

Pengaruh Suhu Perkerasan Terhadap Umur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analitis

Nola Riwiwobo^{1*}, Fibia Sentauri Cahyaningrum¹, Taruna Firlian Tama¹, Friska Amelia¹

¹Institut Teknologi dan Bisnis Ahmad Dahlan Lamongan

Jl. KH. Ahmad Dahlan 41 Jetis Lamongan 62218 Jawa Timur

*n.riwiwobo@ahmaddahlan.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i2.19043>

Abstrak

Penelitian akan membahas tentang pengaruh suhu perkerasan dengan variasi suhu udara antara 24 °C dan 30 °C terhadap umur perkerasan lentur jalan. Data sekunder lapangan yang diperoleh diolah dengan metode *Nottingham Design Method*. Selanjutnya, hasil pengolahan data tersebut digunakan untuk menghitung nilai *strain* dengan program BISAR 3.0 (*Bitumen Stress Analysis in Roads*). Nilai *strain* hasil analisis program BISAR 3.0 yang berupa *asphalt mix horizontal tensile strain* (ϵ_t) dan *subgrade vertical strain* (ϵ_z) digunakan untuk menghitung umur perkerasan lentur jalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa bila menggunakan kriteria kerusakan retak leleh, kenaikan suhu sebesar 5,8% akan menyebabkan penurunan umur perkerasan lentur jalan sebesar 0,7% (kondisi kritis) atau sebesar 0,6% (kondisi gagal). Namun bila menggunakan kriteria kerusakan deformasi permanen, kenaikan suhu sebesar 5,8% akan menyebabkan penurunan umur perkerasan lentur jalan sebesar 1,5% (kondisi kritis) atau sebesar 1,0% (kondisi gagal).

Kata Kunci : suhu perkerasan, umur perkerasan lentur jalan, variasi suhu, retak leleh

Abstract

This study will discuss the effect of temperature design with variations in air temperature between 24 °C and 30 °C on the life of flexible pavements. The obtained secondary field data was processed using the Nottingham Design Method. Furthermore, the results of the data processing are used to calculate the strain value with the BISAR 3.0 program (*Bitumen Stress Analysis in Roads*). The strain values resulting from the BISAAR 3.0 program analysis in the form of asphalt mix horizontal tensile strain (ϵ_t) and subgrade vertical strain (ϵ_z) are used to calculate the life of flexible pavements. The results of the analysis show that when using fatigue crack damage criteria, a temperature increase of 5.8% will cause a decrease in the life of flexible pavement by 0.7% (critical condition) or 0.6% (failed condition). However, when using the criteria for permanent deformation damage, a temperature increase of 5.8% will reduce the life of flexible pavement by 1.5% (critical condition) or 1.0% (failure condition).

Key words : *temperature design, life of flexible pavements, temperature variation, strain values*

PENDAHULUAN

Ruas jalan yang aman dan nyaman merupakan dambaan bagi para pengguna jalan, sehingga dalam perancangannya harus mempertimbangkan beberapa parameter. Salah satu parameter yang harus dipertimbangkan adalah faktor iklim yang mempengaruhi suhu perkerasan (Swarna & Hossain, 2022). Parameter tersebut berperan penting dalam penentuan jenis aspal yang akan digunakan. Sifat *visco-elastic* material aspal menjadikan lapisan beraspal sensitif terhadap

perubahan suhu (Brown & Brunton, 1986). Oleh karena itu, pengetahuan mengenai pengaruh suhu perkerasan terhadap umur perkerasan lentur perlu dikembangkan.

Pada umumnya perkerasan dirancang dengan pendekatan empiric (Sukirman, 2010). Metode tersebut mengacu pada hasil "*full scale test*" yang dilaksanakan di Ottawa, Amerika Serikat pada awal tahun 60-an (Yoder & Witczak, 1975). Metode empiris dikembangkan berdasarkan pengalaman dan penelitian yang telah dilakukan. Beberapa metode empiris untuk perancangan tebal perkerasan, antara lain : Metode AASHO 1972 (AASHO, 1972), Metode Asphalt Institute (TAI, 1970), Metode Road Note 29, Metode Road Note 31, dan Metode Analisa Komponen 1987 (SNI, 2002). Analisis perancangan struktur perkerasan jalan menggunakan metode analitis perlu

Article History:

Received: May, 25th 2022; **Accepted:** July, 29th 2023

Cite this as :

Riwiwobo, N., Cahyaningrum, F.S., Tama, T.F & Amelia, F. 2023. Pengaruh Suhu Perkerasan Terhadap Umur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analitis. *Rekayasa*. Vol 16(2). 204-211.

dilakukan seiring dengan perkembangan ilmu perancangan perkerasan jalan. Keunggulan analisis struktur perkerasan menggunakan pendekatan analitis adalah dapat melakukan analisis dengan berbagai macam variasi komponen pada saat proses perancangan. Salah satu metode analitis perancangan struktur perkerasan jalan adalah *Nottingham Design Method*. Perhitungan tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan *displacements* dalam satu sistem berlapis-lapis yang elastis dilakukan dengan program BISAR (*Bitumen Stress Analysis in Roads*) yang dikembangkan oleh *Shell Research*.

Lapisan aspal pada perkerasan lentur merupakan lapisan teratas yang secara langsung menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Studi pengaruh area perkerasan terhadap perubahan suhu udara menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara dipengaruhi oleh luas area perkerasan yang terkena langsung sinar matahari (Saputro *et al.*, 2010). Pada penelitian pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis beton aspal campuran panas AC-WC dan HRS menyimpulkan bahwa temperatur berpengaruh signifikan terhadap regangan tarik, tegangan tarik, modulus resilien, stabilitas dinamis, nilai serta laju deformasi permanen (Latifa, 2011). Peningkatan suhu pada lapisan beraspal perkerasan lentur mengakibatkan penurunan nilai modulus elastik (Hardwiyono, 2011).

Suhu permukaan jalan terbukti mempengaruhi kekuatan geser *tack coat* pada perkerasan lentur (Toad *et al.*, 2016). Penelitian tentang pengaruh variasi perubahan suhu pada proses pemadatan aspal panas (*asphalt hotmix*) lapis antara (AC-BC) terhadap parameter *marshall* dengan acuan Spesifikasi Bina Marga 2010 telah dilakukan. Semua parameter pengujian *Marshall* pada suhu 135 °C, 145 °C, dan 155 °C telah terpenuhi. Pada suhu 125 °C dan 115 °C tidak memenuhi parameter *Marshall* karena nilai *Void in Mix* (VIM) dan *Marshall Quotient* (MQ) tidak masuk spesifikasi Bina Marga 2010. Sedangkan pengujian *marshall* pada suhu 115°C, 125°C, dan 135°C tidak memenuhi semua parameter *Marshall* karena nilai *Marshall Quotient* (MQ) tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010 (Raharjo *et al.*, 2016). Besarnya nilai *Marshall* yang bergantung pada suhu pemadatan dapat berpengaruh terhadap kualitas jalan (Sugiarto *et al.*, 2016). Penelitian tentang pengaruh temperatur terhadap karakteristik laston

AC-WC menggunakan asbuton modifikasi JBMA-50 dan aspal minyak juga telah dilakukan. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pengujian nilai *marshall* asbuton modifikasi JBMA-50 relatif lebih stabil jika dibandingkan dengan aspal minyak (Erizal, 2018). Pengaruh suhu pemadatan dengan variasi 60-120 °C menggunakan aspal BGA 5/20 terhadap nilai *marshall* mempunyai stabilitas yang cukup dan memenuhi spesifikasi (Bitu, 2019).

Nilai kepadatan VFA (*Void Filled with Asphalt*), Stabilitas, dan MQ (*Marshall Quotient*) semakin meningkat seiring dengan peningkatan suhu pemadatan, baik pada *AC-Base* tanpa dan dengan penambahan plastik PET. Sebaliknya, nilai VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Agreggate*), dan *Flow* menurun seiring dengan peningkatan suhu pemadatan (Mawardi *et al.*, 2020). Temperatur rata-rata tertimbang (WMAPT) desain perkerasan lentur yang lebih tinggi dari rekomendasi Manual Desain Perkerasan Jalan yaitu sebesar 41 °C terbukti berpotensi memperpendek umur perkerasan (Tjan & Al-Ghifari, 2020). Pengaruh temperatur pada campuran aspal AC-WC dengan parameter *Marshall-Test* juga telah dilakukan. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa temperatur pada pencampuran *Asphalt Concrete Wearing Course* dengan Suhu 150°C didapat nilai parameter *marshall* : Stabilitas rata-rata sebesar 1,060 kg, nilai VMA rata-rata sebesar 15,6%, nilai VIM rata-rata sebesar 4%, nilai VFA rata-rata sebesar 71,5%, nilai *flow* rata-rata sebesar 3 mm dan nilai MQ rata-rata sebesar 380,0 kg/mm (Salsabilla *et al.*, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu perkerasan terhadap umur perkerasan lentur menggunakan metode analitis yang berupa *Nottingham Design Method*. Struktur perkerasan lentur yang digunakan terdiri dari Lapis AC-WC 5 cm, Lapis AC-BC 5 cm, Lapis Pondasi Atas CTB (*Concrete Treated Base*) 35 cm dan Lapis Pondasi Bawah Agregat Klas B 20 cm. Suhu perkerasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu udara yang telah dikalikan dengan faktor temperatur desain pada kriteria kerusakan retak lelah dan deformasi permanen. Variasi suhu udara yang digunakan adalah 24 °C, 25 °C, 27 °C, 29 °C dan 30 °C. Dari setiap suhu udara yang ditinjau tersebut kemudian dilakukan perhitungan sampai diketahui besarnya umur perkerasan yang terjadi. Sehingga pengaruh suhu perkerasan

terhadap umur perkerasan lentur menggunakan metode analitis dapat diketahui.

METODE PENELITIAN

Prinsip utama metode analitis pada perkerasan lentur adalah mengasumsikan perkerasan jalan menjadi *multi-layer elastic structure*. Beban kendaraan yang melintas dianggap sebagai beban statis merata. Tegangan (*stress*) atau regangan (*strain*) maksimum yang terjadi pada struktur tersebut akan menjadi dasar perancangan tebal struktur perkerasan lentur. Penelitian ini menggunakan program Bisar 3.0 untuk menghitung regangan (*strain*) yang terjadi pada lapis perkerasan. Program Bisar 3.0 merupakan program yang telah didesain berdasarkan *Nottingham Design Method*. Metode tersebut dikembangkan oleh *University of Nottingham* di Inggris.

Langkah awal yang dilakukan dalam perencanaan perkerasan lentur menggunakan *Nottingham Design Method* adalah mengetahui suhu udara rerata tahunan pada wilayah yang akan dirancang perkerasan lentur tersebut. Data lain yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan perkerasan lentur tersebut adalah kecepatan rata-rata dari kendaraan dan kumulatif beban gandar standar yang akan direncanakan. Perhitungan nilai kekakuan (*stiffness*) lapis pondasi dan konversi satuan umur perkerasan lentur dalam msa (*millions of standard axles*) ke tahun menggunakan pedoman Bina Marga 2002 (Ditjend Bina Marga, 2002). Secara umum menurut Brown dan Brunton (Brown & Brunton, 1986) temperatur desain dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Untuk kriteria retak lelah

$$\text{Temperatur desain} = 1,92 T \dots\dots\dots(1)$$

Untuk kriteria deformasi permanen

$$\text{Temperatur desain} = 1,47 T \dots\dots\dots(2)$$

T = suhu udara rerata tahunan (°C)

Menurut Brown dan Brunton (1986) nilai kekakuan tanah dasar dapat dikorelasikan secara kasar dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) maupun nilai IP (*Index Plastisitas*) tanah dasar dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S_s = 10 \times \text{CBR} \dots\dots\dots(3)$$

$$S_s = 70 - \text{IP} \dots\dots\dots(4)$$

dengan S_s = kekakuan tanah dasar (MPa)

Kekakuan bitumen dapat diperkirakan dengan bantuan nomogram yang dibuat oleh Van der Poel (1954). Sedangkan waktu pembebanan menurut

Brown dan Brunton (1986), dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\log t = 5 \times 10^{-4} h - 0,2 - 0,94 \log v \dots\dots(5)$$

dengan :

t = waktu pembebanan (detik)

h = ketebalan lapisan (mm)

v = kecepatan kendaraan (km/jam)

Pfeiffer dan Van Doormaal (1950), menyatakan bahwa nilai Penetration Index dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A = \frac{\log(\text{penetrasi pada temperatur titik lembek}) - \log(\text{penetrasi pada } 25^\circ\text{C})}{\text{titik lembek} - 25^\circ\text{C}} \dots\dots(6)$$

$$\text{Penetration Index} = \frac{20 - 500A}{50A + 1} \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan yang sesuai menurut Heukelom dan Klomp (1964) untuk menentukan kekakuan campuran elastik adalah sebagai berikut :

$$S_{me} = S_b \left[1 + \left(\frac{2,5}{n} \right) \left(\frac{C_v}{1 - C_v} \right) \right]^n \dots\dots\dots(8)$$

$$n = 0,83 \log \frac{4 \times 10^4}{S_b} \dots\dots\dots(9)$$

$$C_v = \frac{V_A}{V_A + V_B} \dots\dots\dots(10)$$

dengan :

S_{me} = kekakuan campuran elastik (MPa)

S_b = kekakuan bitumen (MPa)

C_v = konsentrasi volume agregat (%)

V_A = *volume of aggregate* (%)

V_B = *volume of binder* (%)

Rumus di atas hanya digunakan untuk kepadatan dengan volume rongga kurang dari 3%. Untuk kepadatan dengan volume rongga lebih besar dari 3% digunakan rumus sebagai berikut :

$$C'_v = \frac{C_v}{1 + (0,01 \cdot \text{VIM} - 0,03)} \dots\dots\dots(11)$$

dengan :

C'_v = modifikasi konsentrasi volume agregat (%)

VIM = *voids in mix*/volume rongga udara dalam campuran (%)

Modifikasi ini hanya berlaku jika volume konsentrasi bitumen (C_b) memenuhi nilai $C_b > 2/3 (1 - C'_v)$. Besarnya volume konsentrasi bitumen (C_b) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_b = \frac{V_B}{V_B + V_A} \dots\dots\dots(12)$$

dengan :

V_A = *volume of aggregate* (%)

V_B = *volume of binder* (%)

Berikut rumus yang dapat digunakan untuk menghitung umur perkerasan lentur pada kriteria retak lelah menurut Brown dan Brunton (1986) :

$$\log N = 15,8 \log \epsilon_t - k - (5,13 \log \epsilon_t - 14,39) \log V_B - (8,63 \log \epsilon_t - 24,2) \log SP_i \dots\dots\dots(13)$$

dengan :

N = umur perkerasan lentur (msa)

- ϵ_t = asphalt mix horizontal tensile strain (μ strain)
- k = konstanta retak lelah (kondisi kritis k = 46,82; untuk kegagalan, k = 46,06)
- V_B = volume of binder (%)
- SP_i = initial softening point ($^{\circ}C$)

Sedangkan pada kriteria deformasi permanen untuk menghitung umur perkerasan lentur menurut Brown dan Brunton (1986) dapat digunakan rumus sebagai berikut :

1. Untuk kondisi kritis

$$N = f_r \left[\frac{7,6 \times 10^8}{\epsilon_z^{3,7}} \right] \dots\dots\dots(14)$$

2. Untuk kegagalan

$$N = f_r \left[\frac{3 \times 10^9}{\epsilon_z^{3,57}} \right] \dots\dots\dots(15)$$

dengan :

N = jumlah kumulatif beban sumbu standar selama umur perkerasan lentur (msa)

ϵ_z = subgrade vertical strain (μ strain)

f_r = rut factor

Berikut besarnya nilai rut factor untuk beberapa tipe material :

- Hot rolled asphalt : 1,00
- Dense bitumen macadam : 1,56
- Modified rolled asphalt : 1,37
- Modified dense bitumen macadam : 1,52

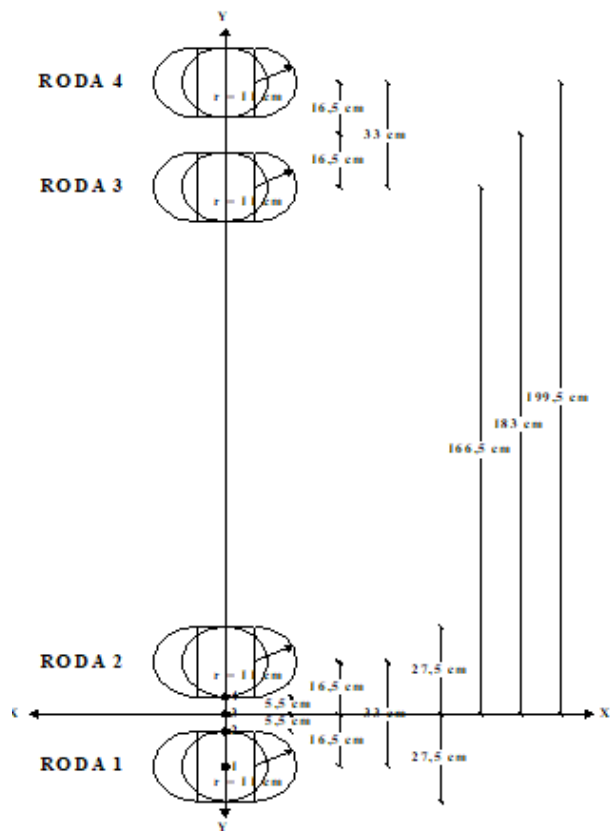
Nilai rut factor dapat diasumsikan sama dengan satu ($f_r = 1$) untuk standard rolled asphalt dalam keadaan aman, jika terdapat keraguan dalam identifikasi campuran aspal. Selanjutnya untuk mengkonversi satuan umur perkerasan lentur dalam msa (millions of standard axles) ke tahun menggunakan prosedur dari Ditjen Bina Marga (Departemen Pekerjaan Umum).

HASIL PEMBAHASAN

Pada penelitian ini suhu perkerasan diperoleh dari perhitungan suhu udara yang telah dikalikan dengan faktor temperatur desain sesuai kriteria kerusakan. Kriteria kerusakan yang ditinjau pada penelitian ini adalah kriteria retak lelah (fatigue cracking) dan deformasi permanen (permanent deformation). Variasi suhu udara yang digunakan adalah 24 $^{\circ}C$, 25 $^{\circ}C$, 27 $^{\circ}C$, 29 $^{\circ}C$, dan 30 $^{\circ}C$. Sedangkan beban sumbu kendaraan adalah beban sumbu standar seberat 8,16 ton yang bertumpu pada empat roda. Sehingga masing-masing roda memikul beban seberat 2,04 ton atau setara dengan 20,0056 kN. Koordinat pusat beban roda dan posisi titik yang ditinjau pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Variasi suhu udara

dan umur perkerasan lentur pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa umur perkerasan lentur yang diperoleh jauh lebih besar daripada umur perkerasan lentur pada umumnya yang berkisar ± 20 tahun. Nilai kekakuan (stiffness) lapis pondasi atas yang berupa CTB (Concrete Treated Base) sebesar 9900,31 Mpa mempengaruhi nilai strain yang dihasilkan oleh program Bisar 3.0. Sehingga nilai kekakuan (stiffness) lapis pondasi atas yang cukup besar tersebut mengakibatkan nilai strain yang dihasilkan menjadi kecil. Variasi nilai kekakuan (stiffness) lapis pondasi atas terhadap nilai strain dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Koordinat Pusat Beban Roda dan Posisi yang Ditinjau

Berdasarkan Tabel 1 umur perkerasan lentur untuk kriteria retak lelah (fatigue cracking) dapat dilihat bahwa kenaikan suhu udara dari 24 $^{\circ}C$ sampai dengan 25 $^{\circ}C$ atau sebesar 4,2 % diperoleh penurunan umur perkerasan lentur untuk kondisi kritis sebesar 0,5 % dan kondisi gagal sebesar 0,4 %. Begitu juga untuk kenaikan suhu udara dari 25 $^{\circ}C$ sampai dengan 30 $^{\circ}C$ menunjukkan bahwa terjadi penurunan umur perkerasan lentur baik pada kondisi kritis maupun gagal. Sehingga jika dirata-rata dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu udara sebesar 5,8 % pada kriteria retak lelah

(*fatigue cracking*) mengakibatkan terjadinya penurunan umur perkerasan sebesar 0,7 % untuk kondisi kritis dan 0,6 % untuk kondisi gagal.

Tabel 1. Prosentase Kenaikan Suhu Udara dan Penurunan Umur Perkerasan Lentur Untuk Kriteria Retak Lelah (*Fatigue Cracking*)

Suhu Udara	Kenaikan Suhu Udara	Kondisi Kritis		Kondisi Gagal	
		Total Umur Perkerasan Lentur	Penurunan Umur Perkerasan Lentur	Total Umur Perkerasan Lentur	Penurunan Umur Perkerasan Lentur
(°C)	(%)	(Tahun)	(%)	(Tahun)	(%)
24	0,0000%	141,15	0,0000%	177,00	0,0000%
25	4,1667%	140,39	0,5412%	176,24	0,4319%
27	8,0000%	139,50	0,6341%	175,35	0,5055%
29	7,4074%	137,88	1,1635%	173,72	0,9265%
30	3,4483%	137,23	0,4710%	173,07	0,3742%
Rata-rata	5,7556%	139,23	0,7024%	175,08	0,5596%

Tabel 2. Prosentase Kenaikan Suhu Udara dan Penurunan Umur Perkerasan Lentur Untuk Kriteria Deformasi Permanen (*Permanent Deformation*)

Suhu Udara	Kenaikan Suhu Udara	Kondisi Kritis		Kondisi Gagal	
		Total Umur Perkerasan Lentur	Penurunan Umur Perkerasan Lentur	Total Umur Perkerasan Lentur	Penurunan Umur Perkerasan Lentur
(°C)	(%)	(Tahun)	(%)	(Tahun)	(%)
24	0,0000%	76,03	0,0000%	114,21	0,0000%
25	4,1667%	75,59	0,5724%	113,78	0,3756%
27	8,0000%	73,40	2,8983%	111,62	1,9005%
29	7,4074%	71,84	2,1296%	110,07	1,3853%
30	3,4483%	71,61	0,3230%	109,84	0,2087%
Rata-rata	5,7556%	73,694	1,4808%	111,90	0,9675%

Sedangkan pada Tabel 2 umur perkerasan lentur untuk kriteria deformasi permanen (*permanent deformation*) menunjukkan bahwa kenaikan suhu udara dari 24 °C sampai dengan 25 °C atau sebesar 4,2 % diperoleh penurunan umur perkerasan lentur untuk kondisi kritis sebesar 0,6 % dan kondisi gagal sebesar 0,4 %. Begitu juga untuk kenaikan suhu udara dari 25 °C sampai dengan 30 °C menunjukkan bahwa terjadi penurunan umur perkerasan lentur baik pada kondisi kritis maupun gagal. Sehingga jika dirata-rata dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu udara sebesar 5,8 % pada kriteria deformasi permanen (*permanent*

deformation) mengakibatkan terjadinya penurunan umur perkerasan sebesar 1,5 % untuk kondisi kritis dan 1,0 % untuk kondisi gagal.

Tabel 3. Variasi Nilai Kekakuan (*Stiffness*) Lapis Pondasi Atas

No	Jenis Lapis Pondasi Atas	Stiffness	Po sisi	Y Axis	ϵ_t (asphalt mix horizontal tensile strain)		
					Strain XX	Strain YY	
		(MPa)		(m)	μ strain	μ strain	
1	Agregat Klas A	203,395		1	-0,165	341,80	260,10
				2	-0,055	302,10	-69,11
				3	0,000	274,60	-207,60
				4	0,055	301,80	-69,03
2	CTB Kuat tekan 7 hari = 141,47 kg/cm ²	9900,31		1	-0,165	-13,69	-6,71
				2	-0,055	-15,94	-15,38
				3	0,000	-17,17	-19,70
				4	0,055	-16,24	-15,29
3	CTB Kuat tekan 7 hari = 78 kg/cm ²	6726,81		1	-0,165	-15,07	-6,81
				2	-0,055	-18,30	-19,99
				3	0,000	-20,09	-26,50
				4	0,055	-18,65	-19,81

Pada Tabel 3 variasi nilai kekakuan (*stiffness*) lapis pondasi atas terlihat bahwa jenis material berpengaruh terhadap nilai kekakuan dan nilai regangan (*strain*) yang terjadi pada lapis perkerasan tersebut. Lapis pondasi atas agregat klas A yang memiliki nilai kekakuan (*stiffness*) sebesar 203,4 MPa mengakibatkan terjadinya regangan (*strain*) sebesar 341,8 μ strain. Sedangkan pada lapis pondasi atas CTB (*Concrete Treated Base*) dengan nilai kekakuan (*stiffness*) sebesar 9900,3 MPa dan 6726,8 MPa hanya terjadi regangan (*strain*) sebesar 19,7 μ strain dan 26,5 μ strain.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kekakuan (*stiffness*) lapis pondasi atas maka akan semakin kecil nilai regangan (*strain*) yang terjadi pada lapis perkerasan tersebut. Pada perancangan perkerasan lentur menggunakan *Nottingham Design Method* dapat diketahui besarnya umur perkerasan berdasarkan dua kriteria kerusakan jalan. Kedua kriteria kerusakan jalan tersebut adalah kriteria retak lelah (*fatigue cracking*) dan deformasi permanen (*permanent deformation*). Faktor temperatur desain pada kriteria retak lelah (*fatigue cracking*) yang lebih besar dari kriteria deformasi permanen (*permanent deformation*) mengakibatkan terjadinya perbedaan umur

perkerasan tersebut. Umur perkerasan lentur pada kriteria retak lelah (*fatigue cracking*) lebih besar daripada deformasi permanen (*permanent deformation*).

Perbedaan tersebut dipengaruhi nilai regangan (*strain*) hasil perhitungan program Bisar 3.0. Nilai *asphalt mix horizontal tensile strain* (ϵ_1) yang lebih kecil daripada nilai *subgrade vertical strain* (ϵ_2) mengakibatkan umur perkerasan lentur pada kriteria retak lelah (*fatigue cracking*) lebih besar daripada deformasi permanen (*permanent deformation*). Temperatur terbukti berpengaruh terhadap kerusakan struktur perkerasan lentur di Jalan Nasional, Kota Tarakan, Kalimantan Utara. Semakin rendah temperatur maka nilai modulus elastisitasnya akan semakin tinggi tinggi (Aglesia dkk., 2022). Selain itu, besarnya umur perkerasan lentur juga dipengaruhi oleh nilai LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) yang direncanakan pada jalan tersebut. Semakin besar nilai dari LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) maka akan semakin kecil umur perkerasan tersebut. Hal tersebut sesuai dengan hasil perhitungan sisa umur perkerasan jalan menggunakan Metode Bina Marga 2013 dan AASHTO 1993 yang telah dilakukan oleh Putra, N. M., dkk. Beban berlebih yang diterima pada Jalan Ahmad Yani, Jalan RTA Milono, Jalan Tjilik Riwut dan Jalan Yos Sudarso, Kota Palangka Raya mengakibatkan terjadinya kerusakan jalan yang berdampak pada sisa umur perkerasan jalan (Putra dkk., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan prosentase peningkatan suhu udara sebesar 5,8% diperoleh prosentase penurunan umur perkerasan lentur perkerasan lentur pada kriteria kerusakan retak lelah (*fatigue cracking*) untuk kondisi kritis sebesar 0,7% dan kondisi gagal sebesar 0,6%. Sedangkan pada kriteria kerusakan deformasi permanen (*permanent deformation*) diperoleh prosentase penurunan umur perkerasan lentur perkerasan lentur untuk kondisi kritis sebesar 1,5% dan kondisi gagal sebesar 1,0%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa umur perkerasan lentur pada kriteria kerusakan deformasi permanen (*permanent deformation*) lebih rendah dibanding kriteria retak lelah (*fatigue cracking*). Selain itu, juga diketahui bahwa semakin tinggi suhu udara maka semakin tinggi nilai *asphalt mix horizontal tensile strain* (ϵ_1)

dan nilai *subgrade vertical strain* (ϵ_2) sehingga umur perkerasan lentur menjadi semakin pendek.

DAFTAR PUSTAKA

- Aglesia, D. N., Suparma, L. B., & Suhendro, B. (2022). *Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kerusakan Struktur Perkerasan Lentur (Studi Kasus: Di Jalan Nasional, Kota Tarakan, Kalimantan Utara)*. 6(1), 74–83.
- American Society for Testing and Materials. (1998). *Penetration of Bituminous Materials in Accordance to ASTM D5-97*. 20(2), 1–5.
- Aminsyah .M. (2010). Pengaruh Kepipihan dan Kelonjongan Agregat. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(1), 23–36.
- Arthono, A., & Pransiska, D. A. (2022). Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Sni1932-1989-F Dibandingkan Dengan Menggunakan Metode Aastho 1993, Pada Ruas Jalan Raya Rangkasbitung - Citeras. *Jurnal UMJ*, November 2022, 1–12.
- Asidin, A., & Nur, H. S. (2021). Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Pada Kelurahan Lakambau Kecamatan Batauga Kabupaten Buton Selatan. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 10(1), 44–48. <https://doi.org/10.55340/jmi.v10i1.669>
- Balido, P. T. S., Mudjanarko, S. W., & Safarizki, H. A. (2021). Perencanaan Peningkatan Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Petuk (STA 15+050 – STA 15+500) Kec. Penfui Kota Kupang Menggunakan Metode Bina Marga 2017. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 3(1), 25. <https://doi.org/10.32585/modulus.v3i1.1784>
- Bitu, L. G. (2019). Uji Stabilitas Aspal BGA 5/20 Dengan Variasi Suhu Pematatan. *Universitas Dayanu Ikhsanuddin*.
- Brown, & Brunton. (1986). *An Introduction To The Analytical Design Of Bituminous Pavements (3rd Edition)*. University of Nottingham.
- Demirci, C. (2010). Evaluation Of Resilient Modulus Estimation Methods For Asphalt Mixtures Based On Laboratory Measurements. *Middle East Technical University*. <http://epa.sagepub.com/content/15/2/129.shor%0Ahttp://joi.jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/ma>

- teria1994/46.171?from=CrossRef
- Ditjend Bina Marga. (2002). *Flexible Pavement Thickness Planning Guidelines - Pt T-01-2002-B*. 1–37.
- Erizal. (2018). Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Laston AC – WC Menggunakan Asbuton Modifikasi JBMA – 50 dan Aspal Minyak. In *Pasca Sarjana Universitas Islam Riau*.
- Ginting, B., Sembiring, D. P., & Debatara, S. M. T. (2023). Analisis Perencanaan Perkerasan Lentur Pembangunan Ruas Jalan Kutabangun-Kutakendit Liang Melas Datas Kabupaten Karo. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11(1), 1–17.
- Hardwiyono, S. (2011). Pengaruh Perubahan Suhu pada Modulus Elastik Lapisan Beraspal Perkerasan Lentur dalam Pengujian Regangan yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 14(1), 72–80. <https://doi.org/10.18196/st.v14i1.587>
- Lao, V. C. (2022). Comparison Of Design Methods For Thickness Of Flexible Pavement On Provincial Boundary Roads. *Rekayasa Sipil*, 16(3), 191–197.
- Latifa, E. A. (2011). *Pengaruh Temperatur dan Pembebanan terhadap Sifat Mekanis Beton Aspal Campuran Panas AC-WC dan HRS*.
- Maharani, A., & Wasono, S. B. (2018). Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur” (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi – Popoh Kab. Tulungagung). *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(2), 89–94. <https://doi.org/10.25139/jprs.v1i2.1202>
- Maryam, M., & Putra, K. H. (2020). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga (Studi Kasus: Jalan Luar Lingkar Timur Surabaya). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 1(2), 125–134. <https://doi.org/10.31284/jjtm.2020.v1i2.1113>
- Mawardi, A. F., Machsus, M., Khoiri, M., & Gunawan, H. (2020). Efek Variasi Suhu Pematatan Campuran Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan Penambahan Limbah Plastik. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 18(1), 139. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v18i1.6423>
- Mukhlis, M., Yunus, Y., & M. Saleh, S. (2019). Analisis Perkerasan Lentur Di Atas Tanah Ekspansif. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 2(1), 48–57. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v2i1.13203>
- Nauval, M., Aris, A., Simbolan, G., & Setiadji, B. H. (2015). Metode Bina Marga Studi Kasus: (Ruas Jalan Piringsurat – Batas Kedu Timur). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(02), 380–393.
- Public Works Department. (2005). Planning Thickness of Addition of Flexible Pavement with Deflection Method Benkelman Beam PdT 2 - 2005-B. In *Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga*.
- Putra, N. M., Silitonga, S. P., & Robby, R. (2021). Analisis Sisa Umur Rencana Jalan Berdasarkan Pertumbuhan Lalu Lintas Di Kota Palangka Raya. *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(2), 155–164. <https://doi.org/10.52868/jt.v4i2.2729>
- Raharjo, B., Pratomo, P., & Ali, H. (2016). *Pengaruh Suhu Pematatan Campuran Untuk Perkerasan Lapis Antara (AC-BC) Campuran aspal panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi*. 4(1), 43–50.
- Rahmawati, A., Aldiansyah, F., & Setiawan, D. (2021). Desain Tebal Perkerasan Lentur Jalan Menggunakan Program Kenpave di. *Buletin Teknik Sipil*, 1(1), 29–32.
- Salsabilla, S., Faried, A. I., Dwi, D., & Sukowati, G. (2022). *Pengaruh Temperatur Pada Campuran Aspal AC-WC Dengan Parameter*. 01, 1–6.
- Saputro, T. H., Fatimah, I. S., & Sulistyantara, B. (2010). Studi Pengaruh Area Perkerasan Terhadap Perubahan Suhu Udara (Studi Kasus Area Parkir Plaza Senayan, Sarinah Thamrin, dan Stasiun Gambir). *Jurnal Lanskap Indonesia*, 2(2), 76–82.
- Sugiarto, P., Pratomo, P., & Sulistyorini, R. (2016). Efek Pengaruh Temperatur Pematatan Pada Campuran Untuk Perkerasan Lapis Aus. *Jurnal Rekayasa Sipil ...*, 4(3), 513–522. <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/view/467>
- Sukirman. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Institut Teknologi Nasional, Bandung* (Vol. 53, Issue 9).
- Swarna, S. T., & Hossain, K. (2022). Climate change impact and adaptation for highway asphalt pavements: a literature review. *Canadian*

- Journal of Civil Engineering*, 49(7), 1109–1120.
<https://doi.org/10.1139/cjce-2021-0209>
- Tjan, A., & Al-Ghifari, R. H. S. (2020). Kajian Temperatur Rata-rata Tertimbang (WMAPT) pada Desain Perkerasan Lentur Studi Kasus Ruas Cikampek-Pamanukan Sta 20+100. *Jurnal Teknik Sipil*, 27(2), 185.
<https://doi.org/10.5614/jts.2020.27.2.9>
- Toad, W., E, J., & Waani. (2016). Lapis perekat Lapis resap pengikat Tanah dasar. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(1), 413–423.