis

Berdasarkan elastic Bousinnesq, hubungan antara tekanan dan perpindahan yang diterapkan di dalam tanah untuk kasus basa kaku atau fleksibel yang terletak pada ruang setengah elastic

Semua perangkat LWD menggunakan teori setengah ruang elastic dan mengasumsikan distribusi tegangan untuk menghitung modulus elastic dari tegangan kontak yang diukur (atau diasumsikan) dan defleksi puncak pelat atau tanah langsung di

h pusat pelat.



## 2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengukuran ELWD

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai ELWD meliputi ukuran pelat pemuatan, tekanan kontak pelat, tipe dan lokasi transduser defleksi, rigiditas pelat, tingkat pemuatan, kekakuan penyangga, dan pengukuran bebandi mana faktor-faktor ini mempengaruhi modulus diperlakukan secara terpisah dan dibahas pada bagian berikut.

### a. Tipe dan lokasi sensor defleksi

Sensor defleksi yang berbeda dan posisi pemasangan, misalnya, memiliki akselero meter yang terpasang di piring dari mana bacaannya dua kali terintegrasi untuk menghitung defleksi pelat.

### b. Beban transduser

Beberapa perangkat mengasumsikan kekuatan penerapan konstan berdasarkan uji kalibrasi yang dilakukan pada permukaan yang kaku (misalnya beton), sedangkan perangkat lain mengukur beban sebenarnya yang diterapkan menggunakan sel beban. Secara teoritis, gaya yang diterapkan pada permukaan tidak dapat konstan, karena jelas tergantung pada kekakuan material yang digunakan untuk beban. Namun, karena LWD umumnya digunakan

untuk pengujian lapisan padat yang relatif kaku, kesalahan apapun terkait dengan asumsi kekuatan penerapan konstan dalam



perhitungan mungkin tidak terlalu signifikan. Hasil uji lapangan dan laboratorium dipresentasikan oleh Brandl (2003), dan Kopf dan Adam (2004) menggunakan Zorn LWD menunjukkan bahwa asumsi kekuatan penerapan konstan adalah wajar.

### c. Tingkat Pembebanan dan Kekakuan Buffer

Dengan menggunakan teori *half-space* elastis dalam prosedur estimasi ELWD, defleksi transien maksimum diasumsikan setara dengan defleksi maksimum dari pelat statis dengan diameter dan tekanan terapan yang sama. Beberapa studi, menunjukkan bahwa tingkat pemuatan mempengaruhi ELWD. Tingkat pemuatan dapat dikontrol dengan memvariasikan kekakuan buffer yang ditempatkan di antara tetesan dan pelat kontak. Fleming (2000) melaporkan bahwa penyangga kekakuan yang relatif lebih rendah memberikan transfer beban lebih efisien dan mensimulasikan kondisi pemuatan pelat secara lebih baik.

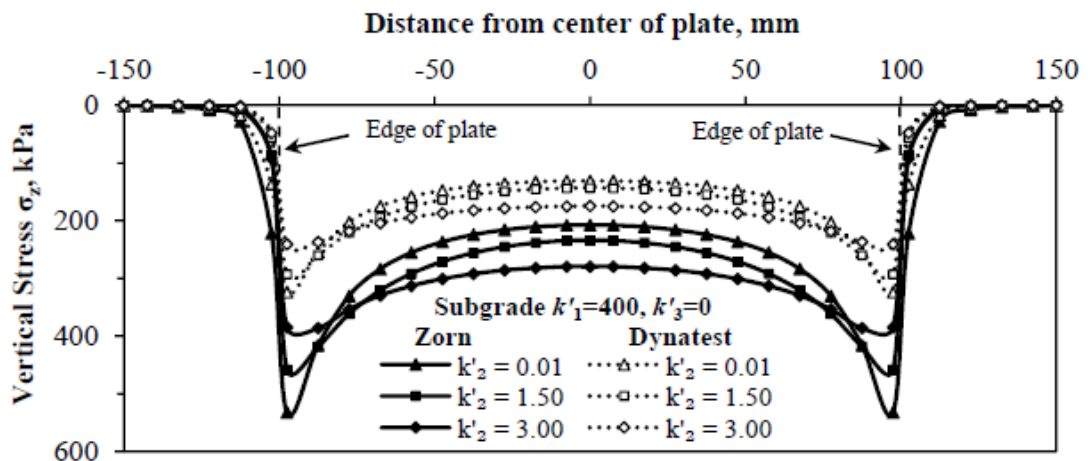
Dengan menggunakan data lendutan, yang biasanya disebut dengan mangkuk defleksi (*deflection bowl*), kekakuan lapisan pembentuk perkerasan dapat ditentukan dari hitungan balik, yaitu dengan menggunakan program-program komputer. Bentuk dari mangkuk defleksi, ditentukan oleh respon perkerasan terhadap beban yang bekerja. Defleksi

terjadi di bawah beban dan semakin menjauh dari pusat beban, semakin mengecil. Bentuk mangkuk defleksi diperlihatkan pada

2.







Gambar 2. Mangkuk defleksi

## B. Perkerasan Lentur Jalan

### 1. Pengertian Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda *kendaraan*, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman S., 2003).

dasarakan bahan pengikatnya, menurut Sukirman S. (1999),

si perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi :

truksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)



Yaitu perkerasan menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton tersebut.

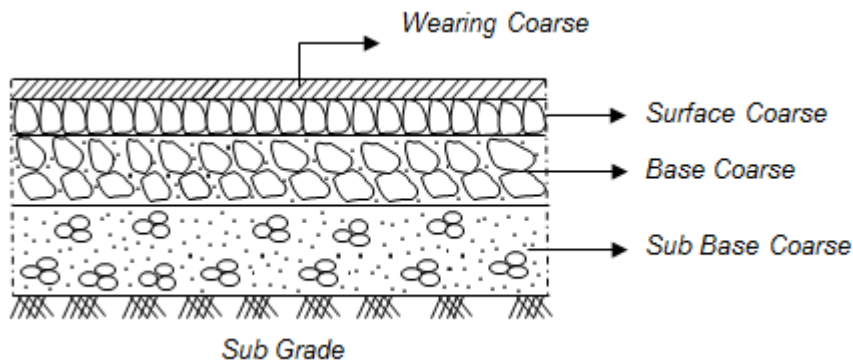
c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan ini biasa disebut dengan perkerasan multi layer dimana perencanaannya harus benar-benar sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan oleh Bina Marga.

## 2. Struktur Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang dibangun di atas tanah dasar (*subgrade*) dimana tanah dasar tersebut harus mempunyai daya dukung yang memadai. Susunan struktur lapisan perkerasan lentur jalan dari bagian atas ke bawah di tunjukkan pada Gambar 2.





**Gambar 2.** Struktur perkerasan lentur (Ali N. dkk., 2010)

a. Bahan penyusun perkerasan lentur

Bahan penyusun lapis permukaan untuk perkerasan lentur yang utama terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, batu pecah/ agregat dan lain-lain. Sedangkan untuk bahan ikat untuk perkerasan biasa berbeda-beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, aspal/ bitumen, *Portland cement*, atau kapur.

b. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat (Kerbs and Walker, 1971). Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-

g ada dari agregat itu sendiri.

da temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastic*, sehingga



aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk perkerasan jalan.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

Hasil proses destilasi atau penyulingan minyak tanah mentah menghasilkan tiga macam aspal (Suryadharma, 2008), yaitu:

1. Aspal keras/panas (*asphalt cement, AC*)
  2. Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*)
  3. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*)
- c. Aspal minyak penetrasi 60/70

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal.

Aspal minyak penetrasi 60/70 terbuat dari suatu rantai hidrocarbon dan turunannya, umumnya merupakan residu dari hasil penyulingan minyak mentah pada keadaan hampa udara, yang pada temperatur normal bersifat padat sampai ke semi padat, mempunyai sifat tidak menguap dan secara berangsur-angsur

bila dipanaskan pada suhu tertentu dan kembali padat jika didinginkan.

Salah satu jenisnya adalah aspal minyak AC-60/70 yang digunakan pada hampir seluruh konstruksi perkerasan lentur selama ini memiliki nilai titik lembek 48 - 58°C.



Kenyataan ini menyebabkan terjadinya kerusakan jalan seperti deformasi, *rutting*, serta *stripping*

Tujuan utama untuk memeriksa bitumen aspal minyak penetrasi 60/70 adalah untuk mengevaluasi kelayakan kinerja dari aspal yang di gunakan, dan aspal pen 60/70 harus memenuhi persyaratan yang diberikan sesuai dengan persyaratan Bina Marga dalam Spesifikasi Umum Revisi 3 Tahun 2010.

### 3. Standar Mutu Perkerasan Jalan

Standar adalah dokumen yang berisi ketentuan teknis dari sebuah produk, metode, proses atau sistem, yang dirumuskan secara konsensus dan ditetapkan oleh instansi yang berwenang (Haryono, 2005). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 102 Tahun 2000 menyebutkan bahwa standar adalah spesifikasi teknis yang dibakukan termasuk tata cara dan metode yang disusun berdasarkan konsensus semua pihak yang terkait dengan memperhatikan syarat-syarat keselamatan, keamanan, kesehatan, lingkungan hidup, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta pengalaman, perkembangan masa kini dan masa yang akan datang untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya.

Aspek-aspek yang mempengaruhi persiapan implementasi sistem mutu konstruksi di lapangan, adalah: (i) kualitas sumber daya manusia, instrumen, kelembagaan dan legalisasi standar (Martin, 1993; Inokuma, Henry, 2002; Harris & Mc Caffer, 2001; Porter, 1998); (ii) peralatan aspek penelitian (Hecker, 1997; Porter, 1998); dan (iii) akurasi dan suplai material (Kini, 1999; Kessides, 1994; Kasi, 1995).



Salah satu faktor yang menjadi kendala lapangan dalam implementasi standar mutu adalah peran aktif kelembagaan yang belum optimal, pendidikan sumber daya manusia yang masih rendah, biaya perawatan peralatan uji yang masih rendah dan ketidakjelasan manual; hal ini terutama terjadi di negara sedang berkembang (Kubal, 1996; Kumar, 2000). Kehandalan alat, manual alat, dan spesifikasi alat juga merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi pemberlakuan standar mutu (Kini, 1999). Beberapa penyimpangan yang sering terjadi dalam pemberlakuan standar mutu perkerasan jalan (Mulyono & Riyanto, 2005) adalah: (i) penyimpangan terhadap metode pelaksanaan; (ii) penyimpangan terhadap perencanaan; (iii) penyimpangan terhadap spesifikasi teknis material; dan (iv) penyimpangan terhadap metode pengujian mutu.

Sjahdanulirwan (2006) menyatakan bahwa jenis kerusakan struktural dini yang sering terjadi pada perkerasan lentur jalan adalah : (i) jalan ambles; (ii) permukaan jalan mengalami retak (*cracking*); (iii) permukaan jalan berlubang (*potholes*); (iv) permukaan jalan beralur bekas roda kendaraan (*rutting*); dan (v) pelepasan butiran agregat pada permukaan jalan (*ravelling*).

#### 4. Konstruksi Perkerasan Lentur



yang dimaksud perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal

sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya. Perlu dilakukan kajian yang lebih intensif dalam penerapannya dan harus juga memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga konstruksi jalan yang direncanakan itu adalah yang optimal. Perkerasan lentur memiliki beberapa karakteristik yaitu :

- a. Memakai bahan pengikat aspal
- b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar.
- c. Pengaruhnya terhadap repitisi beban adalah timbulnya rutting (Lendutan pada jalur roda).
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur antara lain :

- a. Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (differential settlement) terbatas.
- b. Mudah diperbaiki
- c. Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja

memiliki tahanan geser yang baik

Perkerasan ini memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan



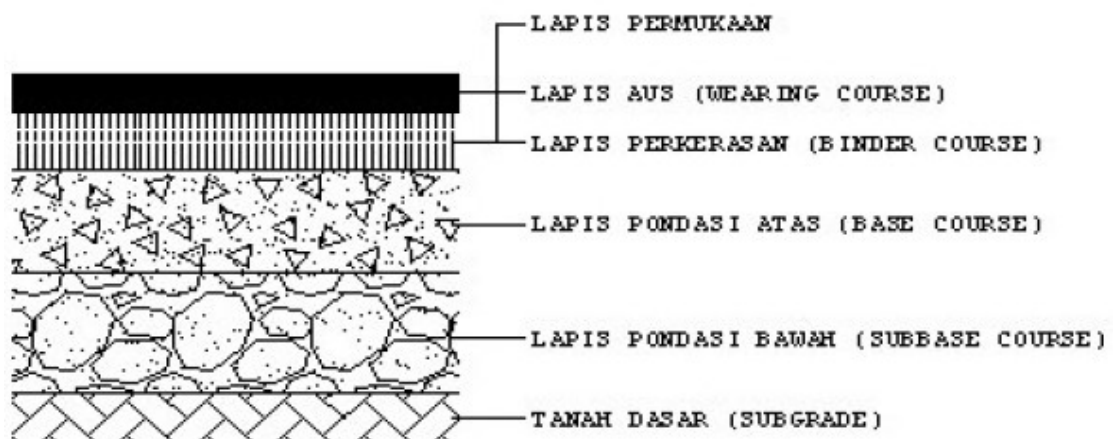
f. Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan.

Kerugian menggunakan perkerasan lentur antara lain :

- a. Tebal total struktur perkerasan lebih tebal dibandingkan.
- b. Perkerasan kaku.
- c. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan.
- d. Tidak baik digunakan jika sering digenangi air.
- e. Menggunakan agregat lebih banyak.

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang mana semakin ke bawah memiliki daya dukung tanah yang jelek. Gambar 3 menunjukkan lapis perkerasan lentur , yaitu :

- a. Lapis permukaan (*surface course*)
- b. Lapis pondasi (*base course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
- d. Lapis tanah dasar (*subgrade*)



**Gambar 3.** Komponen struktur perkerasan lentur

**Manajemen dan Penilaian Perkerasan Jalan**



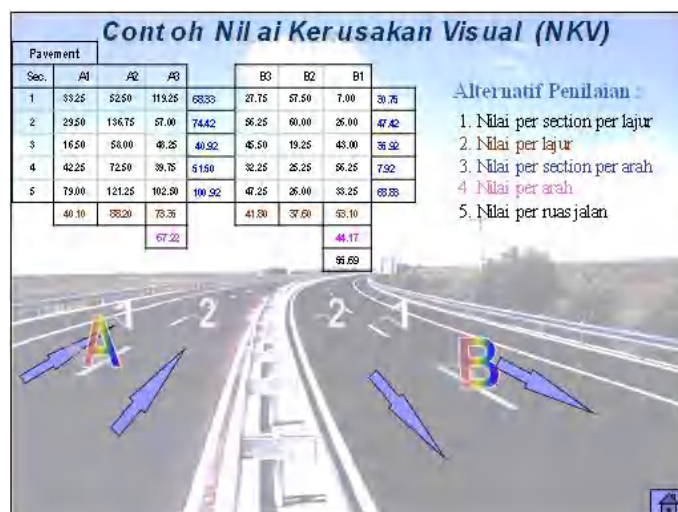


Dalam menentukan pengelompokan tingkat kerusakan pada masing-masing section yang di bagi setiap 100 m' bersama-sama dengan penilaian riding quality serta drainase, dimasukkan dalam form survey. Kemudian untuk menentukan nilai kerusakan diperoleh dengan menjumlahkan masing-masing nilai dari tiap tipe kerusakan. Nilai kerusakan perkerasan (NP) diperoleh dengan rumusan :

$$NP = \text{Nilai Tingkat Kualitas} \times \text{Faktor Pengali} \dots \dots \dots (1)$$

Faktor pengali ditentukan berdasarkan klasifikasi kerusakan seperti pada Tabel 1. Penilaian berdasarkan metode ini dilakukan untuk pembagiannya menurut per section per lajur, per section per arah, dan per ruas jalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Data kondisi yang diperoleh dari survei kondisi kerusakan permukaan (*pavement condition survice*) jalan yang dapat digunakan untuk membuat rencana kegiatan tahunan yang sesuai dengan kondisi perkerasan yang ada di lapangan saat ini.



**Gambar 4.** Contoh nilai kerusakan visual metode Dirgolaksono dan Mochtar

Hal ini bertujuan untuk menginventarisasi kondisi perkerasan jalan yang terjadi di lapangan berdasarkan kondisi aktual. Pengelolaan dan penilaian perkerasan jalan harus didasarkan pada aturan yang tertuang dalam Dirjen Bina Marga. Nilai-nilai kondisi perkerasan jalan berdasarkan dengan tingkat keparahan. Setelah dilakukan perhitungan total nilai perkerasan untuk per section per lajur, per arah dan per ruas jalan maka pengelompokkan kondisi dan cara penanganannya yang terdiri atas 4 bagian dan dapat dijelaskan yaitu :

**Tabel 1.** Faktor pengali berdasarkan Kategori dan jenis kerusakan perkerasan jalan

Kategori	Jenis kerusakan	Faktor pengali
I	1. <i>Pothole</i>	6
II	1. <i>Ravelling Weathering</i> 2. <i>Alligator Cracking</i> 3. <i>Depresion, Upheavel, Corrugation, Shoving, Profile Distortion</i>	2
	1. <i>Block Cracking</i> 2. <i>Tranverse Cracking</i> 3. <i>Longitudinal Cracking</i> 4. <i>Rutting</i>	1



---

IV	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Flushing/ Excess Asphalt</i></li> <li>2. <i>Bituminous Patching</i></li> <li>3. <i>Edge Deterioration</i></li> </ol>	0,25
----	---	------

---

1. Total Nilai Kondisi Perkerasan 0 – 20

Ruas jalan dengan total nilai kondisi perkerasan dibawah 20 secara umum kondisi jalan masih baik. Kerusakan yang terjadi tidak lebih dari 10%, masih dalam tingkat keparahan yang rendah. Jalan dalam kelompok ini tidak memerlukan pemeliharaan.

2. Total Nilai Kondisi Perkerasan 20 – 40

Ruas jalan dengan total pada golongan ini mulai mengalami kerusakan ringan. Kerusakan yang terjadi kurang dari 30% dan mencapai tingkat keparahan sedang tetapi tanpa diikuti kerusakan kategori I. Perkerasan hanya butuh pemeliharaan ringan, misalnya penambalan lubang, *crack sealing* dan *leveling*.

3. Total Nilai Kondisi Perkerasan 40 – 90

Ruas jalan dalam kondisi kritis, dan telah mencapai sampai dengan 60% dan beberapa telah mencapai tingkat keparahan tinggi dan telah diikuti kerusakan kategori I dengan tingkat keparahan rendah. Perkerasan

memerlukan pemeliharaan tingkat sedang seperti manual *patching*, dan *skin patching*.



#### 4. Total Nilai Kondisi Perkerasan Lebih dari 90

Ruas jalan yang mengalami kerusakan telah mencapai 60 % berada dalam tingkat keparahan tinggi. Perkerasan memerlukan perbaikan seperti *manual patching*, perbaikan *base*, *overlay*. Untuk ruas jalan dengan *profile distortion* dengan tingkat keparahan sedang maupun tinggi, jalan tersebut memerlukan rekonstruksi.

Bina Marga telah memberikan Manual Jilid I Pemeliharaan Rutin untuk Jalan Nasional dan Jalan Propinsi (No. 001/T/Bt/1995). Buku tersebut mencakup prosedur survey lapangan pemeliharaan rutin didasarkan atas pengamatan kondisi lapangan berdasarkan tingkat keparahan dan kerusakan jalan yang terjadi. Jenis-jenis kerusakan yang dikategorikan dalam manual ini diperlihatkan pada Tabel 2. Strategi yang dilaksanakan tersebut dapat berupa penambalan, pelaburan permukaan, pelapisan ulang, dan *recycling* tergantung pada tingkat kerusakan dan keparahan dari jalan yang ditinjau.

**Tabel 2.** Kategori kerusakan jalan

Kode kerusakan	Kategori kerusakan	Sub kategori kerusakan
100	Perkerasan	111 – 153
200	Bahu jalan	211 – 252
300	Trotoar	310 – 390
400	Drainase	410 – 490
500	Perlengkapan	510 – 540
600	Jalan	610 – 640



700	Lereng	710 – 740– 823
800	Keadaan Darurat Struktur	

(Sumber : Manual jilid I pemeliharaan rutin untuk jalan Nasional dan jalan Propinsi, 1995)

Penilaian dengan metode Bina Marga hanya sebatas pada perhitungan prosentase kerusakan terhadap luas jalan yang ditinjau, dengan tidak menggunakan koefisien maupun formula tertentu untuk nilai suatu perkerasan. Penentuan kondisi jalan dengan program penanganan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 13 /PRT/M/2011 yang diperlihatkan pada Tabel 3. Strategi penanganan yang direncanakan tersebut disesuaikan dengan jenis-jenis kerusakan yang terjadi. Jenis-jenis kerusakan jalan dijelaskan dalam penelitian ini.

**Tabel 3.** Penentuan program penanganan pemeliharaan jalan berpenutup aspal/beton semen

Kondisi jalan	Prosentase batasan kerusakan (persen terhadap luas lapis permukaan perkerasan)	Program penanganan
Baik (B)	< 6 %	Pemeliharaan rutin
Sedang (S)	6 - < 11 %	Pemeliharaan rutin/berkala
K n	11 - < 15 %	Pemeliharaan rehabilitasi



---

(RR)

---

Rusak berat (RB)	15 > %	Rekonstruksi/peningkatan struktur
------------------	--------	-----------------------------------

---

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 13 /PRT/M/2011)

Evaluasi nilai kondisi jalan, sehingga dapat diketahui kinerja perkerasan jalan, dapat diukur dengan beberapa metode, yaitu :

1. Bina Marga, yaitu salah satu metode yang digunakan untuk memperoleh nilai kondisi jalan melalui survey visual. Metode ini dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Dari nilai kondisi jalan dengan kelas LHR, maka akan diperoleh urutan prioritas penanganan jalan dengan rentang 0-7, sehingga dapat dijadikan acuan dalam penentuan program pemeliharaan jalan.
2. *Pavement Condition Index* (PCI), yaitu suatu metode analisa tingkat pelayanan jalan secara visual yang dikembangkan oleh M. Y. Sahin dan *U. S. Army Corp of Engineer*. Metode ini merupakan salah satu sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat, dan luas kerusakan yang terjadi, serta dapat digunakan acuan dalam usaha pemeliharaan jalan. Nilai PCI bervariasi dari angka 0 sampai 100.
3. Indeks kondisi jalan (*Road Condition Index*) adalah skala dari tingkat kenyamanan atau kinerja dari jalan yang diperoleh dengan pengamatan secara visual atau dengan menggunakan alat roughmeter. Skala angka RCI bervariasi dari 2 – 10.

*ational Roughness Index* (IRI) adalah gambaran kondisi ketidakrataan beraspal dengan menggunakan alat NAASRA (*National Association of*



*Australian State Road Authorities*)-meter. Prinsip alat ini adalah mengukur gerakan vertikal garden belakang kendaraan survey akibat ketidakrataan jalan (jalan yang bergelombang) yang dinyatakan dalam satuan mm/km.

5. Pemeriksaan lendutan jalan (*Bankelmen Beam* dan *Light Weight Deflectometer* (LWD)), merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperoleh data lapangan yang akan bermanfaat pada penilaian struktur perkerasan dan perbandingan sifat-sifat struktural sistem perkerasan yang berlainan. Metode ini dilakukan dengan cara mengukur gerakan vertikal pada permukaan lapis jalan melalui pemberian beban roda yang diakibatkan oleh beban tertentu. Hasil yang ditunjukkan dalam pengujian ini adalah berupa nilai lendutan dari perkerasan jalan tersebut.

### C. Pengujian Nilai Modulus Pada Material Aspal

#### 1. Nilai Tegangan dan Regangan

Proses pembebanan yang dilakukan secara terus menerus pada suatu material akan menghasilkan tegangan dan implikasinya menghasilkan regangan. Tegangan merupakan intensitas beban reaksi pada setiap titik dalam material yang dikenakan oleh beban layanan atau beban rencana, umur layan dari perkerasan jalan, kondisi perakitan, fabrikasi, dan perubahan termal atau perubahan suhu yang terjadi pada material (Jastrzabski, 1987).

Tegangan (*stress*) menyatakan besarnya beban maksimum yang

iterima terhadap luas penampang suatu benda, atau dapat



dikatakan gaya yang bekerja sebanding dengan panjang benda dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya.

Pada lapisan perkerasan, beban lalu lintas yang ada melewati lapisan perkerasan dapat menyebabkan tegangan tekan, yaitu pada lapisan bagian atas, serta tegangan tarik pada lapisan bagian bawah seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. Tegangan dinyatakan dalam persamaan 2.

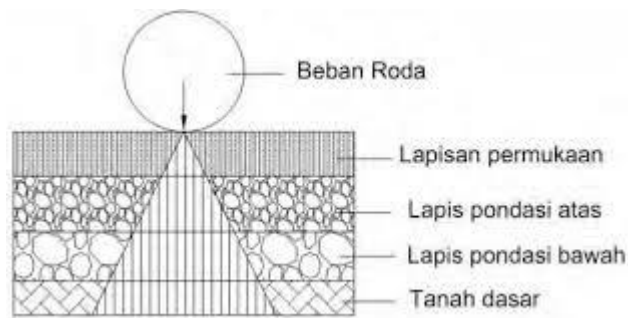
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 5.** Tegangan yang terjadi pada lapisan perkerasan (*Highway Materials, Soils and Concretes* (Atkins, 2003))

Regangan menyatakan deformasi relatif akibat adanya tegangan (tarik atau tekan) (Walubita, 2000). Nilai regangan diperoleh dari hasil

regangan antara besarnya perubahan dimensi ( $\Delta L$ ) yang terjadi akibat





pembebanan terhadap dimensi mula-mula ( $L_0$ ), atau dituliskan dengan persamaan 3.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots \dots \dots (3)$$

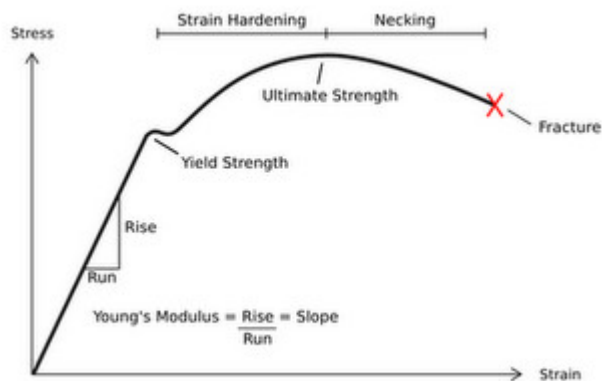
Dimana :

$\epsilon$  = Regangan (mm)

$\Delta L$  = Perubahan panjang (mm)

$L_0$  = Panjang mula-mula (mm)

Gambar 6 memperlihatkan diagram hubungan tegangan dan regangan menurut Jastrzabski, 1987.



**Gambar 6.** Diagram tegangan-regangan (Jastrzabski, 1987)

## 2. Modulus Kekakuan Aspal

Modulus elastisitas adalah angka yang digunakan untuk mengukur ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika diterapkan pada benda itu. Salah satu jenis dalam modulus adalah modulus kekakuan.



Modulus kekakuan adalah modulus elastis yang digunakan dalam teori elastis. Seperti diketahui bahwa hampir seluruh material perkerasan tidak bersifat elastis tapi mengalami deformasi permanen setelah menerima pengulangan beban. Tetapi jika beban tersebut relatif kecil terhadap kekuatan material, maka deformasi permanen yang terjadi pada setiap pengulangan beban yang tinggi hampir dapat kembali secara sempurna dan proporsional terhadap beban. Pada kondisi ini material tersebut dapat dipertimbangkan sebagai material yang elastis (Huang, 1993).

Kekakuan (*Stiffness*) adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis, karena sifat rheologinya kekakuan aspal merupakan hubungan antara tegangan dan regangan sebagai suatu fungsi lama pembebanan dan temperatur. Van der Poel (1954) memberi istilah *Stiffness of bitumen* ( $S_b$ ) sebagai perbandingan antara tegangan-regangan pada aspal, yang merupakan fungsi dari lamanya pembebanan (frekuensi) yang diterapkan, perbedaan temperatur dengan  $T_{800}$  dan *Penetration Index*.  $T_{800}$  adalah temperatur pada saat penetrasi mencapai 800.

Berdasarkan Bina Marga (2013) karakteristik modulus bahan untuk iklim dan kondisi pembebanan Indonesia pada jenis AC-WC adalah 1100 MPa. AASHTO (1993) mengatakan perlunya diperhatikan terhadap beton

apis permukaan (*Asphalt concrete surface coarse*) yang mempunyai nilai Modulus Kekakuan diatas 450.000 psi. Tingginya nilai



modulus kekakuan menyebabkan beton aspal lebih kaku dan tahan terhadap lendutan, namun rentan terhadap suhu dan retak lelah (*fatigue cracking*).

Aspal adalah material yang bersifat viskoelastis dimana sifat material ini akan berubah dari viskos ke elastis tergantung pada temperatur dan waktu pembebanan. Pada temperatur tinggi dan waktu pembebanan yang lama aspal akan berperilaku sebagai *viscous-liquid*, sedangkan bila pada temperatur yang rendah dan waktu pembebanannya singkat maka aspal akan bersifat elastis-padat.

Kondisi yang umum terjadi pada aspal merupakan peralihan dari kedua sifat tersebut, yaitu aspal akan bersifat *viscous-elastis*. Van der Poel mendefinisikan modulus kekakuan aspal sebagai perbandingan antara tegangan yang diberikan dengan regangan yang dihasilkan pada waktu pembebanan tertentu.

### **3. *Light Weight Deflectometer (LWD)***

Alat LWD pertama kali diperkenalkan pada tahun 1981 di Magderburg, German dan dikembangkan oleh *Highway Research Institute* dan *HMP Company in Germany (HMP-LFG)*, The *light drop weight tester*. Pada pasir silika dengan kepadatan relatif 20 - 80% memiliki ELWD sekitar 12-38 MPa. Hasil pengujian lapisan pasir berkapur pada

an relatif dari 20 - 80% memiliki modulus ELWD 8 - 32 MPa.



(Magderburg prüfgeratebau GmbH, [www.hmp-onlin.com](http://www.hmp-onlin.com), dalam A.F Elhakim, dkk., 2013).

Pemakaian *Light Weight Deflectometer* (LWD) semakin meningkat. Dalam melakukan pengujian dengan alat LWD ini, pada jalan tanpa penutup, parameter yang diperoleh adalah modulus elastisitas dari lapisan yang diuji. Parameter modulus elastisitas ini bisa dikonversikan menjadi parameter CBR dengan menggunakan korelasi yang diberikan AASHTO 1993. Korelasi ini tergantung dari jenis lapisan yang diuji (tanah dasar, base A atau base B).

Untuk penggunaan LWD pada jalan beraspal yang berlalu lintas rendah, parameter yang didapat berupa modulus elastisitas tanah dasar dan juga modulus elastisitas sistem perkerasan menggunakan persamaan-persamaan yang diberikan pada AASHTO 1993. Modulus elastisitas sistem perkerasan ini bisa digunakan juga untuk menghitung kekuatan struktural sistem perkerasan *existing* yang pada akhirnya bisa untuk menghitung tebal lapis tambah yang dibutuhkan selama umur rencana.

Dari sisi ini penggunaan alat LWD sangat memberikan keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan alat-alat konvensional seperti *Dynamic Cone Penetration* (DCP), CBR langsung, *Plate Bearing Test*, dll. baik dari sisi waktu maupun akurasinya. Tabel 4 memperlihatkan

perbedaan antara derajat kepadatan aktual dan derajat kepadatan LWD pada lapisan pasir dengan kepadatan 2,67. Derajat



kepadatan aktual dengan derajat kepadatan dengan LWD yang diperlihatkan oleh Tabel 4 tidak berbeda jauh nilainya yang berkisar antara 80 hingga 90%.

**Tabel 4.** Perbandingan antara derajat kepadatan aktual dan derajat kepadatan dengan LWD pada lapisan pasir dengan kepadatan 2,67

No	Pasir Berkapur		Pasir dengan Silika		Pasir Berlanau	
	Derajat Kepadatan Aktual (%)	Derajat Kepadatan dengan LWD (%)	Derajat Kepadatan Aktual (%)	Derajat Kepadatan dengan LWD (%)	Derajat Kepadatan Aktual (%)	Derajat Kepadatan dengan LWD (%)
1	93	90	86	90	90	93
2	95	92	89	93	91	94
3	97	95	92	95	93	95
4	99	98	96	97	95	97

(Sumber : Elhakim, dkk. 2013. *The Use of Light Weight Deflectometer for In Situ Evaluation of Sand Degree of Compaction*. HBRC Journal)

Pada jalan beraspal volume lalu lintas rendah, evaluasi dan monitoring kekuatan struktural sistem perkerasan biasanya dilakukan dengan alat *Benkelman Beam*. Alat ini terdiri dari satu truk standar juga menggunakan sekurang-kurangnya 4 (empat) orang teknisi selain sopir truk sendiri. Selain itu pencatatan yang dilakukan juga secara manual.

ini penggunaan LWD untuk jalan beraspal yang mempunyai lalu rendah sampai sedang jelas lebih efisien dibandingkan dengan



menggunakan alat *Benkelman Beam*. Sebagai alternatif lain dari penggunaan alat LWD khususnya untuk jalan-jalan dengan kategori jalan bervolume lalu lintas rendah. Tabel 5 memperlihatkan perbandingan antara derajat kepadatan aktual dengan modulus LWD pada lapisan pasir dengan kepadatan 2,67.

**Tabel 5.** Perbandingan antara derajat kepadatan aktual dan derajat kepadatan dengan LWD pada lapisan pasir dengan kepadatan 2,67

No	Pasir Berkapur		Pasir dengan Silika	
	Modulus LWD (MPa)	Derajat Kepadatan (%)	Modulus LWD (MPa)	Derajat Kepadatan (%)
1	11	86	8	90
2	19	88	17	92
3	31	93	23	95
4	38	97	34	98

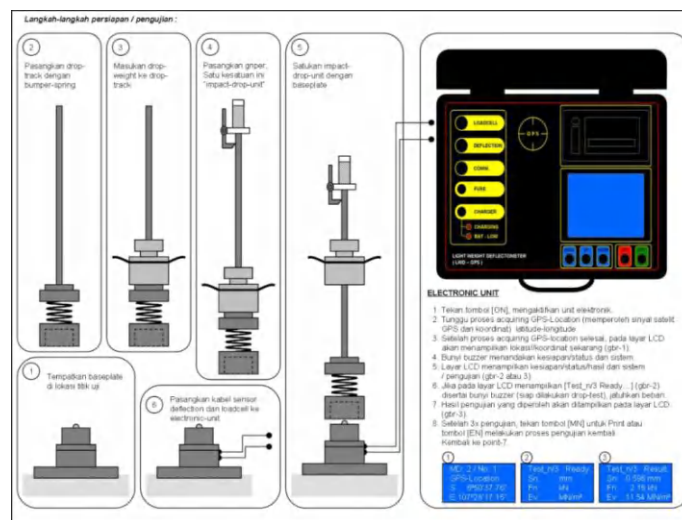
(Sumber : Elhakim, dkk. 2013. *The Use of Light Weight Deflectometer for In Situ Evaluation of Sand Degree of Compaction*. HBRC Journal)

Perhitungan yang digunakan adalah berdasarkan teori-teori dasar seismology serta mekanika tanah khususnya teori Boussinesq untuk menghasilkan nilai modulus elastisitas. Teori dasar seismology digunakan dalam analisis gelombang sampai mendapatkan nilai lendutan yang

in. Sedangkan teori Boussinesq adalah untuk menghitung nilai elastisitas lapisan tanah dengan mempertimbangkan nilai . Dua teori ini dalam pengujian LWD disandingkan untuk



mendapatkan parameter dari tanah yang begitu penting berupa nilai lendutan dan modulus elastisitas. Gambar 8 memperlihatkan skema pengujian alat LWD.



**Gambar 8.** Skema pengujian dengan menggunakan LWD

Penggunaan alat *Light Weight Deflectometer* ini meliputi pengukuran lendutan dari permukaan lapisan akibat beban impact yang dijatuhkan. Selain dari lendutan pada titik pembebanan, lendutan juga harus bisa diukur pada jarak tertentu dari titik pembebanan tersebut. Lendutan yang didapat bisa digunakan untuk perancangan tebal perkerasan jalan. Selain itu, nilai lendutan ini juga digunakan untuk parameter *quality control* dan *quality assurance* serta kekuatan struktural lapisan perkerasan seperti yang ditunjukkan pada ASTM D4695. Untuk pengujian pada lapisan tertentu (aspal, lapis pondasi, lapis pondasi bawah atau tanah dasar),

perhatikan level tegangan yang digunakan pada pengujian. Tegangan yang harus diperhatikan adalah : (Pedoman Metoda Uji



Lendutan menggunakan LWD), Pd 03-2016-B, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat)

1. Bahan tanah dasar dan lapis pondasi bersifat *stress dependent*, maka harus hati-hati dalam melakukan pengujian LWD pada bahan granural. Sebaiknya nilai  $\sigma$  yang digunakan tidak jauh berbeda dengan tegangan aktual rata-rata yang terjadi selama umur pelayanan perkerasan tersebut.
2. Volume bahan tanah dasar dan lapis pondasi yang dipengaruhi oleh beban merupakan fungsi dari besaran beban itu sendiri.

#### D. Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian-penelitian terdahulu telah dilakukan dengan menggunakan alat LWD untuk menghitung nilai modulus pada perkerasan jalan. Mazari M. *et al.*, 2017 memperkenalkan teknologi *Intelligent Compaction* (IC) yang telah muncul selama satu dekade terakhir untuk mengevaluasi kekakuan lapisan perkerasan yang dipadatkan. Penerapan teknologi IC untuk memadatkan lapisan geomaterial yang tidak terikat telah dikombinasikan dengan perangkat *nondestructive testing* (NDT) untuk lebih memberikan karakteristik parameter kekakuan. Area yang

tidak terkoneksi dengan baik dalam melakukan *tes spot* NDT.

Perbedaan antara nilai-nilai kekakuan berbasis *accelerometer* dari rol dan





hasil NDT dapat secara signifikan mempengaruhi interpretasi IC data yang dikumpulkan. Bagian dari situs konstruksi dipilih untuk mengevaluasi korelasi antara hasil dua uji spot NDT, uji beban plat (PLT) dan uji *Light Weight Deflectometer* (LWD) dengan data IC. Hasil penelitian ini merupakan suatu sistem penentuan posisi global dan pendekatan reduksi data. Perangkat LWD tampaknya menjadi perangkat yang tepat untuk memverifikasi area yang kurang kaku yang terdeteksi dari data IC.

Rahman F. *et al.*, 2007 membahas kekakuan tanah dasar yang diperoleh dari perangkat pemadatan baru yang disebut *Roller Intelligent Compaction* (IC) pada proyek tanggul jalan raya di Kansas. Tiga bagian uji pada dua rute dipadatkan menggunakan roller cerdas tunggal drum baja halus Bomag Variocontrol (BVC) yang memadatkan dan pada saat yang sama mengukur nilai kekakuan tanah yang dipadatkan. Pengukuran kontrol pemadatan tradisional seperti pengujian kepadatan, kadar air in-situ, pengukuran kekakuan tanah menggunakan Geogage, tes defleksi permukaan menggunakan *Light Falling Weight Deflectometer* (LFWD) dan *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan tes penetrasi menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa IC roller mampu mengidentifikasi lokasi kekakuan tanah yang lebih rendah dalam arah spasial. Secara umum, kekakuan roller IC menunjukkan sensitif terhadap kadar kelembaban lapangan. Tidak ada korelasi

yang diamati antara kekakuan roller IC, kekakuan Geogage, tanah tanah dasar yang dihitung ulang dari data defleksi LFWD



dan FWD dan *California Bearing Ratio* (CBR) yang diperoleh dari hasil pengujian DCP.

Senseney C. T. *et al.*, 2012 menyajikan skema perhitungan kembali LWD untuk mengetahui parameter lapisan, termasuk ketebalan lapisan atas, dari sistem pekerjaan tanah dua lapis. Pendekatan dapat diselesaikan dengan menggunakan mod

el elemen hingga dinamis (FE) untuk perhitungan data defleksi LWD, dan mengimplementasikan algoritma genetika (GA) sebagai solver. Fungsi objektif diformulasikan sebagai ukuran ketidaksesuaian data antara data yang diprediksi dan yang diamati, dinormalisasi oleh defleksi puncak, dan mencakup 180 titik data dari riwayat waktu defleksi dinamis. Fungsi objektif berisi beberapa lokal minimum yang berpotensi menjebak algoritma pencarian gradien, sehingga memvalidasi aplikasi GA sebagai teknik pencarian global untuk masalah ini. GA diterapkan untuk data sintetik dan eksperimental, dan menunjukkan bahwa ketebalan lapisan atas yang dianalisis, modulus lapisan atas dan modulus yang mendasari untuk data eksperimental dibandingkan dengan nilai yang diharapkan.

Tehrani F. S & Meehan C. L., 2010 mengeksplorasi sensitivitas hasil tes in-situ berbasis modulus yang diukur terhadap efek kadar air pemadatan, sebuah studi lapangan dilakukan di Negara Bagian Delaware pada musim panas 2008. Dua alat LWD digunakan dalam penelitian ini.

mengukur nilai modulus tanah yang dipadatkan, satu dengan pelat kontak 300 mm dan satu dengan diameter pelat 200 mm.



Bahan pengisi diuji selama penelitian ini adalah pasir dinilai buruk dengan lanau (SP-SM). Tujuan dari makalah ini adalah untuk menunjukkan sensitivitas nilai modulus tanah yang diukur terhadap fluktuasi kadar air tanah di lapangan, dan untuk mendiskusikan pendekatan yang mungkin untuk menafsirkan jenis data LWD variabel ini.

Tirado C. *et al.*, 2015 mengevaluasi kinerja LWD dalam berbagai kondisi pemuatan, ukuran pelat yang berbeda, dan beragam sifat geomaterial. Kedalaman pengaruh dianalisis dengan menggunakan kriteria tegangan dan regangan. Parameter model konstitutif nonlinier tampaknya memiliki pengaruh signifikan terhadap kedalaman pengaruh yang diukur dari kedua perangkat yang digunakan. Namun, sifat fungsional yang berbeda dari masing-masing perangkat ditemukan menjadi sumber variasi dalam hasil.

Buechler S. R. *et al.*, 2012 menggunakan metode elemen-diskrit (DEM) untuk menyelidiki hubungan antara sifat-sifat tanah dan respons mekanik untuk pelat (simulasi LWD) dan pemuatan drum-roller. Simulasi tanah granular yang murni tanpa kohesi ditunjukkan untuk menunjukkan medan tegangan dan regangan yang jauh berbeda dibandingkan dengan simulasi tanah kohesif. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan DEM untuk secara akurat memodelkan fitur-fitur makro dari variabel mikro dan interaksi. Perbandingan antara model elemen hingga dan prediksi dibuat

tanah dengan berbagai kemampuan untuk mengirimkan gaya tarik.



Kessler K., 2009 menguraikan asal-usul DCP untuk pengujian tanah dan aplikasi masing-masing untuk berbagai konfigurasi DCP. Berbagai jenis LWD dan hasil yang didapatkan dijelaskan yaitu upaya yang sedang berjalan dalam penggunaan instrumen ini serta standar untuk QC/QA (kontrol kualitas/jaminan kualitas) untuk tanah dasar dan dasar agregat untuk jalan.

Kongkitkul W. *et al.*, 2014 melakukan penelitian terhadap tanah lateritic yaitu tes pemadatan Proctor yang dimodifikasi untuk menentukan kadar air (opt w) yang optimal dan kepadatan kering maksimum yang sesuai), Uji California Bearing Ratio (CBR) pada spesimen yang disiapkan di opt w, tes kerucut pasir untuk menemukan kepadatan lapangan dan karenanya tingkat pemadatan (c D); dan tes LWD untuk menemukan kekakuan permukaan (LWD k). Sementara secara bertahap meningkatkan upaya pemadatan di lubang uji, kerucut pasir dan tes LWD dilakukan pada tanah yang dipadatkan. Ditemukan bahwa ada korelasi yang relevan antara cD dan% CBR dan LWD k. Ketika korelasi ini diketahui, uji LWD dapat menjadi alternatif untuk mengevaluasi cD dan% CBR secara tidak langsung untuk kontrol pemadatan.

Elhakim Amr. F. *et al.*, 2013 melakukan penelitian yaitu pertama, indeks sifat-sifat tanah dari tanah yang diuji termasuk distribusi ukuran butir; rasio void maksimum dan minimum dan gravitasi spesifik diperoleh.

petrografi dari pasir yang diuji juga dilakukan untuk menentukan si mineraloginya. Ruang dengan luas 1-m<sup>2</sup> dibangun untuk



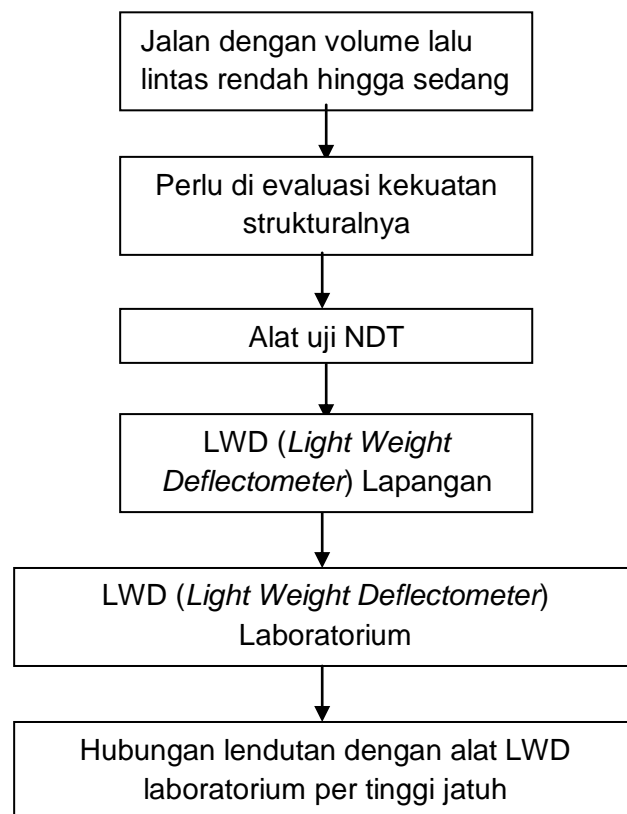
melakukan pengujian LWD di laboratorium. Penelitian dilakukan untuk kerapatan relatif 20%, 40%, 60% dan 80% untuk mewakili perilaku pasir yang sangat longgar, longgar, padat dan padat. Efek dari keberadaan batas kaku di bawah tanah yang diuji pada hasil pengujian juga diselidiki untuk menentukan zona pengaruh deflectometer ringan.

Hariprasad C. *et al.*, 2016 menggunakan Light Weight Deflectometer (LWD) sebagai perangkat kontrol kualitas untuk menilai kualitas lapisan perkerasan yang dipadatkan. Sebagai bagian dari penelitian ini, program pengujian lapangan LWD yang luas dilakukan di jalan bebas hambatan di sepanjang Outer Ring Road (ORR) yang berlokasi di Hyderabad, India, untuk menentukan modulus deformasi (ELWD) lapisan dasar dan permukaan perkerasan. ELWD lapisan dasar dan permukaan yang dipadatkan masing-masing berkisar antara 37,6 hingga 58,6 MPa, dan 89,3 hingga 125,7 MPa. Selain itu, studi kasus pada jalan volume rendah disajikan untuk menunjukkan hubungan antara ELWD dan kepadatan in situ yang diperoleh dari uji kerucut pasir. LWD ternyata mudah dioperasikan dan memberikan hasil tes cepat pada setiap lapisan trotoar. Oleh karena itu, frekuensi uji kontrol kualitas dapat ditingkatkan yang mengarah pada peningkatan kualitas keseluruhan lapisan perkerasan yang dipadatkan.



## E. Kerangka Pikir Penelitian

Konsep dasar pengembangan alat LWD laboratorium didasarkan pada pengujian LWD yang harus dilaksanakan di lapangan yang tentunya menyulitkan beberapa praktisi dalam melakukan justifikasi mengenai nilai lendutan dari perkerasan jalan. Gambar 9 memperlihatkan kerangka pikir penelitian ini.



**Gambar 9.** Kerangka pikir penelitian

#### **F. Kalibrasi Alat LWD pusjatan dan LWD pada umumnya**

Puslitbang Jalan dan Jembatan sebagai sebuah institusi penelitian pengembangan jalan yang berada dibawah Kementerian PUPR melakukan penelitian prototipe *LWD* yang disebut dengan *LWD* Pusjatan. Alat *LWD* Pusjatan ini berbeda dengan alat *LWD* pada



umumnya. Perbedaannya berupa tidak adanya *load cell* sebagai sensor untuk mengukur beban jatuhan yang digunakan (Siegfried 2013). Besaran beban yang digunakan ditentukan oleh level jatuhan yang terdiri atas 5 level. Masing-masing level telah dilakukan kalibrasi dan validasi sebelumnya di laboratorium dengan menggunakan *load cell* standar.

Untuk jalan tanah penggunaan *LWD* Pusjatan telah diaplikasikan pada beberapa ruas di Jawa Barat (Siegfried 2017). Penggunaan *LWD* untuk jalan beraspal diharapkan bisa mengantisipasi keterbatasan jumlah *FWD* di Indonesia dalam melakukan survey pengumpulan data untuk pengelolaan jalan, terutama untuk jalan beraspal dengan volume lalu lintas sedang sampai rendah.

Karena parameter *S<sub>Neff</sub>* sangat berkaitan dengan nilai modulus permukaan, maka untuk melihat kemungkinan penggunaan *LWD* Pusjatan untuk perhitungan tebal lapis tambah dilihat korelasi modulus yang didapat menggunakan kedua alat ini satu sama lainnya. Modulus yang dipakai untuk membandingkan satu sama lainnya adalah modulus permukaan.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Lokasi dan Waktu Penelitian**

