

ANALISA REPETISI IJIN PADA PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE MEKANISTIK-EMPIRIS

Haerul Purnama^{1*} & Arman Hidayat²

^{1,2} Universitas Sembilan Belas November

* E-mail: Haerulpurnama@gmail.com

Abstrak

Metode mekanistik empiris pada perencanaan perkerasan, berdasarkan desain pada sifat-sifat mekanis material yang berhubungan dengan input beban dan responnya terhadap pembebanan.. Nilai respon perkerasan pada metode mekanis empiris adalah nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada tiap lapisan yang dikontrol melalui parameter kegagalan guna menentukan nilai repetisi ijin berdasarkan tingkat kerusakan deformasi, kerusakan retak alur dan retak leleh pada lapisan Perkerasan. Mendasarkan pada hal itu maka dapat dilakukan evaluasi repetisi ijin perkerasan eksisting berdasarkan nilai kekuatan mekanis material perkerasan terbangun dan beban lalu-lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai repetisi ijin lapisan perkerasan dan membandingkannya dengan nilai repetisi desain, berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai repetisi ijin pada ruas Ruas Jalan Cikkee-Lempongbangke untuk kerusakan retak leleh sebesar 20.273.645 ESAL. Kerusakan retak alur permukaan Sebesar 839.423 ESAL dan kerusakan deformasi permanen sebesar 2.443.336 ESAL. Nilai repetisi ijin ini masih cukup untuk mengakomodasi nilai repetisi desain sebesar 800,000 ESAL.

Kata kunci: Tuliskan kata kunci dari tulisan anda dari khusus ke umum (3-7 kata).

PENDAHULUAN

Pada perkerasan lentur, jumlah lapisan dan kemampuan material penyusun menerima dan menyalurkan pembebanan ke tanah dasar. Penetapan tebal perkerasan pada umumnya menggunakan perkiraan jumlah kumulatif beban sumbu standar (CESA, Cumulative equivalent standar axle) yang akan melalui perkerasan tersebut (Paransa, Jansen, & Manoppo, 2013)

Metode mekanistik empiris pada perencanaan perkerasan, berdasarkan desain pada sifat-sifat mekanis material yang berhubungan dengan input beban dan responnya terhadap pembebanan. Sehingga berdasarkan nilai response tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kegagalan perkerasan (Huang, 1999)

Nilai respon perkerasan pada metode mekanis-empiris adalah nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada tiap lapisan yang dikontrol melalui parameter kegagalan, dalam hal ini parameter kerusakan deformasi total, retak alur dan retak leleh. Nilai tegangan dan regangan pada meningkat seiring dengan dengan peningkatan beban sumbu dan menurun seiring peningkatan nilai modulus elastisitas material, sehingga keseimbangan antara nilai repetisi untuk kerusakan fatigue dan deformasi bergantung pada ketebalan lapis pondasi dan daya dukung tanah (Behiry, 2012).

Prediksi Nilai repetisi ijin perkerasan berdasarkan nilai regangan tegangan pada model pembebanan perkerasan juga umumnya

dilakukan untuk mensimulasikan reaksi lapis perkerasan ketika terjadi perubahan nilai pembebanan (overload) atau peningkatan jumlah repetisi melebihi waktu perkiraan (Wigati & Kushari, 2016). Nilai repetisi izin adalah kumulatif lintas beban sumbu standar (ESAL) yang mampu diterima oleh material lapisan perkerasan sebelum tercapai kegagalan perkerasan (Sahri & Muis, 2018) Nilai ini dapat diperoleh dengan memodelkan lapisan dan pembebanannya menggunakan metode desain mekanistik empiris.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jumlah repetisi ijin akibat pembebanan kendaraan berdasarkan kekuatan mekanistik material dan parameter kegagalan pada perkerasan lentur. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder pada perkerasan jalan terbangun, analisis terhadap nilai tegangan-regangan dilakukan pada lapisan perkerasan dan hasilnya digunakan untuk menentukan jumlah repetisi menggunakan persamaan untuk parameter kegagalan perkerasan.

METODE PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini dibagi atas 2 tahapan :

1. Studi pustaka Dalam kegiatan penelitian ini di mulai dengan tahap studi Pustaka, yaitu pengumpulan data-data berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengujian yang

dilakukan oleh peneliti. dan data sekunder yang diperoleh dari literatur. berupa buku dan jurnal. Pengumpulan data sekunder dari dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Soppeng. berupa peta lokasi. Tebal dan jenis lapisan perkerasan. Nilai properti material yang digunakan pada analisis ini adalah nilai modulus elastisitas dan poisson rasio. data tersebut diperoleh pada manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 berdasarkan tipe lapis perkerasan . Sedangkan untuk nilai Repetisi desain menggunakan nilai maksimum kumulatif beban sumbu standar berdasarkan Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Dengan Lalu Lintas Rendah (Kasus Beban Berlebih) pada manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 [6]:. Untuk data pembebanan digunakan nilai beban kendaraan sumbu standar dengan memodelkan beban gandar. roda dan tekanan ban

2. Tahap Pemodelan dilakukan pada menggunakan aplikasi kenlayer. menginput tebal perkerasan. properti material dan definisi pembebanan sumbu standar. Nilai respon tegangan dan regangan pada lapis perkerasan dianalisis dan di gunakan untuk menentukan jumlah repetisi ijin berdasarkan parameter kegagalan perkerasan yang telah ditentukan sebelumnya.

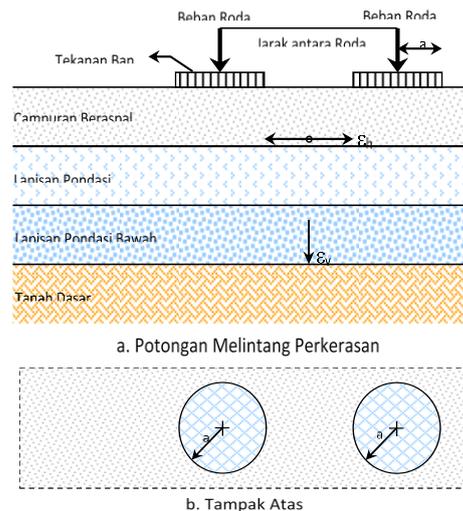
Model Lapisan Perkerasan & Material

Lapisan perkerasan lentur pada ruas jalan Cikkee-Lempongbangke tersusun atas 3 lapisan. AC-BC. LPA (kelas A)dan LPB (kelas B). karakter lapisan di wakili oleh nilai tebal. modulus elastisitas dan poisson ratio. Pemodelan struktur perkerasan dilakukan menggunakan perangkat lunak kenpave dan sub program kenlayer. Spesifikasi lapisan perkerasan yang dimodelkan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik material Perkerasan

No	Lapisan	Material	Tebal (cm)	Modulus Elastisitas (Mpa)	Poisson Ratio
1	Permukaan	AC-WC	4	1100	0.4
2	Permukaan	AC-BC	6	1200	0.4
3	Pondasi Atas	Agregat Kelas A	15	250	0.35
4	Pondasi Bawah	Agregat Kelas B	20	150	0.35
5	Tanah dasar	agregat	∞	108	0.45

Ilustrasi lapisan dan pemodelan pembebanan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Pemodelan Sistem Perkerasan

Definisi Pembebanan

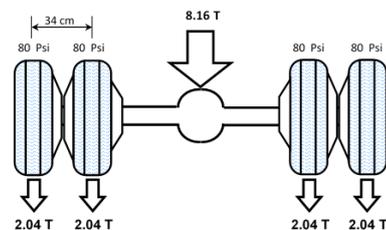
Untuk pemodelan pembebanan dalam perhitungan repetisi izin. digunakan beban gandar standar (sumbu tunggal roda ganda) dengan besaran dan dimensi seperti dinyatakan pada gambar 3. Bidang kontak antara roda kendaraan dan permukaan jalan diasumsikan berbentuk lingkaran. Beban gandar 80 kN terbagi pada 4 roda dengan beban masing-masing 20 kN dengan tekanan ban 750 kPa sehingga membentuk jari-jari bidang kontak tiap roda 92.10 mm.

Data beban yang dimaksud adalah beban roda kendaraan (P.kN/lbs). tekanan ban (q.Kpa/Psi). data jarak antar roda ganda (d.cm/inch). serta jari-jari bidang kontak (a.cm/inch). Data kondisi beban yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan data yang digunakan di Indonesia pada Gambar 3. Jika diuraikan. data yang digunakan adalah sebagai berikut. $P = 18.000 \text{ pon}/8.16 \text{ ton}$.

$q = 0.55 \text{ MPa} = 5.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

$d = 33 \text{ cm}$.

$a = 110 \text{ mm} = 11 \text{ cm}$.



Gambar 2. Konfigurasi beban sumbu

Untuk pembebanan desain tebal perkerasan digunakan nilai lalin desain indikatif (pangkat 4 Overload). sebagaimana ditunjukkan pada

tabel 2. Nilai ini merupakan nilai rujukan beban kumulatif sumbu standar overload untuk kelas jalan lokal sebesar 8 x 105 CESA

Tabel 2. Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Dengan Lalu Lintas Rendah)

Deskripsi Jalan	LHRT (2 arah)	Umur Rencana	Lalin Desain Indikatif (pangkat 4 overload)
Jalan desa minor dg akses kendaraan berat terbatas	30	20	4.5 x 10 ⁴
Jalan Kecil 2 arah	90	20	7 x 10 ⁴
Jalan Lokal	500	20	8 x 10 ⁵
Akses Lokal daerah industry atau quarry	500	20	1.5 x 10 ⁶
Jalan Kolektor	2000	20	1.5 x 10 ⁶

Sumber : manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013

Parameter Kegagalan Perkerasan

Dari hasil regangan tegangan yang diperoleh maka dapat menentukan angka repetisi maksimum/repetisi beban jalan yang diijinkan sampai terjadi kerusakan dengan menggunakan persamaan berikut :

Retak Lelah

Retak Lelah atau fatigue cracking merupakan sejumlah retak memanjang yang saling berhubungan yang disebabkan oleh pembebanan yang berulang oleh roda kendaraan. Retak ini umumnya dimulai dari retak longitudinal pendek dan berkembang menjadi retak pola kulit buaya[2]. Jenis retak ini terjadi akibat regangan tarik horizontal dibawah lapisan bawah aspal yang merambat ke atas dan kemudian menyebabkan hilangnya integritas struktural lapisan perkerasan. Untuk kriteria retak (fatigue) diatas dapat dihitung menggunakan persamaan yang umum digunakan yakni [7]:

$$N_f = f_1(\epsilon_h)^{-f_2}(E)^{-f_3} \quad (1)$$

Dimana :

N_f = Jumlah repetisi beban yang diizinkan

ϵ_h = Regangan tarik horizontal

E = Modulus elastisitas

Tabel 3. model kegagalan retak lelah (Fatigue cracking) oleh beberapa organisasi

No	Organsasi	f1	f2	f3
1	Asphalt Institute	0.0795	3.291	0.854
2	Shell Research	0.0685	5.671	2.363
3	US Army Corps of Engineer	497.156	5	2.66
4	Belgian Road Research Center	492E-14	4.76	0
5	Transport & Research laboratory	1.66E-10	4..32	0

Sumber : Abu El-Maaty Behiry.A.E. 2012

Deformasi Total

Deformasi total (permanent deformasi) adalah kriteria kegagalan yang disebabkan oleh perulangan regangan tekan vertikal pada bagian atas permukaan lapisan tanah dasar (subgrade). Persamaan umum Transport and Road Research yang mensyaratkan kedalaman alur 0.4 inch (10.2 mm). Persamaan umum untuk menentukan kriteria deformasi total adalah sebagai berikut [7]::

$$N_f = f_4(\epsilon_v)^{-f_5} \quad (2)$$

Dimana :

N_f = Jumlah repetisi beban yang diizinkan

ϵ_v = Regangan tekan vertikal

E = Modulus elastisitas

Tabel 4. model kegagalan Deformasi oleh beberapa organisasi

No	Organsasi	F4	F5
1	Asphalt Institute	1.365E-09	4.477
2	Shell Research	6.15E-07	4
3	US Army Corps of Engineer	1.81E-15	6.527
4	Belgian Road Research Center	3.05E-09	4.35

5	Transport & Research laboratory	1.13-06	3.75
---	---------------------------------	---------	------

Sumber : Abu El-Maaty Behiry.A.E. 2012

Retak Alur (Rutting)

Rutting adalah kriteria kegagalan yang disebabkan oleh perulangan regangan tekan vertikal pada bagian bawah lapisan aspal. Persamaan umum untuk menentukan kriteria deformasi total adalah sebagai berikut[7] :

$$N_f = f_4 (\epsilon_v)^{-f_5} \quad (3)$$

Dimana :

- N_f = Jumlah repetisi beban yang diizinkan
- ϵ_v = Regangan tekan vertikal
- E = Modulus elastisitas

HASIL DAN PEMBAHASAN

ANALISIS TEGANGAN – REGANGAN PADA PERKERASAN

Output hasil analisis menggunakan KENLAYER berupa nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada lapisan perkerasan lentur jalan. Nilai tersebut merupakan respon perkerasan terhadap pembebanan sumbu standar . respon yang di analisis pada penelitian ini adalah regangan tekan vertikal dan regangan tarik horizontal sebagaimana ditunjukkan pada tabel 5 & 6.

Tabel 5. Regangan vertikal pada perkerasan

No	Koordinat Vertikal	tegangan tekan vertikal
1	0	-1.829E-04
	9.99	4.967E-04
	44.99	3.544E-04
2	0	-1.089E-04
	9.99	2.967E-04
	44.99	3.863E-04
3	0	-2.130E-04
	9.99	1.576E-04
	44.99	3.918E-04

Tabel 6. Regangan vertikal pada perkerasan

No	Koordinat Vertikal	(Regangan Tarik Horizontal)
1	0	2.547E-04
	9.99	-3.463E-04
	44.99	-1.909E-04
2	0	1.407E-04
	9.99	-3.242E-04
	44.99	-2.034E-04
3	0	-2.744E-05
	9.99	-2.961E-04
	44.99	-2.057E-04

Berdasarkan hasil analisis kenlayer, pada lapisan aspal diperoleh nilai regangan vertikal maksimum akibat pembebanan beban sumbu standar sebesar 4.967×10^{-4} , nilai regangan horizontal sebesar 3.463×10^{-4} serta nilai regangan vertikal pada lapis pondasi bawah sebesar 3.918×10^{-4} . nilai repetisi kemudian ditentukan dengan menghitung nilai ESAL untuk masing-masing parameter kerusakan menggunakan nilai regangan maksimum pada tiap lapisan.

- a. Jumlah Repetisi untuk mengontrol retak leleh (*Fatigue cracking*)

$$N_f = f_1 (\epsilon_h)^{-f_2} (E)^{-f_3}$$

$$N_f = 0.0796(3.463 \times 10^{-4})^{-3.921} (1100000)^{-0.854}$$

$$N_f = 20.273.645,29 \text{ ESAL}$$

- b. Jumlah Repetisi untuk mengontrol retak alur (*Rutting*)

$$N_f = f_4 (\epsilon_v)^{-f_5}$$

$$N_f = 1.365 \times 10^{-9} (4.967 \times 10^{-4})^{-4.77}$$

$$N_f = 839.423 \text{ ESAL}$$

- c. Jumlah Repetisi untuk mengontrol deformasi total (*Permanent Deformation*)

$$N_f = f_4 (\epsilon_v)^{-f_5}$$

$$N_f = 1.365 \times 10^{-9} (3.918 \times 10^{-4})^{-4.77}$$

$$N_f = 2.443.336 \text{ ESAL}$$

PEMBAHASAN

Sebagai kontrol Nilai repetisi ijin perkerasan, dilakukan dengan memperbandingkan nilai repetisi ijin dan nilai repetisi aktual selama umur rencana perkerasan. Dari hasil kalkulasi diperoleh :

Tabel 7. Perbandingan Nilai Repetisi Ijin dan Desain

Jenis Kerusakan	Nilai repetisi Ijin (ESAL) x10 ³	Repetisi Desain selama UR (ESAL) x10 ³	Ket
retak lelah	20273	800	Nf > Nd
retak alur	839.423	800	Nf > Nd
deformasi	2.443	800	Nf > Nd

PENUTUP

Berdasarkan nilai respon tegangan regangan pada perkerasan untuk tiap jenis kerusakan memiliki nilai repetisi ijin yang berbeda-beda. Untuk kerusakan retak lelah nilai repetisi izin sebesar 20.273.645 ESAL, Untuk kerusakan retak alur nilai repetisi izin sebesar sebesar 839.423 ESAL. Untuk kerusakan deformasi Total nilai repetisi izin sebesar 2.443.336 ESAL. Tebal perkerasan memenuhi dapat mengakomodir pembebanan karena nilai repetisi ijin tersebut masih lebih besar daripada nilai repetisi Desain.

Berdasarkan perbandingan nilai repetisi ijin dengan repetisi desain. urutan kerusakan yang akan terjadi adalah retak alur pada lapis aspal permukaan dengan lalu terjadi deformasi permanen dan retak lelah

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat pada penelitian ini mulai dari proses pengumpulan data hingga artikel ini diterbitkan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada LP2M Universitas Sembilanbelas November Kolaka yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Berbasis Visi Universitas Sembilanbelas November.

DAFTAR PUSTAKA

Behiry, A.-M. (2012). Fatigue and rutting lives in flexible pavement. *Ain Shams Engineering Journal*, 367-374.

Huang, Y. H. (1999). *Pavement Analysis and Design*. New Jersey: Prentice hall.

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA. (2017). *MANUAL PERKERASAN JALAN (REVISI Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta: KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM .

Matthew, T. V., & Rao, K. (2006). *Introduction To Transportation Engineering*. Mumbai: Indian Institute of Technology Bombay.

Paransa, M., Jansen, F., & Manoppo, M. R. (2013). Studi Pengaruh Pengambilan Angka Ekuivalen Beban Kendaraan Pada Perhitungan Tebal Perkerasan Fleksibel Di jalan Manado-Bitung. *Jurnal Sipil Statik Vol.1*, 505-514.

Sahri, D., & Muis, Z. A. (2018). Potensi Pengaruh Beban Overloading Terhadap Perkerasan (Studi Kasus : Jl Raya Lubuk Pakam) . *Jurnal Teknik Sipil USU*.

Wigati, I. H., & Kushari, B. (2016). Prediksi Umur Pelayanan Jalan Penambahan beban Menggunakan Metode Mekanistik-Empiris (Studi Kasus: Jalan Raya Lubuk Pakam). *Proceedings of the 19th International Symposium of FSTPT* (pp. 1602-1608). Malang: Universitas Islam Indonesia.