

SE Menteri PUPR

Nomor : 14/SE/M/2019

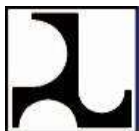
Tanggal : 11 September 2019

# PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

---

**Cara uji lendutan permukaan jalan dengan  
*falling weight deflectometer (FWD)***



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

## Daftar isi

Daftar Isi .....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan .....	iii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Istilah dan definisi .....	1
3 Kegunaan .....	2
4 Peralatan .....	2
5 Prosedur pengujian pada perkerasan lentur.....	3
6 Prosedur pengujian pada perkerasan kaku .....	3
7 Pelaporan .....	4
8 Kalibrasi .....	5
Lampiran A (informatif) File hasil FWD <i>dynatest</i> .....	6
Lampiran B (informatif) File hasil APKJ.....	7
Bibliografi.....	8
Gambar 1 - Konfigurasi <i>geophone</i> untuk pengujian perkerasan lentur.....	2
Gambar 2 - Konfigurasi <i>geophone</i> untuk pengujian perkerasan kaku .....	3
Gambar 3 - Pengujian pada sambungan pendekat .....	4
Gambar 4 - Pengujian pada sambungan jauh.....	4

## **Prakata**

Pedoman ini disusun dengan mempertimbangkan perkembangan teknologi perkerasan jalan, terutama yang berkaitan dengan teknologi untuk pengujian kekuatan struktural sistem perkerasan jalan.

Pedoman ini disusun oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan 91-01-S2 melalui Gugus Kerja Litbang Perkerasan Jalan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Pedoman ini telah dibahas dalam rapat konsensus pada tanggal 29 Maret 2017 di Bandung yang dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait, yaitu perwakilan dari produsen, konsumen, pakar, dan pemerintah.

## **Pendahuluan**

Informasi mengenai kekuatan struktural dibutuhkan dalam pengelolaan jalan. Kekuatan struktural jalan ini dihitung dengan menggunakan parameter masukan lendutan permukaan. Lendutan permukaan jalan ini diukur dengan FWD.

Pada saat ini di Indonesia tersedia beberapa FWD dari pabrikan yang berbeda yang tersebar di berbagai daerah. Agar terdapat keseragaman dalam pengambilan data lendutan menggunakan FWD maka disusunlah Cara uji lendutan permukaan jalan dengan *falling weight deflectometer* ini. Diharapkan dengan disusunnya cara uji ini bisa menjadi acuan buat para teknisi dalam pengumpulan data lendutan permukaan jalan menggunakan alat FWD baik untuk perkerasan lentur maupun perkerasan kaku.

## **Cara uji lendutan permukaan jalan dengan *falling weight deflectometer* (FWD)**

### **1 Ruang lingkup**

Cara uji ini menetapkan ketentuan pengujian lendutan permukaan jalan menggunakan alat FWD yang meliputi persyaratan teknis beban dan konfigurasi *geophone* untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

### **2 Istilah dan definisi**

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut ini digunakan.

#### **2.1**

##### ***falling weight deflectometer* (FWD)**

alat yang digunakan untuk mengukur lendutan permukaan dari sistem perkerasan jalan. Nilai lendutan ini biasanya digunakan untuk memperhitungkan besarnya tebal lapis tambah yang diperlukan, *load transfer efficiency*, dan juga untuk evaluasi karakteristik dari masing-masing lapisan perkerasan jalan

#### **2.2**

##### ***geophone***

sensor elektronik yang merubah gerakan tanah menjadi tegangan listrik sehingga bisa dibaca oleh perangkat mikrokontroler

#### **2.3**

##### ***load cell***

sensor elektronik yang dapat mengeluarkan tegangan listrik yang proporsional dengan beban / gaya yang dialaminya

#### **2.4**

##### **beban jatuhan**

beban yang digunakan pada alat FWD yang terdiri dari metal masif dan dijatuhkan pada ketinggian tertentu sehingga menghasilkan efek beban pada permukaan perkerasan jalan

#### **2.5**

##### **perhitungan balik**

langkah-langkah untuk memprediksi besaran modulus dari tiap lapisan pembentuk sistem perkerasan jalan dengan menggunakan data lendutan, permukaan, dan tebal masing-masing lapisan sebagai data masukan

#### **2.6**

##### **pelat pembebanan**

logam berbentuk lingkaran dengan diameter 30 cm untuk mendistribusikan beban jatuhan pada permukaan sistem perkerasan

#### **2.7**

##### **pengujian *load transfer***

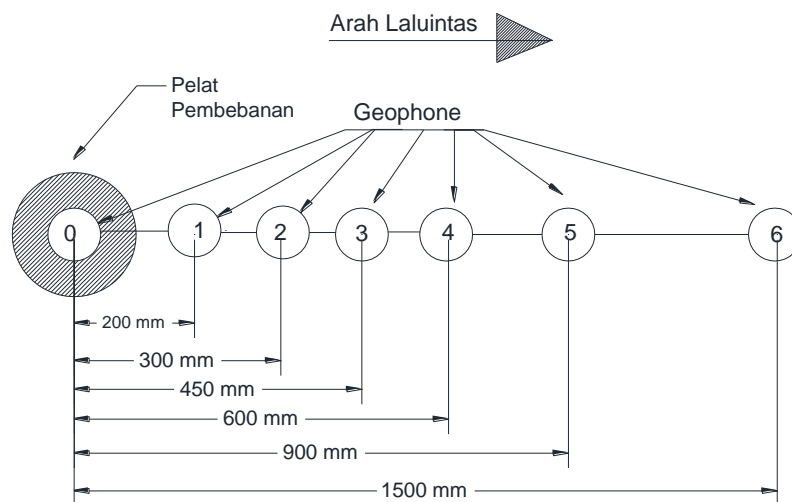
pengujian lendutan pada dua pelat beton bersebelahan yang bertujuan untuk melihat keseragaman daya dukung dari masing-masing pelat beton

### 3 Kegunaan

FWD ini digunakan untuk mengukur lendutan permukaan perkerasan jalan dari hasil beban jatuhnya pada satu titik permukaan jalan. Lendutan diukur pada pusat pembebanan dan beberapa titik terluarnya. Nilai lendutan ini bisa berkorelasi langsung dengan kinerja sistem perkerasan. Selain itu data lendutan ini juga digunakan untuk evaluasi kekuatan struktural, *load transfer efficiency*, menghitung tebal lapis tambah yang dibutuhkan untuk jalan raya atau lapangan terbang serta analisis keberadaan rongga dibawah perkerasan beton.

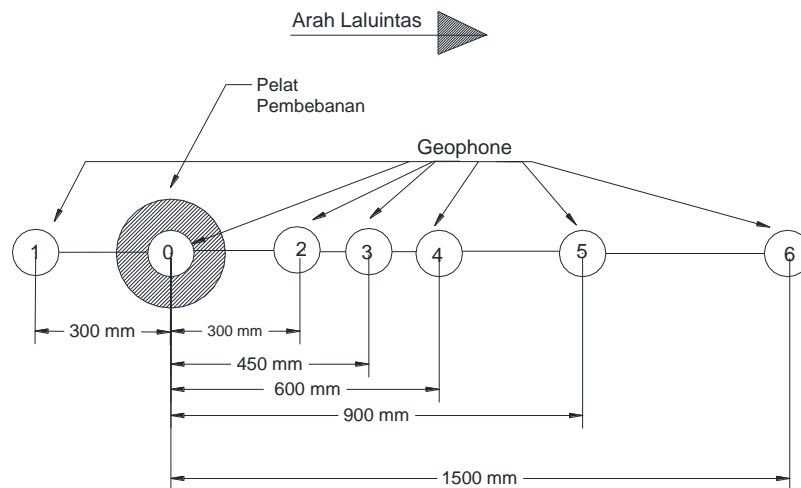
### 4 Peralatan

- 4.1 Secara umum alat ini dinamakan dengan *falling weight deflectometer* (FWD). Untuk tipe yang merupakan produk lokal dinamakan sebagai alat pengukur kekuatan jalan (APKJ). FWD merupakan salah satu alat ukur tidak merusak (*non destructive test*) yang mengukur lendutan permukaan perkerasan pada pembebanan tertentu. Alat ini terdiri atas pelat pembebanan berdiameter 30 cm, sebuah *load cell*, *geophone*, odometer, sensor pengukur temperatur, dan sebuah prosesor. Beban dijatuhkan pada ketinggian tertentu dan menimpa karet *buffer* yang kemudian menghasilkan lendutan di permukaan perkerasan. Lendutan ini dibaca oleh sensor *geophone* melalui sistem rangkaian elektronik pada prosesor.
- 4.2 Untuk pengujian pada perkerasan lentur, digunakan 7 buah *geophone* dengan konfigurasi 0 mm , 200 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, dan 1500 mm seperti ditunjukkan pada skematik di Gambar 1 berikut ini.



**Gambar 1 - Konfigurasi *geophone* untuk pengujian perkerasan lentur**

- 4.3 Untuk pengujian pada perkerasan kaku juga bisa digunakan 7 sensor dengan konfigurasi -300 mm, 0, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, dan 1500 mm seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2- Konfigurasi geophone untuk pengujian perkerasan kaku**

## 5 Prosedur pengujian pada perkerasan lentur

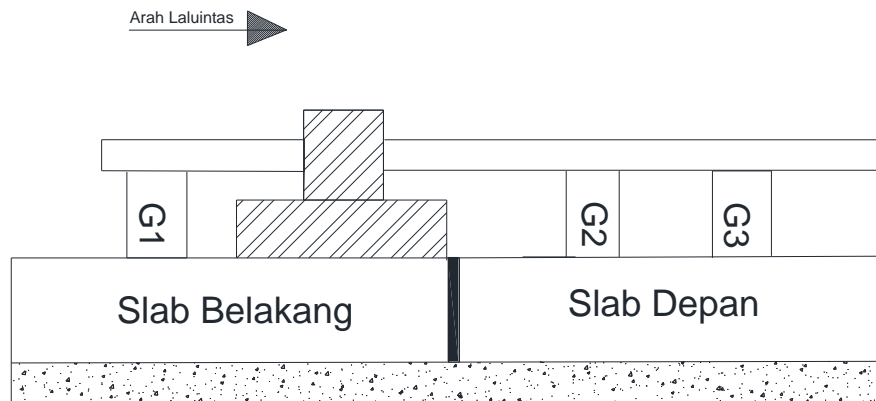
Pengujian FWD pada perkerasan lentur ditujukan untuk mendapatkan data lendutan permukaan dengan konfigurasi jarak *geophone* tertentu. Data ini pada umumnya digunakan untuk perancangan, perencanaan, serta data untuk perhitungan balik (*back calculator*).

- 5.1 Pengujian bisa dilakukan siang ataupun malam hari. Pada saat pengujian perlu diperhatikan pengaturan lalu lintas sehingga tidak menimbulkan kemacetan.
- 5.2 Titik pengujian lendutan menggunakan FWD bisa dilakukan di jejak roda luar, di antara jejak roda, ataupun di jejak roda dalam.
- 5.3 Untuk perencanaan pada ruas jalan yang mempunyai 2 lajur atau lebih, panjang jalan yang diuji minimum 1500 meter dengan jarak antar titik pengujian maksimum 500 meter. Pengujian dilakukan pada tiap lajur.
- 5.4 Untuk perancangan pada ruas jalan yang mempunyai 2 lajur atau lebih, panjang jalan yang diuji minimum 750 meter dengan jarak antar titik pengujian maksimum 100 meter. Pengujian dilakukan pada tiap lajur.
- 5.5 Permukaan jalan yang diuji harus bersih dan rata.
- 5.6 Untuk setiap ruas yang diuji informasi-informasi yang harus dicatat antara lain nama jalan / nomor ruas, nama operator, tanggal dan waktu pengujian serta temperatur perkerasan.
- 5.7 Pada pengujian perkerasan lentur beban yang digunakan sebesar 41 kN.
- 5.8 Minimum digunakan 2 kali drop beban. Drop pertama digunakan sebagai 'penyesuaian' perletakan pelat pembebanan pada permukaan perkerasan. Drop kedua digunakan untuk pengambilan data lendutan permukaan jalan.

## 6 Prosedur pengujian pada perkerasan kaku

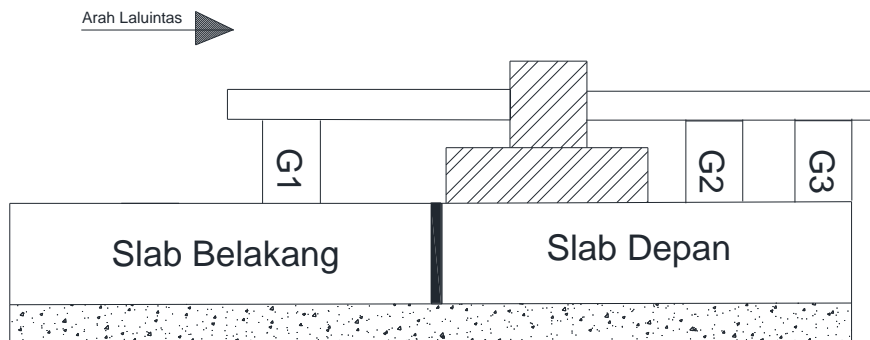
Pengujian FWD pada perkerasan kaku pada dasarnya adalah untuk mengevaluasi efisiensi penyaluran beban (*load transfer efficiency*) antar slab beton.

- 6.1 Pengujian harus dilakukan siang ataupun malam hari. Pada saat pengujian perlu diperhatikan pengaturan lalu lintas sehingga tidak menimbulkan kemacetan.
- 6.2 Titik pengujian lendutan menggunakan FWD pada perkerasan kaku bisa dilakukan di jejak roda luar, di antara jejak roda, ataupun di jejak roda dalam.
- 6.3 Untuk pengujian *load transfer efficiency*, pelat pembebanan diletakkan pada slab belakang seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3 - Pengujian pada sambungan dengan beban pada slab belakang**

- 6.4** Alternatif lain untuk pengujian *load transfer efficiency*, pelat pembebanan diletakkan pada slab depan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4 - Pengujian pada sambungan dengan beban pada slab depan**

- 6.5** Pengujian pada tengah slab dilakukan dengan meletakkan pelat pembebanan pada lokasi maksimum 30 cm atau maximum 10% dari titik tengah dari slab yang diuji.
- 6.6** Untuk pengujian sudut (*edge*), pinggir pelat pembebanan harus diletakkan maksimum 7,5 cm dari sambungan dan sudut dari slab.
- 6.7** Untuk setiap ruas yang diuji informasi-informasi yang harus dicatat antara lain nama jalan / nomor ruas, nama operator, nomor slab, tanggal dan waktu pengujian.
- 6.8** Pada pengujian perkerasan kaku beban yang digunakan sebesar 50 kN.
- 6.9** Minimum digunakan dua kali drop beban. Drop pertama digunakan sebagai 'penyesuaian' perletakan pelat pembebanan pada permukaan perkerasan. Drop kedua digunakan untuk pengambilan data lendutan permukaan jalan

## **7 Pelaporan**

File hasil pengujian sekurang-kurangnya harus memuat:

- a. Nomor ruas jalan
- b. Station pengujian
- c. Arah pengujian
- d. Tanggal dan waktu pengujian
- e. Posisi pengujian: lajur cepat, lajur lambat, sambungan pendekat, sambungan jauh
- f. Nomorseri FWD
- g. Nama operator
- h. Beban yang digunakan



- i. Lendutan masing-masing sensor
- j. Jarak antara sensor
- k. Tipe permukaan
- l. Temperatur perkerasan

## **8 Kalibrasi**

- 8.1** Kalibrasi relative harus dilaksanakan sekurang-kurangnya sekali dalam 30 hari penggunaan alat FWD.
- 8.2** Faktor kalibrasi relative ini harus dimasukkan kedalam program FWD untuk factor pengali.
- 8.3** Kalibrasi jarak harus dilakukan sekurang-kurangnya sekali dalam 30 hari penggunaan alat FWD.
- 8.4** Kalibrasi referensi harus dilakukan sekali dalam dua tahun.

## Lampiran A (informatif)

### File hasil FWD *dynatest*

```
R32      20150119TES FWD 36F20
70      08002-334 86566 00 60 .
150     0 200 300 450 600 9001200
C:\DATA APT\      .FWD
ALUSAN
S
S
86235-1386231-40 0.003 0.018
815.0 3.510.0 3.020.0 3.010.0
Ld 7005 1.000 65.2      .
D1 7111 1.000 1.009      .
D2 7112 1.000 1.023      .
D3 7113 1.000 1.017      .
D4 7114 1.000 0.997      .
D5 7115 1.000 1.006      .
D6 7116 1.000 1.013      .
D7 7117 1.000 1.007      .
D0 7118 1.000 1.006      .
D0 7119 1.000 1.024      .
D* N0 1.000 1.000      .
Administrator
00 3 0000 1 1      .
3 2.0 2 2.0
*TEST SECTION
DtCty PxNnnnS 000+0.0 000+0.0 St
Cty P Nnnn
000+0.0 000+0.0 St ...
300 0 0 0 0 0 0 0
30 90 29190 85375
333.....
333.....
***.....
3 Varias
*TEST SECTION
S 0.003L1 20.2TI 30 19 31641
430 477 336 240 149 97 54 39
587 594 430 312 201 135 76 54
731 729 533 392 256 173 97 68
TITIK 1A
S 0.003L1 20.2TI 30 20 31641
431 454 328 240 154 102 57 40
591 581 428 320 209 140 79 55
731 708 526 395 260 176 99 69
TITIK 1B EDGE
S 0.004L1 20.2ED 31 19 31644
427 480 354 258 162 108 59 39
593 608 454 335 218 148 83 56
729 735 550 413 271 185 103 69
EDGE - TITIK 2A
S 0.004L1 20.2ED 31 19 31644
429 450 338 250 161 108 60 39
588 581 441 332 218 149 83 55
731 710 542 409 272 186 104 70
```

## Lampiran B (informatif)

### File hasil APKJ

Nama File	Dari	Ke	Operator	KM Post	Beban (Kg)	D0 (mikron)	D1 (mikron)	D2 (mikron)	D3 (mikron)	D4 (mikron)	D5 (mikron)	D6 (mikron)	Temperatur (oC)	Komentar	Tipe Permukaan
tegasema	tegal	semarang	Echa	154	4422	120.7	109.9	107.1	108.6	97	84	81.8	-	KM Semarang	Concrete
tegasema	tegal	semarang	Echa	153	4477	145.4	134.9	133.4	128.9	119.1	103.1	106.8	-		Concrete
tegasema	tegal	semarang	Echa	152	4479	127	102.9	100.6	102.7	91.2	79.8	78.2	-		Concrete
tegasema	tegal	semarang	Echa	151	3831	493.6	303.2	280.8	275.7	193.5	131	120.4	-		Concrete
tegasema	tegal	semarang	Echa	150	3796	399.1	324.4	291.7	264.7	188.2	123.8	64.9	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	149	4127	225.7	184.1	172.1	158.5	141.9	112.4	110	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	148	4171	521	426.5	382.3	307.1	235.7	143.7	85.8	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	147	4071	447.2	386.3	352.4	285.6	223.4	135	124.4	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	146	4078	564.5	416.8	373	360.9	217.7	119.6	114.9	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	145	4151	176.3	155.2	150.6	143.6	119.1	87	72	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	144	4083	139.7	135.6	131.6	130.8	118.5	101.8	73	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	143	3919	118.5	115.5	114.6	114	103	88.5	70.4	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	142	3949	143.8	135.5	132	131.8	118.5	104.9	102.3	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	141	4038	657.2	526.8	458.1	338.2	238.5	125.7	115.6	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	141	4038	657.2	526.8	458.1	338.2	238.5	125.7	115.6	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	140	4147	441	309.1	276	229.9	163	94.8	89.7	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	139	4211	184.4	101.1	98.5	99.8	92	83.9	76.1	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	138	4051	160.3	128	126.6	128.1	115.5	98.8	99.1	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	137	4117	176.3	120.8	118.9	118.2	113.8	100	75.5	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	136	4250	103	98.6	95.7	98.2	88.7	79.2	77.1	48.3		Asphalt
tegasema	tegal	semarang	Echa	126	4226	149.9	121.6	115.9	114.8	106.4	94.7	92.2	48.3		Asphalt

## **Bibliografi**

FM 5-606 Florida Test Method for Pavement Deflection Measurements with a Falling Weight Type Impulse Load Device.

ASTM D 4694-96 Standard Test Method for Deflections with a Falling Weight Type Impulse Load Device

ASTM 4695-03 Standard Guide for General Pavement Deflection Measurement

## Daftar nama dan lembaga

### 1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

### 2. Penyusun

Nama	Lembaga
Dr. Ir. Siegfried M. Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan