

EVALUASI TEBAL DAN ANALISIS KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN METODE ANALISA KOMPONEN, AUSTRROADS, ASPHALT INSTITUTE DAN PROGRAM KENPAVE

(EVALUATION OF FLEXIBLE PAVEMENT THICKNESS AND ANALYSIS OF FLEXIBLE PAVEMENT DETERIORATION USING ANALISA KOMPONEN, AUSTRROADS, AND ASPHALT INSTITUTE METHODS AND KENPAVE PROGRAM)

Anita Rahmawati¹, Dian Setiawan², M, Aby Yansun Pangestu³, Robith Azkal Aulia⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Jalan Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta Indonesia. Email: anita_ygy@yahoo.com

Abstract

In order to improve and to develop the road quality, it is essential to evaluate the pavement thickness using the Analisa Komponen Method, the Austroads Method, and the Asphalt Institute Method, and to analyze the flexural pavement deterioration in the form of fatigue cracking and rutting using the Kenpave Program to calculate the stress-strain due to the traffic load. The results of the calculations shown that the pavement thickness based on the Analisa Komponen Method was comprised a surface layer of 7.5 cm (Laston MS 340), the base layer of 10 cm (Laston Atas MS 340) and the sub-base layer of 15 cm (Sirtu Class B). Whereas based on the Austroads Method, the pavement layer divided into a surface layer of 7.5 cm (Laston MS 340), the base layer of 13 cm (Laston Atas MS 340), and the sub-base layer of 50 cm (Sirtu Class B). Furthermore, by using the Asphalt Institute Method, the pavement layer consist of a surface layer of 5 cm (Laston MS340), the base layer of 10 cm (Laston Atas MS 340), and the sub-base layer of 15 cm (Class B). Finally, according to the results of the deterioration analysis, it can be concluded that the pavement thickness based on the Austroads Method was able to reach and fulfill the plan of service life. In another side, the pavement thickness based on the Asphalt Institute and the Analisa Komponen method will be damaged before the plan of service life.

Keywords: Component Analysis; Asphalt Institute; Austroads; Deterioration Analysis; Kenpave Program

Abstrak

Dalam rangka peningkatan dan pengembangan kualitas jalan, maka diperlukan evaluasi tebal perkerasan jalan menggunakan Metode Analisa Komponen 1987, Metode Austroads 2004 dan Metode Asphalt Institute 1999, serta menganalisis kerusakan perkerasan jalan lentur berupa kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting* menggunakan Program Kenpave guna mengetahui nilai tegangan-regangan yang terjadi pada perkerasan akibat beban lalu-lintas. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil tebal perkerasan berdasarkan Metode Analisa Komponen, yaitu lapis permukaan sebesar 7,5 cm (Laston MS 340), lapis pondasi atas sebesar 10 cm (Laston Atas MS 340) dan lapis pondasi bawah sebesar 15 cm (Sirtu Kelas B). Sedangkan berdasarkan Metode Austroads, diperoleh lapis permukaan sebesar 7,5 cm (Laston MS 340), lapis pondasi atas sebesar 13 cm (Laston Atas MS 340), dan lapis pondasi bawah sebesar 50 cm (Sirtu Kelas B). Selanjutnya dengan menggunakan Metode Asphalt Institute diperoleh lapis permukaan sebesar 5 cm (Laston MS340), lapis pondasi atas sebesar 10 cm (Laston Atas MS 340), dan lapis pondasi bawah sebesar 15 cm (Sirtu Kelas B). Kemudian, berdasarkan hasil analisis kerusakan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tebal perkerasan Metode Austroads mampu mencapai umur rencana, sedangkan tebal perkerasan Metode Analisa Komponen dan Metode Asphalt Institute akan mengalami kerusakan sebelum umur rencana.

Kata Kunci: Analisis Kerusakan; Analisa Komponen; Asphalt Institute; Austroads; Program Kenpave

PENDAHULUAN

Perkerasan kaku atau *rigid pavement* merupakan jenis perkerasan yang banyak digunakan pada konstruksi jalan pada saat ini, karena diyakini banyak memiliki kelebihan dibandingkan perkerasan lentur (Apriyatno, 2015). Oleh sebab itu, perancangan yang baik sangatlah penting dalam menunjang keberhasilan dari suatu jalan agar dapat menerima beban lalu-lintas yang direncanakan (Nurahmi dan Kartika, 2012)

Perhitungan tebal perkerasan jalan yang sering digunakan dalam perancangan adalah Metode Bina Marga dan AASHTO (Wesli dan Akbar, 2014). Selain itu, terdapat pula metode perancangan tebal perkerasan yang berasal dari Negara Australia. Metode itu adalah Metode Austroads. Metode Austroads "*Guide To Pavement Technology*" merupakan metode yang awalnya diterbitkan oleh *National Association of Australia State Road Authorities* yang dikembangkan dari Negara Australia dan New Zealand guna memberikan standar dalam perancangan tebal perkerasan jalan (Urbaez dan Erskine, 2011).

Dalam perancangan tebal perkerasan jalan, faktor penyebab kerusakan jalan haruslah diperhatikan dengan seksama. Arus lalu-lintas merupakan salah satu faktor penyebab beberapa kerusakan pada jalan. Meningkatnya lalu-lintas akan menyebabkan repetisi beban semakin besar yang akan berpengaruh terhadap tebal perkerasan yang direncanakan. Perlunya evaluasi terhadap kondisi jalan secara periodik akan memudahkan pemilihan jenis pemeliharaan yang tepat (Putra dkk., 2013). Nilai CBR juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap umur suatu konstruksi perkerasan dan tebal lapisan pada struktur jalan (Akbar dkk., 2015).

Di Indonesia pembangunan jalan raya telah memiliki peraturan serta pedoman dalam perancangan tebal perkerasan yang merupakan hasil modifikasi dan penyesuaian dari negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris dan Australia yang kemudian dikembangkan dan disempurnakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Direktorat Jendral Bina Marga selaku pihak yang berwenang dalam

mengeluarkan peraturan guna memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan dalam berlalu-lintas (Aris dkk., 2015).

Kemudian Program *Kenpave* dipilih untuk menganalisis kerusakan pada jalan. Analisis kerusakan yang dipilih adalah retak lelah (*fatigue cracking*) dan retak alur (*rutting*) berdasarkan *output* dari program *Kenpave* yaitu regangan tarik horizontal dan regangan tekan vertikal (Usman dkk., 2017). Jenis kerusakan retak lelah (*fatigue cracking*) diakibatkan oleh regangan horizontal yang bekerja pada lapisan beraspal sebagai akibat beban lalu-lintas yang berulang melebihi batas regangan yang dapat diterima (Suryana, 2015). Kemudian jenis kerusakan *rutting* disebabkan oleh permanen deformasi pada setiap lapis perkerasan karena beban lalu-lintas (Abed dan Adel, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah sebagai berikut:

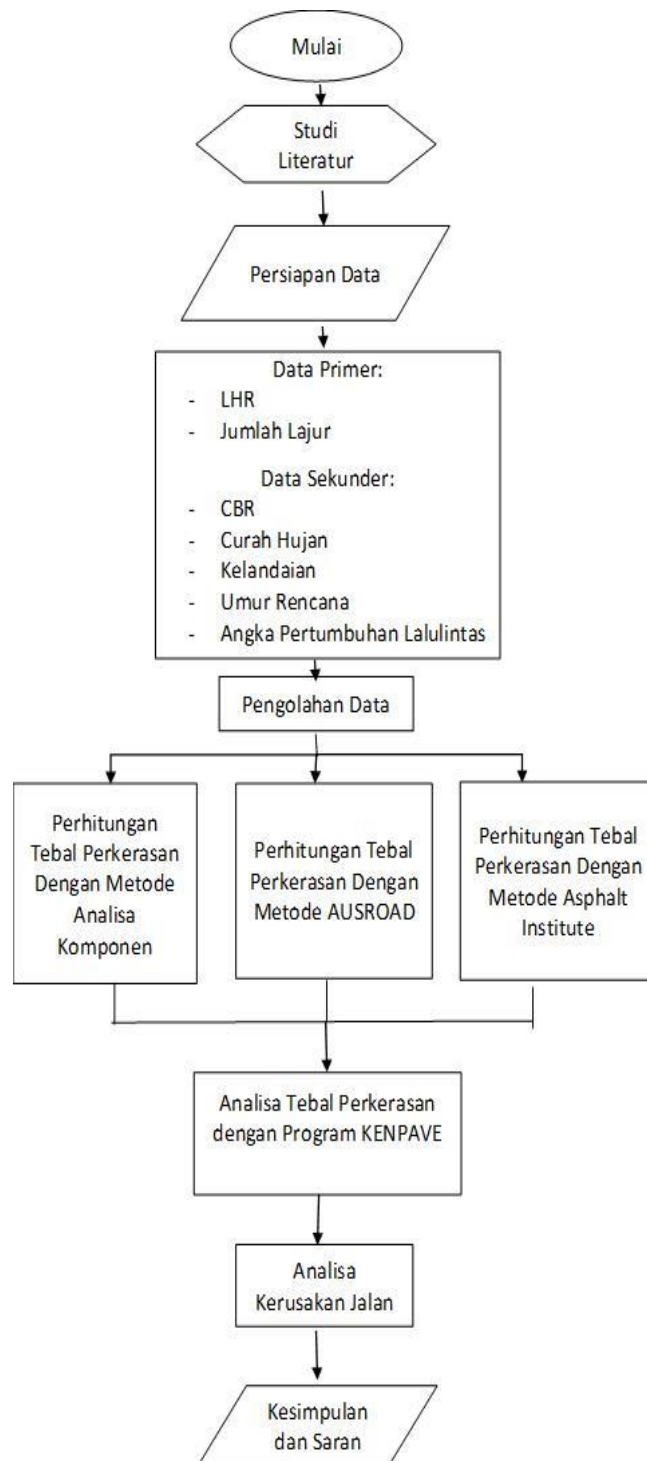
- Bagaimana perhitungan tebal perkerasan lentur menggunakan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga dan Metode Austroads dari Australia ?
- Bagaimana hasil perbandingan Metode Analisa Komponen dengan Metode *Austroads* terhadap hasil perancangan tebal perkerasan lentur?
- Bagaimana evaluasi perancangan tebal perkerasan lentur menggunakan program *Kenpave* terhadap kedua metode tersebut?
- Bagaimana analisis kerusakan perkerasan jalan menggunakan Program *Kenpave*?

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dan membandingkan nilai tebal perkerasan menggunakan metode Analisa komponen, Metode *Austroads* dan Metode *Asphalt Institute* serta menganalisis kerusakan jalan lentur menggunakan program *kenpave* sehingga didapat nilai repetisi beban untuk kerusakan retak lelah (*fatigue cracking*) dan retak alur (*rutting*)

METODE PENELITIAN

Tahap penelitian

Penelitian ini diawali dengan perancangan tebal lapis perkerasan lentur, kemudian menganalisis hasil dari perancangan menggunakan program *Kenpave*. Seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini hanya data sekunder yang merupakan data yang tidak didapatkan secara langsung dari lapangan. Data yang diperoleh yaitu, data Lalu-lintas Harian Rata-rata tahun 2018 dan data CBR tanah dasar.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di proyek jalan Gumenter – Kabuaran, Kecamatan Kutowinangun, Kabupaten Kebumen .

Analisis Data

Analisis data yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbandingan tebal perkerasan

jalan dan menganalisis kerusakan pada jalan menggunakan Program *Kenpave*.

Dalam penelitian ini setelah didapat nilai tebal perkerasan menggunakan Metode Analisa Komponen, Metode *Austrroads* dan Metode *Asphalt Institute*, kemudian dianalisis menggunakan Program *Kenpave*. Maka akan diketahui bahwa metode tersebut mampu menerima beban lalu-lintas atau tidak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Analisa Komponen dari Bina Marga 1987

Metode ini merupakan hasil dari modifikasi metode AASHTO 1972 revisi 1981 yang disesuaikan dengan kondisi alam, lingkungan, karakteristik tanah dasar dan jenis lapis perkerasan yang lazim digunakan di Indonesia. Metode ini dapat dilihat pada buku "Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, SKB1-2.3.26. 1987". Parameter perancangan tebal perkerasan metode Analisa Komponen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Perancangan Tebal Perkerasan Metode Analisa Komponen

Parameter	Keterangan
Kelas Jalan	Kolektor
Umur Rencana	20 Tahun
Pertumbuhan Lalu- Lintas	5%
CBR Rencana	5%
Material Lapisan Perkerasan	
<i>Surface Course</i>	Laston MS 340
<i>Base Course</i>	Laston Atas MS 340
<i>Subbase Course</i>	Sirtu Kelas B
Koefisien Distribusi Kendaraan (C)	0,5
Kendaraan Berat	36,6%
Faktor Regional	1
Indeks Permukaan Awal (IPo)	3,9 – 3,5
Indeks Permukaan Akhir (IPt)	7

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan lentur berdasarkan Metode Analisa Komponen didapatkan tebal perkerasan seperti yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Metode Analisa Komponen

Lapis	Material	Tebal
Permukaan	Laston MS 340	7,5 cm
LPA	Laston Atas MS 340	10 cm
LPB	Sirtu Kelas B	15 cm

*LPA = Lapis Pondasi Atas

*LPB = Lapis Pondasi Bawah

Metode Austrroads 2004 (Design Charts)

Metode ini merupakan metode yang dikembangkan dari negara Australia dan New Zealand sebagai standar dalam prosedur desain perkerasan. Metode ini merupakan metode mekanistik-empiris yang berdasarkan pada hubungan empiris dari keruntuhan perkerasan yang berkaitan dengan sifat-sifat material (teganagan-regangan), beban-beban yang bekerja dan tegangan termal (Hardiyatmo, 2015). Parameter perancangan tebal perkerasan jalan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Parameter Perancangan Tebal Perkerasan Metode *Austrroads 2004*

Parameter	Keterangan
Kendaraan Komersial (C)	62,2%
Kelas Jalan	Kelas Jalan 3
Faktor F	2,5
<i>Growth Factor</i>	33,3%
CBR Rencana	5%

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan lentur berdasarkan Metode *Austrroad 2004* didapatkan tebal perkerasan seperti yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Metode *Austrroads*

Lapis	Material	Tebal
Permukaan	Laston MS 340	7,5 cm
LPA	Laston Atas MS 340	13 cm
LPB	Sirtu Kelas B	50 cm

*LPA = Lapis Pondasi Atas

*LPB = Lapis Pondasi Bawah

Metode Asphalt Institute 1999

Metode *Asphalt Institute* merupakan salah satu metode empirik perancangan tebal perkerasan yang dikeluarkan oleh *Asphalt Institute* dari Amerika. Metode *Asphalt Institute* hanya memprioritaskan jenis kendaraan berat. Dalam penelitian ini ada beberapa parameter yang harus disesuaikan dengan kondisi di Indonesia. Adapun

parameter perencanaan Metode *Asphalt Institute* dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan lentur berdasarkan Metode *Asphalt Institute* didapatkan tebal perkerasan seperti yang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5 Parameter Perancangan Tebal Perkerasan Metode *Asphalt Institute* 1999

Parameter	Nilai
Umur Rencana	20 Tahun
Awal Umur Rencana	2017
Akhir Umur Rencana	2037
Tingkat Pertumbuhan	5%
Growth Factor (GF)	33,6
ESAL	208.154,1
Koefisien Distribusi Kendaraan (C)	
%Kendaraan Berat	0,5
Modulus <i>Resilient</i>	51,5 MPa
Faktor Lingkungan	26,7 °C

Tabel 6 Hasil Perhitungan Metode *Asphalt Institute*

Lapis	Material	Tebal
Permukaan	Laston MS 340	5 cm
LPA	Laston Atas MS 340	10 cm
LPB	Sirtu Kelas B	15 cm

*LPA = Lapis Pondasi Atas

*LPB = Lapis Pondasi Bawah

Analisis Kerusakan Perkerasan

Berdasarkan output data dari program *Kenpave* seperti *horizontal principal strain* dan *vertical strain* dapat digunakan untuk menghitung repetisi beban terhadap *fatigue cracking* dan *rutting*. Persamaan *Asphalt Institute* sangat direkomendasikan dalam analisis kerusakan tersebut.

a. Retak Lelah (*fatigue Cracking*)

Persamaan retak lelah untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan aspal.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,291} (EAC)^{-0,854}$$

Dimana:

N_f = Jumlah repetisi beban.

ϵ_t = Regangan Tarik pada bagian bawah lapis permukaan.

EAC= Modulus elastis lapis permukaan.

b. Retak Alur (*rutting*)

Persamaan retak alur untuk mengetahui jumlah repetisi beban

berdasarkan regangan tekan vertikal di permukaan tanah dasar (*subgrade*).

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,447}$$

Dimana:

N_d = Jumlah repetisi beban.

ϵ_c = Regangan tekan pada permukaan tanah dasar (*subgrade*).

c. Repetisi Beban Rencana (N_r)

Nilai N_r didapatkan berdasarkan beban standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) yang merupakan jumlah kumulatif beban lalu lintas rencana pada jalur rencana selama umur rencana.

$$CESA = \sum m \times 365 \times E \times C \times N$$

Dimana :

$\sum m$ = Jumlah tiap kendaraan.

365 = Jumlah hari dalam 1 tahun.

E = Ekuivalen beban sumbu.

C = Koefisien distribusi kendaraan.

N = Faktor hubungan umur rencana dengan perkembangan lalu-lintas.

Setelah mendapatkan hasil perhitungan tebal perkerasan, selanjutnya dilakukan analisis perkerasan lentur menggunakan program *Kenpave* pada menu *Kenlayer*. Data karakteristik dan material perkerasan jalan seperti *poisson's ratio*, beban roda, tekanan roda dan tebal perkerasan sangat dibutuhkan untuk *input* pada program *Kenpave* (Selvi, 2015).

Input Data

Nilai modulus elastisitas dan *poisson's ratio* dapat dilihat dari Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7 Nilai Modulus Elastisitas (Pt-T-01-2002-B)

Lapis	E (KPa)
Permukaan	1.380.000
Lapis Pondasi Atas	1.794.000
Lapis Pondasi Bawah	117.300
Tanah Dasar	50.000

Tabel 8 Nilai *Poisson's Ratio* (Huang, 2004)

Lapis	μ
Permukaan	0,40
Lapis Pondasi Atas	0,40
Lapis Pondasi Bawah	0,30
Tanah Dasar	0,45

Hasil Output Program *Kenpave*

Hasil *running* atau *output* program *Kenpave* ini berupa *horizontal strain* (ϵ_t) di

bawah lapis permukaan beraspal dan *vertical strain* (ϵ_c) di permukaan tanah dasar (*subgrade*). Hasil *output* bisa dilihat pada Tabel 9 sampai Tabel 11.

Tabel 9 *Output* Regangan Metode Analisa Komponen

Poin	<i>Horizontal Strain</i> (ϵ_t) (17,51 cm)	<i>Vertical strain</i> (ϵ_c) (32,51 cm)
1	-0,0002927	0,0006364
2	-0,0002958	0,0006766
3	-0,0002911	0,0006791
4	-0,0002994	0,0006698
5	-0,0002927	0,0006364
Max	-0,0002994	0,0006791

Tabel 10 *Output* Regangan Metode *Austroroads*

Poin	<i>Horizontal Strain</i> (ϵ_t) (17,51 cm)	<i>Vertical strain</i> (ϵ_c) (32,51 cm)
1	-0,0002145	0,0002788
2	-0,0002196	0,0002950
3	-0,0002175	0,0002976
4	-0,0002209	0,0002908
5	-0,0002909	0,0002788
Max	-0,0002994	0,0002976

Tabel 11 *Output* Regangan Metode *Asphalt Institute*

Poin	<i>Horizontal Strain</i> (ϵ_t) (17,51 cm)	<i>Vertical strain</i> (ϵ_c) (32,51 cm)
1	-0,0003448	0,000754
2	-0,0003441	0,0007997
3	-0,0003357	0,0008011
4	-0,0003421	0,0008004
5	-0,0003448	0,0007538
Max	-0,0003448	0,0008011

Nilai Repetisi Beban

Nilai repetisi beban rencana (Nr) diperoleh dari Persamaan 3 (Departemen Pekerjaan Umum, 2005) sebesar 204.859 ESAL sebagai batas aman dalam perancangan tebal perkerasan selama umur rencana.

Dari *output* program *Kenpave* berupa *horizontal strain* dan *vertical strain*, maka diperoleh repetisi beban untuk *fatigue cracking* (Nf) dan *rutting* (Nd) masing-masing metode berdasarkan Persamaan 1 dan 2 sebagai berikut.

Tabel 12 Nilai Repetisi Beban

Metode	<i>Fatigue Cracking</i> (ESAL)	<i>Rutting</i> (ESAL)
Analisa Komponen	143.484	208.241
<i>Asutroads</i>	390.302	8.369.086
<i>Asphalt Institute</i>	90.160	99.386

Berdasarkan hasil analisis kerusakan tebal perkerasan jalan berupa nilai repetisi beban rencana (Nr), *fatigue cracking* (Nf) dan *rutting* (Nd) yang telah dilakukan, maka disimpulkan bahwa perancangan tebal perkerasan jalan Metode Analisa Komponen 1987 dan Metode *Asphalt Institute* tidak mampu menahan beban lalu-lintas. Hal ini terjadi karena nilai Nr lebih besar dari nilai Nf dan Nd. Sedangkan perancangan tebal perkerasan Metode *Austroroads* 2004 mampu menahan beban lalu-lintas, karena nilai Nr lebih kecil dari pada nilai Nf dan Nd. Apabila tebal perkerasan tidak mampu menahan beban lalu-lintas, maka perlu adanya penanggulangan lebih lanjut agar perkerasan tidak rusak selama umur rencana (Dinata et al, 2017). Modulus elastis lapis permukaan aspal berpengaruh terhadap kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting*. Sedangkan tebal fondasi berpengaruh terhadap *rutting* tidak berpengaruh terhadap variasi tebal pondasi, namun tidak berpengaruh terhadap *fatigue cracking* (Behiry, 2012).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Metode Analisa Komponen membutuhkan Lapis Permukaan Laston MS 340 setebal 7,5 cm, Lapis Pondasi Atas Laston Atas MS 340 setebal 10 cm, Lapis Pondasi Bawah Sirtu Kelas B setebal 15 cm.
- Metode *Austroroads* membutuhkan Lapis Permukaan Laston MS 340 setebal 7,5 cm, Lapis Pondasi Atas Laston Atas MS 340 setebal 13 cm, Lapis Pondasi Bawah Sirtu Kelas B setebal 50 cm.
- Metode *Asphalt Institute* membutuhkan Lapis Permukaan Laston MS 340 setebal 5 cm, Lapis Pondasi Atas Laston Atas MS 340 setebal 10 cm, Lapis Pondasi Bawah Sirtu Kelas B setebal 15 cm.
- Repetisi beban rencana diperoleh sebesar 204.859 ESAL.

- e. Hasil analisis kerusakan perancangan tebal perkerasan menggunakan Program *Kenpave* berupa repetisi beban sebagai berikut, nilai N_f sebesar 143.484 ESAL dan N_d sebesar 208.241 ESAL untuk Metode Analisa Komponen. Pada Metode *Austrroads* nilai N_f sebesar 390.302 ESAL dan N_d sebesar 8.369.086 ESAL. Sedangkan nilai N_f sebesar 90.160 ESAL dan N_d sebesar 99.386 ESAL untuk Metode *Asphalt Institute*.
- f. Berdasarkan hasil analisis kerusakan perkerasan jalan yang telah dilakukan, menyimpulkan bahwa hanya Metode *Austrroads* dengan nilai repetisi beban retak leleh (N_f) dan repetisi beban retak alur (N_d) yang lebih besar dari nilai repetisi beban rencana (N_r). Sedangkan nilai repetisi beban retak leleh (N_f) dan repetisi beban retak alur (N_d) Metode Analisa Komponen dan Metode *Asphalt Institute* lebih kecil dari nilai repetisi beban rencana (N_r). Untuk meningkatkan umur layanan perkerasan, dapat dilakukan dengan membatasi dan mengelola beban kendaraan yang diijinkan melewati jalan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed, A. H., dan Adel A. A. (2012). Evaluation of Rutting Depth in Flexible Pavement Analysis And Local Empiric Model. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(2), 163-169.
- Akbar, S., Jalalul., Burhanudin, dan Jufriadi, (2015). Hubungan Nilai CBR dan *Sand Cone* Lapisan Pondasi Bawah Pada Perkerasan Lentur Jalan, *Teras Jurnal*. 5(1), 21-31.
- Apriyatno, T. (2015). Uji Komparasi Perancangan Tebal Perkerasan Lentur dan Kaku Metode AASHTO 1993, *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. 17(1), 51-62.
- Aris, M. N. A., Setiadji, B. H., dan Supriyono, (2015). Analisis Perbandingan Perancangan Jalan Lentur Menggunakan Beberapa Metode Bina Marga. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 4(4), 380-393.
- Austrroads, (2004). A Guide Structural Design of Road Pavements. Australia: *National Library*.
- Behiry, A.E.A.E.-M., 2012. Fatigue and Rutting Lives in Flexible Pavement, *Ain Shams Engineering Journal*. 3, 367-374.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Petunjuk Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*. Jakarta.
- Dinata, D. I., Rahmawati, A., dan Setiawan, D. M.. (2017). Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1993 Menggunakan Program *Kenpave*, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. 20(1), 8-19.
- Hardiyatmo, Hary Christadi. (2015). Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah, Yogyakarta: *Gadjah Mada University Press*
- Huang, Y. H. (2004) Pavement Analysis and Design, 2nd ed, *Pearson Education*. United States of America.
- Nurahmi, O., dan Kartika, A. A. G. (2012). Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung, *Jurnal Teknik ITS*. 1, 63-68.
- Putra, M. Y. M., Subagio, B. S., Hariadi, E. S., dan Hendarto, S.(2013) Evaluasi Kondisi Fungsional dan Struktur Menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 Sebagai Dasar dalam Penanganan Perkerasan Lentur. *Journal of Civil Engineering*. 20(3), 245-253.
- Suryana, N. (2015). Evaluasi Stabilitas Dinamis Dan Flow Number Sebagai Parameter Ketahanan Campuran Beraspal Terhadap Deformasi Permanen, *Pusat Litbang Jalan Dan Jembatan*, 156-170.
- Urbaez, E., dan Erskine, J. (2011) Project Level Australian Methodology for Flexible Pavement Design. *Sydney*, 1-17.
- Usman, R.S., Setyawan, A., dan Suprpto, M., (2017) Prediction of Pavement Remaining Service Life Based on Repetition of Load and Permanent Deformation. *IOP Conference Series: Material Science and Engineering* 333(1), 012089.
- Wesli, dan Akbar, S. J. (2014). Komparasi Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 dengan Metode Bina Marga. *Teras Jurnal*. 4(2), 68-78.