

Studi Penanganan Ruas Jalan Bulu – Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur Menggunakan Data FWD dan Data Mata Garuda

Rahmi Zurni, Welly Pradipta, Ganny Rian Kusnandar

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
e-mail: me.rahmi.amie@gmail.com

ABSTRAK

Kondisi jalan di Indonesia saat ini cukup mengkhawatirkan, banyak jalan di Indonesia yang mengalami kerusakan, oleh karena kondisi jalan tersebut memerlukan penanganan yang serius. Penanganan yang sesuai akan menjaga jalan tetap pada kondisi pelayanan mantap. Penanganan jalan dianalisis menggunakan metode AASHTO 1993, dimana hasilnya berupa nilai SN (Structural Number). Nilai SN sangat dipengaruhi oleh data lendutan dari alat FWD dan data International Roughness Index dari survei alat Mata Garuda. Perbandingan nilai SN_{eff} dengan SN_f menghasilkan nilai SCI (Structural Condition Index) yang menentukan penanganan jalan tersebut. Dari hasil analisis diperoleh nilai SCI yang bervariasi, sehingga menghasilkan penanganan jalan yang berbeda-beda setiap segmennya. Nilai SCI terendah adalah 0,18 dengan penanganan berupa rekonstruksi, sedangkan untuk nilai SCI terbesar adalah 1,19 dengan penanganan berupa pemeliharaan.

Kata kunci: penanganan jalan, lendutan, mata garuda

ABSTRACT

The road condition in Indonesia is quite alarming, many roads in Indonesia that was damaged, therefore that condition of the road require serious treatment. Proper treatment will keep the road stay in good service condition. Road treatment analyzed by using AASHTO 1993 method, where the result is the value of SN (Structural Number). The value of SN is very affected by deflection data from FWD tools and International Roughness Index data that surveyed from Mata Garuda tools. The comparison of SN_{eff} value and SN_f value resulting SCI (Structural Condition Index) value that determine the treatment of that road. The analysis resulting varied SCI value, so the road treated differently on each segment. The lowest SCI value is 0.18 with the reconstruction road treatment, meanwhile the highest SCI value is 1.19 with the maintenance road treatment.

Keywords: road maintenance, deflection, mata garuda

1. PENDAHULUAN

Penentuan penanganan jalan sangat dipengaruhi oleh repetisi beban kendaraan. Besarnya nilai repetisi beban kendaraan yang melintas sangat mempengaruhi kondisi jalan sehingga dapat menimbulkan adanya kerusakan pada jalan. Penanganan jalan yang tepat akan mengurangi dan mencegah kerusakan yang terjadi pada jalan, sehingga membuat jalan tetap pada kondisi mantap. Salah satu cara untuk menentukan penanganan jalan dapat menggunakan data *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan data survei Mata Garuda.

Terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu (1) Menentukan penanganan jalan untuk ruas jalan Bulu - Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur, (2) Studi kasus pada ruas jalan Bulu - Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan prioritas penanganan ruas jalan Bulu - Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan data *Falling Weight Deflectometer* dan survei Mata Garuda. Sedangkan manfaat dari penelitian ini diantaranya memberikan alternatif penanganan jalan untuk ruas jalan Bulu - Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur, yang nantinya dapat dijadikan salah satu alternatif penanganan jalan berdasarkan nilai *SCI*.

Ruang lingkup Penelitian ini, adalah:

1. Penelitian dilakukan menggunakan data FWD dan data survei Mata Garuda dengan menggunakan metode ASSHTO 1993.
2. Penelitian hanya fokus menentukan penanganan untuk ruas jalan Bulu - Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur.
3. Segmentasi penanganan dilakukan diakhir setelah penentuan penanganan.
4. Hasil akhir penelitian tidak mempertimbangkan terhadap jumlah biaya.
5. Penelitian ini dilakukan untuk simulasi bukan untuk evaluasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penentuan IRI

Nilai IRI yang menjadi parameter kekasaran jalan yang dihitung dari jumlah kumulatif naik turunnya arah profil memanjang dibagi dengan jarak atau panjang permukaan yang diukur didapat dari hasil survei Mata Garuda. Kondisi jalan berdasarkan nilai IRI ditunjukkan seperti pada **Tabel 1**. [2]

Tabel 1. Penilaian Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai IRI [2]

Nilai IRI	Kondisi Jalan	Jenis Penanganan
< 4	Baik	Pemeliharaan Rutin
4 - 8	Sedang	Pemeliharaan Rutin
8-12	Rusak Ringan	Pemeliharaan Berkala
> 12	Rusak Berat	Peningkatan/Rekonstruksi

2.2 Perhitungan SN_{eff}

Perhitungan SN_{eff} menggunakan data lendutan hasil survei FWD. Data yang diperlukan untuk perhitungan SN_{eff} ini adalah sebagai berikut: (1) data lendutan balik hasil survei FWD; (2) nilai modulus *resilient* tanah dasar; (3) tebal lapisan perkerasan; (4) modulus efektif perkerasan; (5) a_e atau jari-jari gelembung tegangan pada bidang pertemuan tanah-dasar dan perkerasan.

Modulus *Resilient* tanah dasar didapat dari **Persamaan 1**.

$$M_R = C \frac{0,24 P}{d_r r} \quad \dots (1)$$

dimana:

- M_R = Modulus *Resilient* tanah dasar dari hitungan balik (psi),
- P = beban dalam uji FWD (lb),
- d_r = defleksi FWD pada jarak r dari pusat beban (inch),
- r = jarak dari pusat beban FWD (inch),
- C = faktor koreksi = 1.

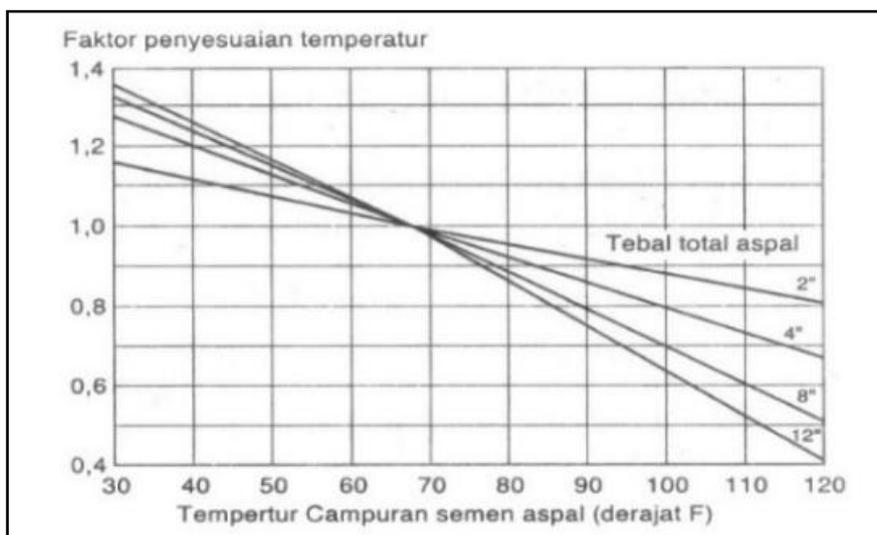
Modulus perkerasan efektif sebagai indikator kekakuan sistem perkerasan diatas tanah dasar ditentukan dari defleksi di pusat beban seperti pada **Persamaan 2**.

$$d_o = 1,5 pa \left\{ \frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left(\frac{D^3}{a} * \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \left[\frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right] \right\} \quad \dots (2)$$

dimana:

- d_o = defleksi hasil pengukuran di pusat beban (inch),
- p = tekanan akibat beban pada pelat FWD (psi),
- a = jari-jari pelat beban (inch),
- D = tebal total lapisan perkerasan di atas tanah-dasar (inch),
- E_p = modulus efektif seluruh lapisan perkerasan di atas tanah dasar (psi).

Nilai d_o perlu disesuaikan dengan temperatur standar 68°F. AASHTO 1993 memberikan cara penyesuaian d_o untuk campuran beton aspal dengan lapis fondasi dan distabilisasi aspal seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Faktor Penyesuaian untuk d_o [1]

Jarak minimum pengukuran M_R ditentukan pada **Persamaan 3** dan syarat jarak minimum dalam pengukuran M_R tanah dasar ditentukan dengan **Persamaan 4**.

$$a_e = \sqrt{a^2 + (D \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}})^2}$$

... (3)

$$r \geq (0,7) (a_e)$$

... (4)

dimana:

a_e = jari-jari gelembung tegangan pada bidang pertemuan tanah-dasar dan perkerasan,

r = jarak dari pusat beban (in).

Nilai SN_{eff} diperoleh dari analisis data FWD seperti pada **Persamaan 5**.

$$SN_{eff} = 0,0045 D^3 \sqrt{E_p}$$

... (5)

2.3 Penentuan Umur Sisa

Umur sisa perkerasan dapat menunjukkan kondisi perkerasan ketika telah mengalami kelelahan dengan memperhatikan kerusakan akibat kelelahan. Kenaikan volume lalu lintas membuat perkerasan mengalami kelelahan, sehingga perkerasan mengalami penurunan kualitas strukturalnya. Umur sisa perkerasan dapat dihitung menggunakan **Persamaan 6**.

$$R_L = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

... (6)

dimana:

R_L = sisa umur perkerasan dalam persen,

N_p = lalu lintas total sekarang,

$N_{1,5}$ = lalu lintas total ketika perkerasan hancur.

2.4 Penentuan Structural Number

Structural Number (SN) didefinisikan sebagai angka indeks yang berasal dari analisis lalu lintas, kondisi tanah dasar, dan faktor regional. Angka struktural SN dapat dihitung dengan **Persamaan 7**.

$$SN = (a_1 * D_1) + (a_2 * D_2 * m_2) + (a_3 * D_3 * m_3)$$

... (7)

dimana:

D_1 = tebal lapis permukaan (inch),

D_2 = tebal lapis fondasi (inch),

D_3 = tebal lapis fondasi bawah (inch),

m_2 = koefisien drainase lapis fondasi,

m_3 = koefisien drainase lapis fondasi bawah,

a_1 = koefisien lapisan untuk lapis permukaan,

a_2 = koefisien lapis fondasi,

a_3 = koefisien lapis fondasi bawah.

2.5 Penentuan SN_f

SN_f ditentukan melalui persamaan yang dibuat oleh AASHTO. Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam persamaan tersebut yaitu ΔPSI , Reliabilitas, M_R , Standar Deviasi, Z_R , dan $ESAL$. $ESAL$ (*Equivalent Single Axel Load*) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu volume kendaraan, ekivalensi sumbu standar kendaraan, distribusi arah, distribusi lajur, dan umur rencana. Perhitungan $ESAL$ dihitung dengan menggunakan **Persamaan 8**, nilai SN_f digunakan **Persamaan 9**.

$$ESAL = \Sigma LHR * E * D_A * D_L * 365 * N \quad \dots (8)$$

dimana:

$ESAL$ = repetisi beban lalu lintas selama umur rencana, $ls/LR/UR$,

LHR = lalu lintas harian rata-rata,

E = angka ekivalen sumbu standar,

D_A = faktor distribusi arah; $D_A = 1$,

D_L = faktor distribusi lajur; $D_L = 1$,

365 = jumlah hari dalam satu tahun,

N = faktor umur rencana.

$$\log(N_f) = Z_R * S_0 + 9,36 * \log(SN_f + 1) - 0,2 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN_f+1)^{5,19}}} + 2,32 * \log(M_R) - 8,07 \quad \dots (9)$$

dimana:

SN_f = *structural number* rencana,

N_f = repetisi beban lalu lintas di masa datang ($ESAL$),

Z_R = simpangan baku normal,

S_0 = deviasi standar keseluruhan (bernilai 0,4 – 0,5),

ΔPSI = perbedaan *serviceability index* di awal dan di akhir umur rencana,

M_R = *Modulus Resilient* tanah dasar.

2.6 Penentuan SCI

Nilai *Structural Condition Index* (SCI) dijadikan sebagai parameter penentuan penanganan jalan yang dilihat dari nilai SN_{eff} dan nilai SN_f seperti pada **Persamaan 10**.

$$\frac{SN_{eff\ min}}{SN_f} \leq 0,7 \quad \dots (10)$$

Jika nilai $\frac{SN_{eff}}{SN_f}$ lebih kecil dari 0,07 maka jalan memerlukan *overlay*, namun jika nilai $\frac{SN_{eff}}{SN_f}$ lebih besar maka jalan tidak memerlukan *overlay*.

2.7 Penanganan Berdasarkan Indikator Fungsional Dan Struktural

Nilai *SCI* digunakan sebagai penentu penanganan perkerasan, yang dapat dikategorikan seperti pada Tabel 2.[2]

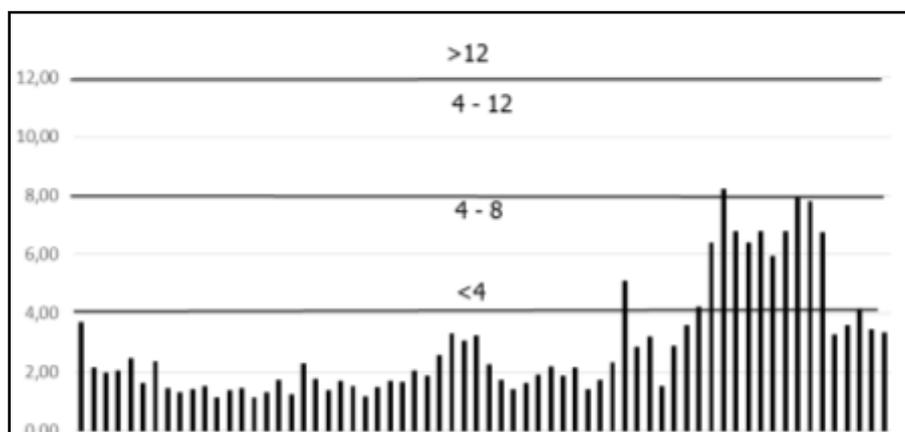
Tabel 2. Penanganan Jalan berdasarkan Nilai SCI [2]

<i>SCI</i>	Penanganan
>1	Pemeliharaan
0,7-1	<i>Overlay</i> Fungsional
0,5-0,7	<i>Overlay</i> Struktural
<0,5	Rekontruksi

3. PRESENTASI DATA

Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder yang didapat dari BPJN wilayah V Jawa Timur. Data-data yang dikumpulkan, yaitu:

1. Data kondisi lalu lintas,
Data lalu lintas berupa volume lalu lintas selama tahun 2015. Data lalu lintas yang didapat dikelompokkan menurut golongan kendaraan berdasarkan komposisi kendaraan yang diperoleh dari survei lalu lintas.
2. Data kondisi perkerasan,
Data yang didapat yaitu data struktur perkerasan dan data lendutan. Kedua data ini adalah gambaran lengkap kondisi perkerasan lentur pada ruas jalan yang ditinjau, yaitu data struktur perkerasan *existing* dan data lendutan hasil pengukuran dengan alat FWD.
3. Data lendutan hasil pengukuran dengan alat FWD dan data temperatur perkerasan,
Data temperatur didapatkan bersama dengan data lendutan. Pada saat pengukuran lendutan dicatat pula data temperatur udara dan temperatur perkerasan.
4. Survei dilakukan dengan menggunakan kendaraan survei jalan yang dapat mengumpulkan data kondisi permukaan jalan secara cepat. Data yang didapat dari survei mata garuda berupa data IRI seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Nilai IRI STA 107+400 – STA 113+900

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Lalu Lintas

Tingkat pertumbuhan lalu lintas diasumsikan sebesar 5% untuk selama 5 tahun. Faktor ekivalensi beban sumbu standar menggunakan nilai *Vehicle Damage Factor (VDF)* pangkat 5. Nilai *VDF* yang digunakan pada perhitungan nilai *ESAL* dapat dilihat pada Tabel 3. [3]

Tabel 3 Nilai VDF [3]

Jenis Kendaraan Klasifikasi Lama	Uraian Kendaraan	Faktor Ekivalensi Beban Pangkat ⁵
5a	Bus kecil	0,2
5a	Bus besar	1
6a.1	Truk 2 sumbu-ringan	0,2
6a.2	Truk 2 sumbu - ringan kargo	0,8
6b1.1	Truk 2 sumbu-medium	0,7
6b1.2	Truk 2 sumbu-medium kargo	1,7
6b2.1	Truk 2 sumbu-berat	0,8
6b2.2	Truk 2 sumbu-berat kargo	11,2
7a1	Truk 3 sumbu	11,2
7a2	Truk 3 sumbu kargo	64,4
7a3	Truk 3 sumbu sumbu kendali ganda	62,2
7b	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	90,4
7c1	Truk 4 sumbu-trailer	24
7c2.1	Truk 5 sumbu-trailer	33,2
7c2.2	Truk 5 sumbu-trailer	69,2
7c3	Truk 6 sumbu-trailer	93,7

4.2 Analisis Kumulatif ESAL

Nilai Kumulatif *ESAL* adalah jumlah kumulatif repetisi beban sumbu standar 18000 lbs selama satu tahun, yang diperoleh dengan mengalikan volume lalu lintas harian rata-rata pada tahun yang ditinjau dengan faktor ekivalensi beban sumbu standar, faktor pertumbuhan lalu lintas dan koefisien distribusi lajur rencana. Perhitungan kumulatif *ESAL* didasarkan pada volume lalu lintas harian (*LHR*) yang dikonversikan menjadi nilai *ESAL*. Faktor distribusi arah dan lajur rencana ruas jalan Bulu - Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur adalah 1. Resume dari analisa perhitungan *ESAL* dapat dilihat pada Tabel 4.

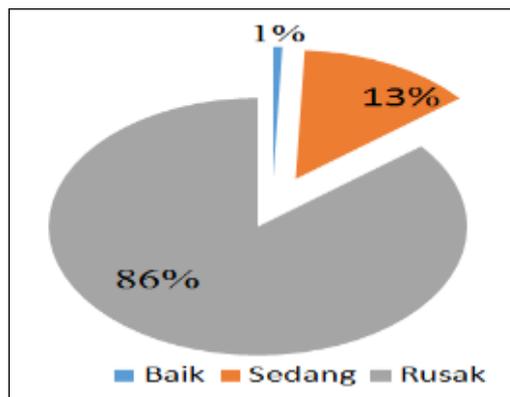
Tabel 4. Nilai Kumulatif ESAL

Gol.Kend	LHR	VDF	D_L	D_A	Jumlah Hari 1 Tahun	N	ESAL
5a	95	0,2	1	1	365	5,53	38.149
5b	275	1	1	1	365	5,53	555.276
6a	74	0,2	1	1	365	5,53	29.671
6b	2815	0,8	1	1	365	5,53	4.545.630
7a	2223	62,20	1	1	365	5,53	279.073.460
7b	247	90,4	1	1	365	5,53	45.023.949
7c	627	24	1	1	365	5,53	30.366.369
Total ESAL =							359.632.505

4.3 Analisis Dan Pembahasan Kondisi Struktural

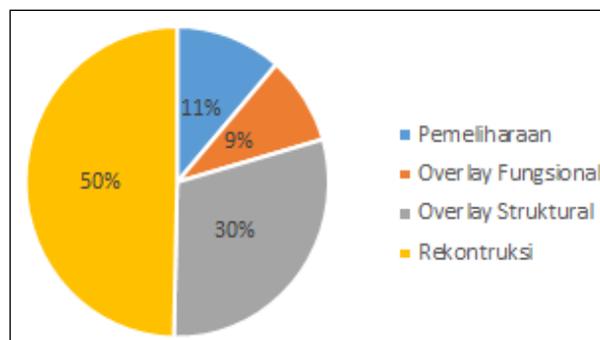
Hasil analisis IRI diperoleh persentase kondisi jalan pada ruas yang ditinjau adalah sebesar 86% kondisi baik dengan nilai $IRI < 4$, 13% dalam kondisi sedang dengan nilai $IRI 4 - 8$, dan 1% dalam kondisi rusak dengan nilai $IRI 8 - 12$. **Gambar 4** memperlihatkan persentase kondisi jalan dilihat dari nilai IRI.

Pengolahan data *LHR* dilakukan untuk memperoleh besarnya volume lalu lintas yang menggunakan ruas jalan yang dikaji pada tahun pengamatan, dengan mengasumsikan nilai pertumbuhan lalu lintas sebesar 5% pertahun. Perhitungan *ESAL* dilakukan dengan menggunakan nilai *VDF* dari Manual Desain Perkerasan Bina Marga tahun 2013 [3]. Penggunaan *VDF* digunakan untuk kendaraan berat dengan Golongan 5a - 7c, sehingga diperoleh total nilai $ESAL = 359.632.505 \text{ lss/LR/UR}$.

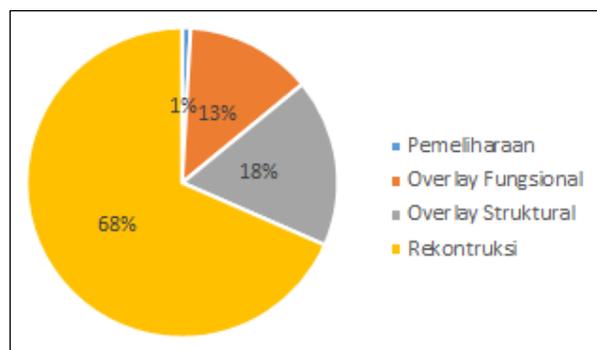


Gambar 4. Grafik Persentase Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai IRI

Analisis nilai *SCI* sangat dipengaruhi oleh data lendutan yang diperoleh dari survei FWD dan data *IRI* yang diperoleh dari survei Mata Garuda. Data lendutan dan *IRI* tersebut akan diolah untuk mencari besaran SN_{eff} dan SN_f dari perkerasan jalan. Berdasarkan nilai SN_{eff} dan SN_f didapatkan nilai *SCI* yang digunakan untuk penentuan penanganan jalan. Hasil perhitungan *SCI* diperoleh bahwa penanganan jalan sebelum dipisahkan secara segmentasi untuk kedua arah diurut dari persentase penanganan terbesar yaitu melakukan rekonstruksi, *overlay* struktural, *overlay* fungsional dan persentase paling kecil yaitu kegiatan pemeliharaan jalan. Persentase program penanganan jalan dapat dilihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



Gambar 5. Persentase Program Penangan Jalan Arah Bulu – Tuban



Gambar 6. Persentase Program Penangan Jalan Arah Tuban - Bulu

Segmentasi dilakukan dengan cara mengusahakan setiap segmen mempunyai tingkat keseragaman yang sama (faktor keseragaman < 30%), hal ini dilakukan agar terhindar dari over desain serta mengefesiesikan dalam perencanaan *overlay*. Jenis program dan kegiatan penanganan jalan dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan hasil analisis pembagian segmentasi dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 5. Jenis Program dan Kegiatan Penanganan Jalan

Program Penanganan	Kegiatan Penanganan Jalan
Pemeliharaan Rutin	1. Penambalan Lubang (<i>Patching</i>) 2. Pembersihan Drainase
Pemeliharaan Berkala	1. Pelapisan Ulang (<i>Overlay</i>) 2. Pemarkaan (<i>Marking</i>) 3. Perbaikan dan Pembangunan Fasilitas Drainase
Rekonstruksi Jalan	1. Pekerjaan galian timbunan 2. Penyiapan tanah dasar (<i>Subgrade</i>) 3. Pekerjaan struktur perkerasan (Lapis Fondasi, Lapis Permukaan) 4. Pembangunan fasilitas drainase 5. Pemarkaan (<i>Marking</i>)

Tabel 6. Rekomendasi Penanganan Segmentasi Arah Bulu-Tuban

No	Stasioning	Jarak (km)	Rekomendasi Penanganan
1	107+000 - 110+301	3,301	Rekontruksi
2	110+301 - 131+200	20,9	<i>Overlay</i> Struktural
3	131+200 - 142+400	11,2	Rekontruksi
4	142+400 - 150+401	8	Pemeliharaan

Tabel 7. Rekomendasi Penanganan Segmentasi Arah Tuban-Bulu

No	Stasioning	Jarak (km)	Rekomendasi Penanganan
1	106+999 - 128+399	21,4	Rekontruksi
2	128+399 - 132+400	4,401	<i>Overlay</i> Struktural
3	132+400 - 142+378	9,578	Rekontruksi
4	142+378 - 150+400	8,022	<i>Overlay</i> Fungsional

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian penanganan ruas jalan Bulu - Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan data *Falling Weight Deflectometer* dan survei mata Garuda, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *ESAL* yang didapat pada ruas jalan Bulu – Batas Kota Tuban Provinsi Jawa Timur adalah 359.632.505 *lss/LR/UR* dengan asumsi umur rencana selama 5 tahun dan pertumbuhan lalu lintas sebesar 5% setiap tahunnya.
2. Nilai *SCI* Ruas Jalan Bulu - Tuban berkisar dari 0,2-1,19, dengan rincian 80 % nilai *SCI* < 0,7 dan 20% nilai *SCI* > 0,7. Nilai ini memberikan arti bahwa 80% dari Ruas Jalan Bulu-Tuban telah mengalami kerusakan struktural, sehingga membutuhkan penanganan berupa peningkatan struktur.
3. Nilai *SCI* Ruas Jalan Tuban-Bulu berkisar dari 0,18–0,98, dengan rincian 86% nilai *SCI* < 0,7 dan 14% nilai *SCI* > 0,7. Nilai ini memberikan arti bahwa 86% dari Ruas Jalan Tuban - Bulu telah mengalami kerusakan structural, sehingga membutuhkan penanganan berupa peningkatan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum. (2011). Manual Survei Kondisi Jalan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). Manual Desain Perkerasan No. 01/MN/BM/2013. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.