

HUBUNGAN KERUSAKAN JALAN TERHADAP BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN PADA RUAS JALAN RAYA CANDI, SIDOARJO

Annesa Rifqi Elfania

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
annesas.17050724008@mhs.unesa.ac.id

Purwo Mahardi

Dosen Teknik Sipil, Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
purwomahardi@unesa.ac.id

Abstrak

Kerusakan jalan merupakan keadaan dimana fungsi jalan sudah tidak bisa memberikan pelayanan yang maksimal untuk kebutuhan masyarakat terhadap kendaraan yang melewati jalan tersebut. Pemeliharaan yang rutin dan berkala perlu mempertahankan kenyamanan dan keamanan untuk pengguna jalan dan mempertahankan kekuatan jalan hingga umur rencana. Penelitian ini mempunyai tujuan yaitu mencari jenis kerusakan jalan, tingkat kerusakan jalan dan besarnya nilai BOK yang dikeluarkan pada kendaraan yang melewati Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo. Untuk mencari nilai kerusakan jalan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan untuk mencari besarnya nilai Biaya Operasional Kendaraan menggunakan metode *Pacific Consultant International* (PCI). Metode analisa *Pavement Condition Index* (PCI) adalah metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi lapisan permukaan jalan yang nilainya ditentukan dari keadaan lapis permukaan yang diakibatkan kerusakan jalan. Metode *Pacific Consultant International* (PCI) adalah metode yang dilakukan untuk mengetahui besarnya Biaya Operasional Kendaraan yang dikeluarkan per kilometer dan faktor apa saja yang mempengaruhi nilai Biaya Operasional Kendaraan. Hasil dari penelitian ini adalah: (1) jenis kerusakan jalan yang terjadi pada Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo adalah adalah retak buaya, retak pinggir, retak memanjang dan melintang, retak blok, retak refleksi sambungan, penurunan bekas tambalan, lubang. (2) Hasil analisis perhitungan BOK pada Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo untuk arah Malang-Surabaya yaitu nilai BOK pada segmen 1 sebesar Rp. 5.855 Rp./kend.km, segmen 2 sebesar Rp. 5.741 Rp./kend.km, segmen 3 sebesar Rp. 5.371 Rp./kend.km, segmen 4 sebesar Rp. 5.609 Rp./kend.km, segmen 5 sebesar Rp. 5.764 Rp./kend.km. Hasil perhitungan BOK untuk arah Surabaya-Malang yaitu nilai BOK pada segmen 1 sebesar Rp. 5.251, segmen 2 sebesar Rp. 5.420, segmen 3 sebesar Rp. 5.424 Rp./kend.km, segmen 4 sebesar Rp. 5.290 Rp./kend.km, segmen 5 sebesar Rp. 5.333 Rp./kend.km. (3) Hasil analisis regresi linear didapatkan persamaan $Y = 6213,434 + 10,223 X$, dari persamaan tersebut diketahui nilai koefisien determinasi R sebesar 0,848 dan R Square (R^2) sebesar 0,718 yang artinya Nilai PCI (X) berpengaruh terhadap Nilai BOK (Y) karena rentang interval koefisien yaitu 0,60-0,799 (kuat).

Kata Kunci: Biaya Operasional Kendaraan, *Pavement Condition Index*, *Pacific Consultant International*

Abstract

Road damage is a condition where the function of the road cannot provide maximum service for the needs of the community for vehicles that pass through the road. Routine and periodic maintenance needs to maintain comfort and safety for road users and maintain road strength until the design life. This study has a purpose, namely to find the type of road damage, the level of road damage and the amount of the BOK value issued to vehicles that pass the Jalan Raya Candi Sidoarjo Section. To find the value of road damage using the method *Pavement Condition Index* (PCI) and to find the value of Vehicle Operational Costs using the method *Pacific Consultant International* (PCI). analysis *Pavement Condition Index* (PCI) method is a method used to determine the condition of the road surface layer whose value is determined from the condition of the surface layer caused by road damage. The *Pacific Consultant International* (PCI) method is a method used to determine the amount of Vehicle Operating Costs incurred per kilometer and what factors affect the value of Vehicle Operating Costs. The results of this study are: (1) the types of road damage that occur on the Jalan Raya Candi Sidoarjo section are crocodile cracks, edge cracks, longitudinal and transverse cracks, block cracks, joint reflection cracks, settlement of patches, potholes. (2) The results of the analysis of the BOK calculation on the Jalan Raya Candi Sidoarjo section for the Malang-Surabaya direction, namely the BOK value in segment 1 is Rp. 5,855 Rp./kend.km, segment 2 of Rp. 5,741 Rp./kend.km, segment 3 of Rp. 5,371 Rp./kend.km, segment 4 is Rp. 5,609 Rp./kend.km, segment 5 is Rp. 5,764 Rp./kend.km. The results of the BOK calculation for the Surabaya-Malang direction are the BOK value in segment 1 of Rp. 5,251, segment 2 of Rp. 5,420, segment 3 of Rp. 5,424 Rp./kend.km, segment 4 is Rp. 5,290 Rp./kend.km, segment 5 Rp. 5,333 Rp./kend.km. (3) Results of linear regression analysis obtained equation $Y = 6213.434 + 10.223 X$, of the unknown persamaan determination coefficient R value of 0.848 and R Square (R^2) of 0.718 which means Value PCI (X) effect on BOK Value (Y) because the coefficient interval range is 0.60-0.799 (strong).

Keywords: Vehicle Operational Costs, *Pavement Condition Index*, *Pacific Consultant International*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi umum yang digunakan oleh kebanyakan masyarakat pada setiap harinya. Jalan termasuk prasarana transportasi darat yang bisa memberikan pelayanan kepada publik yang digunakan untuk semua aktivitas masyarakat seperti pekerjaan, pendidikan dan kebutuhan masyarakat swasta lainnya. Kerusakan jalan merupakan keadaan dimana fungsi jalan sudah tidak bisa memberikan pelayanan yang maksimal untuk kebutuhan masyarakat terhadap kendaraan yang melewati jalan tersebut. Pemeliharaan yang rutin dan berkala perlu menjaga keamanan dan kenyamanan untuk pengguna jalan dan mempertahankan kekuatan jalan hingga umur rencana (Suwardo dan Sugiharto, 2004).

Pemeliharaan kerusakan pada jalan juga bisa terjadi lebih awal dari waktu pelayanan karena adanya beberapa faktor, yaitu faktor manusia dan faktor alam. Faktor alam dapat mempengaruhi mutu pada perkerasan jalan seperti contoh genangan air, perubahan pada suhu, cuaca dan temperatur udara yang berubah-ubah, faktor manusia berupa tonase atau muatan kendaraan yang melebihi kapasitas kendaraan dan volume kendaraan yang seiring waktu meningkat. Dua faktor tersebut jika terjadi secara berkala dan berkepanjangan dapat mengakibatkan kerusakan pada jalan yang dilewati, yang akan merugikan semua pihak yang terkait. Kondisi rusaknya jalan akan menyebabkan dampak pada kecepatan suatu kendaraan yang melintasi jalan tersebut. Kecepatan suatu kendaraan dapat menurun pada jalan yang kondisinya bertambah buruk (Kusdiantoro, 2014). Kondisi jalan yang rusak apabila tidak dilakukan penanganan pada jalan maka biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan jalan akan lebih besar, semakin lama kerusakan jalan tersebut tidak ada perbaikan jalan, maka semakin besar juga Biaya Operasional Kendaraan yang melewati jalan tersebut (Damayanti, 2014).

Jalan Raya Candi berada di Kabupaten Sidoarjo. Kawasan jalan ini dan sekitarnya merupakan kawasan industri dan padat penduduk. Terdapat 59 industri besar maupun sedang di kecamatan Candi (Data Badan Pusat Statistik Jumlah Industri Besar dan sedang Kota Sidoarjo, 2018) dan 168 779 jiwa penduduk di kecamatan Candi (Data Badan Pusat Statistik Jumlah Penduduk Kota Sidoarjo, 2017-2019) dengan luas 40,67 km² (Data Badan Pusat Statistik Luas Daerah Kota Sidoarjo, 2019). Sepanjang jalan ini selalu dipenuhi kendaraan pribadi maupun kendaraan lainnya sehingga dapat mempengaruhi sistem pergerakan lalu lintas, aktivitas kendaraan dan menimbulkan permasalahan lalu lintas. Permasalahan tersebut menjadi salah satu faktor kerusakan jalan yang terjadi di Jalan Raya Candi.

Lokasi studi penelitian berada di Segmen Ruas Jalan Raya Candi, pada jalan tersebut adalah salah satu ruas jalan arteri di Kabupaten Sidoarjo yang merupakan akses pintu masuk ke Daerah Pusat Kegiatan (DPK) dan pada ruas jalan ini juga merupakan perlintasan yang dikelilingi pertokoan dan perkantoran. Ruas jalan ini tercatat volume kendaraan pada tahun 2018 adalah arah Surabaya-Malang sebesar 1372,2 (smp/jam) dan arah Malang-Surabaya sebesar 1762,4 (smp/jam) (Dinas Perhubungan Kota Sidoarjo, 2018).

Rumusan masalah yang terkait dalam kajian penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat dan jenis kerusakan jalan yang terjadi pada ruas Jalan Raya Candi dengan metode PCI?
2. Berapa nilai BOK yang diakibatkan oleh berbagai kondisi kerusakan jalan yang ada di ruas Jalan Raya Candi?
3. Bagaimana korelasi tingkat kerusakan jalan dengan BOK?

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mencari nilai korelasi antara kerusakan jalan terhadap Biaya Operasional Kendaraan.

Metode *Pavement Condition Index* (PCI) merupakan penilaian suatu kondisi pada perkerasan jalan yang dilihat berdasarkan jenis kerusakan jalan, tingkat kerusakan jalan yang terjadi dan bisa juga dipakai untuk beberapa acuan usaha pemeliharaan (Sutari Setyowati, 2011). Menentukan penilaian kondisi perkerasan jalan dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

- a. Penentuan Nilai Kerusakan (*Density*)

Menentukan nilai kerusakan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (1)$$

Atau

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (2)$$

Ad= Luas dari total jenis kerusakan jalan untuk setiap kerusakan (m²), Ld= Panjang dari total jenis kerusakan jalan untuk setiap kerusakan (m), As= Luas dari total setiap segmen (m²)

- b. Penentuan Nilai Pengurangan (*Deduct Value*)

Deduct Value merupakan pengurangan nilai untuk jenis kerusakan jalan yang dihasilkan dari grafik hubungan antara *deduct value* dan *density*.

- c. Total *Deduct Value* (TDV)

Total *Deduct Value* (TDV) dihasilkan dari penjumlahan seluruh nilai dari *Deduct Value* pada setiap kerusakan dan setiap segmen sehingga mendapatkan nilai total dari *Deduct Value*.

- d. *Corrected Deduct Value* (CDV)

Grafik hubungan yang dihasilkan antara nilai TDV dan CDV dengan memilih lengkung kurva yang

sesuai dengan jumlah *Deduct Value* yang memiliki nilai lebih besar dari 2 (disebut dengan nilai q).

e. Penentuan PCI

Menentukan PCI yaitu dengan mengurangi nilai 100 dengan CDV maksimum pada setiap segmen dengan persamaan berikut:

$$PCIs = 100 - CDV \quad (3)$$

PCIs = *Pavement Condition Index* untuk setiap segmen, CDV = *Corrected Deduct Value* untuk setiap segmen.

Menentukan nilai PCI secara keseluruhan:

$$PCI = \frac{\sum PCIs}{N} \quad (4)$$

PCI = total *Pavement Condition Index*, PCIs = *Pavement Condition Index* untuk setiap segmen, N = Jumlah segmen.

Hubungan kerusakan jalan dengan BOK yaitu dapat dihitung dengan kecepatan waktu tempuh kendaraan dan daftar harga satuan komponen kendaraan. Menurut Anonim (2005:1) Biaya operasional kendaraan yaitu biaya yang terjadi karena pemakaian satu jenis kendaraan dengan kondisi normal untuk satu tujuan tertentu. Biaya Operasional Kendaraan dibagi menjadi dua komponen yaitu biaya tetap (*standing cost atau fixed cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*). Perhitungan BOK akan dilakukan di jalan eksisting dan jalan yang sudah dilakukan perbaikan jalan dengan menggunakan besarnya kecepatan tempuh pada kendaraan. Persamaan dalam menghitung Biaya Operasional Kendaraan yaitu:

$$BOK = BTT + BT$$

Biaya tetap adalah hasil jumlah dari semua komponen yaitu biaya penyusutan kendaraan, biaya awak kendaraan, biaya asuransi kendaraan dan biaya bunga modal. Persamaan dalam perhitungan komponen biaya tetap adalah:

Tabel 1. Persamaan Perhitungan Biaya Tetap

No	Persamaan	Mobil Penumpang
1	Penyusutan (penyusutan/1000km) dari harga kendaraan	$Y = 1 / (2,5 S + 125)$
2	Awak kendaraan(jam kerja/1000km)	Tidak ada karena pengemudi mobil adalah pemilik kendaraan yang ditumpangi
3	Asuransi (asuransi/1000km)dari harga kendaraan	$Y = 38 / (500 S)$
4	Biaya bunga modal (bunga modal/1000 km) dari harga kendaraan	$Y = 150 / (500 S)$

Keterangan:

S= Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)

Sumber: Anonim (2000:3) Metode Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (PCI)

Biaya tidak tetap adalah hasil jumlah dari semua komponen yaitu konsumsi bahan bakar kendaraan, biaya oli kendaraan, biaya konsumsi suku cadang, biaya pemeliharaan kendaraan dan biaya ban kendaraan. Persamaan dalam perhitungan komponen biaya tidak tetap adalah:

Tabel 2. Persamaan Perhitungan Biaya Tidak Tetap

No	Persamaan	Mobil Penumpang
1	Konsumsi bahan bakar (liter/1000km)	$Y = 0,05693 S^2 - 6,42593 S + 269,18567$
2	Konsumsi oli mesin (liter/1000km)	$Y = 0,00037 S^2 - 0,04070 S + 22,0405$
3	Biaya pemeliharaan (pemeliharaan/1000km)	$Y = 0,0000064 S + 0,0005567$
4	Mekanik/montir (jam kerja/1000km)	$Y = 0,00362 S + 0,36267$
5	Ban Kendaraan (ban/1000km)	$Y = 0,0008848 S + 0,0045333$

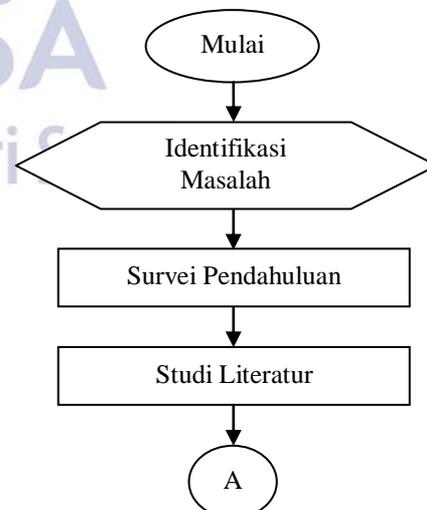
Keterangan:

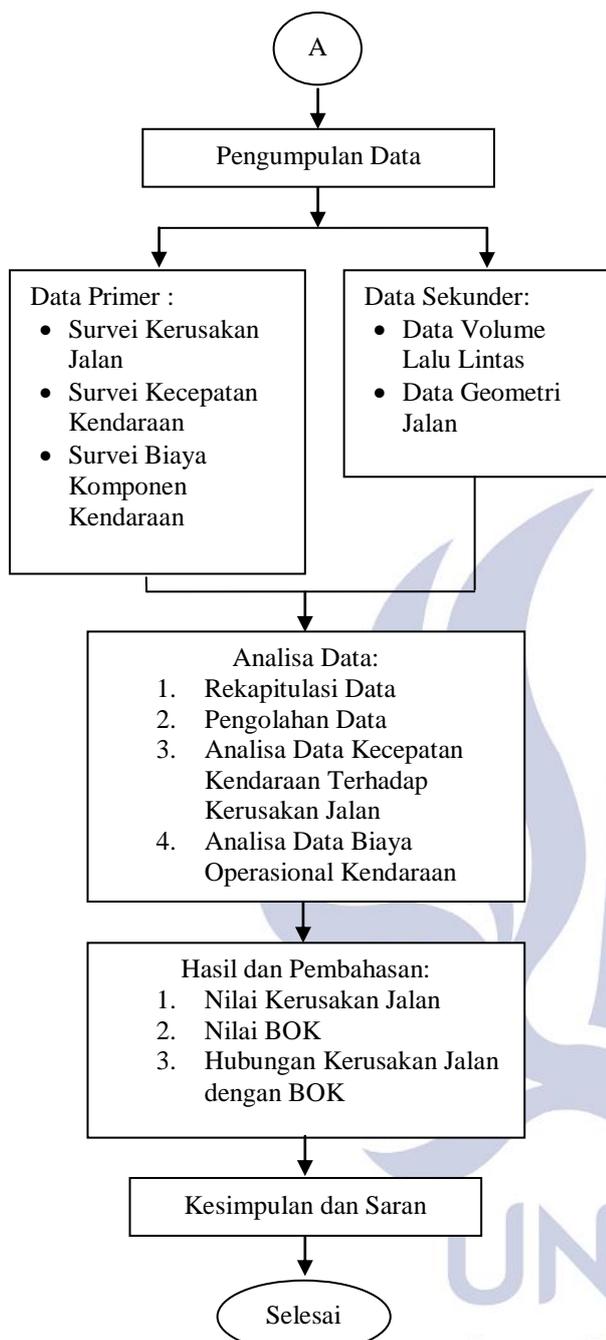
S= Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)

Sumber: Anonim (2000:3) Metode Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (PCI)

METODE

Metode penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian. Penyusunan rancangan bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih rinci sesuai dengan tujuan awal penelitian. Penyusunan rancangan penelitian di Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo dapat dibagi menjadi beberapa tahap berikut ini.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Data pada penelitian didapatkan dari hasil survei yang dilaksanakan pada 4 hari yang dibagi menjadi 3 hari pengamatan, yaitu pada hari kerja hari Senin, Rabu, Kamis dan ditambah satu hari pengamatan pada hari libur yaitu hari Sabtu di Segmen Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo. Survei yang dilakukan yaitu: survei kecepatan kendaraan dan survei kerusakan jalan. Survei dimulai pada pukul 06.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB.

Penelitian ini diawali dengan tahapan melakukan survei pendahuluan, kemudian mengidentifikasi masalah yang dapat menyusun latar belakang masalah dan rumusan masalah yang terjadi. Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan data yang diperoleh dari data primer maupun data sekunder. Data primer pada penelitian ini didapatkan dari survei kecepatan

kendaraan, survei kerusakan jalan dan biaya komponen kendaraan pada Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo. Data sekunder pada penelitian ini didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Sidoarjo. Data sekunder ini berupa data volume lalu lintas dan data geometri jalan.

Tahapan untuk selanjutnya yaitu pengolahan data, pengolahan data di penelitian ini yaitu rekapitulasi volume lalu lintas dan menghitung kecepatan pada kendaraan. Untuk mengolah data dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel*. Setelah pengolahan data selesai dilakukan, selanjutnya adalah analisis data yaitu melakukan perhitungan nilai kerusakan jalan dengan metode PCI (*Pavement Condition Index*) dan melakukan perhitungan Biaya Operasional Kendaraan dengan metode PCI (*Pacific Consultant International*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kerusakan Jalan dengan Metode PCI

Berdasarkan dari hasil data kerusakan jalan yang didapatkan dari survei langsung dilapangan, selanjutnya dilakukan penilaian kondisi untuk menentukan nilai PCI (*Pavement Condition Index*) pada Ruas Jalan Raya Candi dengan panjang 1,09 kilometer. Ruas jalan yang ditinjau untuk mencari nilai PCI dibagi menjadi beberapa segmen yaitu segmen 1 sampai 5 untuk arah Malang-Surabaya dan 1 sampai 5 untuk arah Surabaya-Malang.

Segmen 1 (STA 0+000 – 0+200) Arah Malang-Surabaya

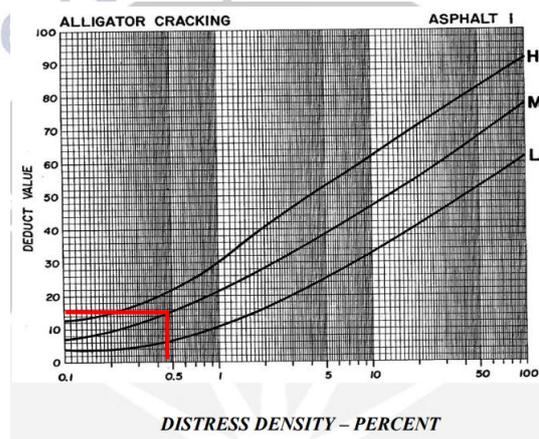
Kerusakan jalan yang terjadi di segmen ini adalah

1. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Berikut merupakan hasil perhitungan dari kerusakan jalan retak kulit buaya.

- | | |
|---|-----------------------|
| a. Luas kerusakan | = 8,14 m ² |
| b. Luas Area | = 1650 m ² |
| c. Tingkat Kerusakan (M) | = Medium |
| d. Kadar Kerusakan Jalan (<i>Density</i>) | = 0,494% |
| e. Nilai <i>Deduct Value</i> | = 14 |

Nilai *Deduct Value* didapatkan dari melihat grafik hubungan antara *density* dengan *deduct value* dapat dilihat dibawah ini.



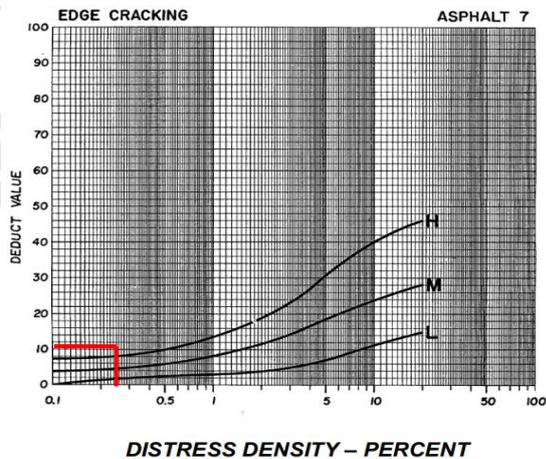
Gambar 2. Grafik Alligator Cracking

2. Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Berikut merupakan hasil perhitungan dari kerusakan jalan retak pinggir.

- a. Luas kerusakan = 4,16 m²
- b. Luas Area = 1650 m²
- c. Tingkat Kerusakan = High (H)
- d. Kadar Kerusakan Jalan (*Density*) = 0,252%
- e. Nilai *Deduct Value* = 10

Nilai *Deduct Value* didapatkan dari melihat grafik hubungan antara *density* dengan *deduct value* dapat dilihat dibawah ini.



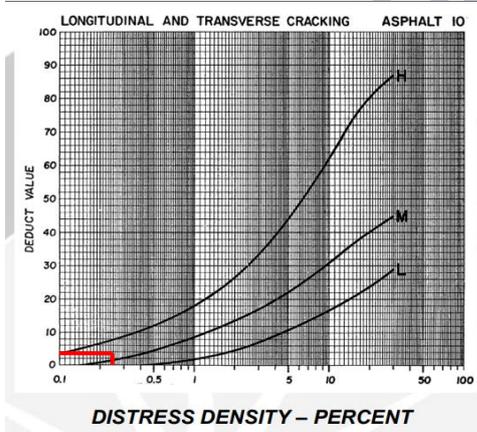
Gambar 3. Grafik *Edge Cracking*

3. Retak Memanjang dan Melintang (*Long and trans Cracking*)

Berikut merupakan hasil perhitungan dari kerusakan jalan retak memanjang dan melintang.

- a. Luas kerusakan = 3,78 m²
- b. Luas Area = 1650 m²
- c. Tingkat Kerusakan = Medium (M)
- d. Kadar Kerusakan Jalan (*Density*) = 0,229%
- e. Nilai *Deduct Value* = 2,4

Nilai *Deduct Value* didapatkan dari melihat grafik hubungan antara *density* dengan *deduct value* dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4. Grafik *Long and Trans Cracking*

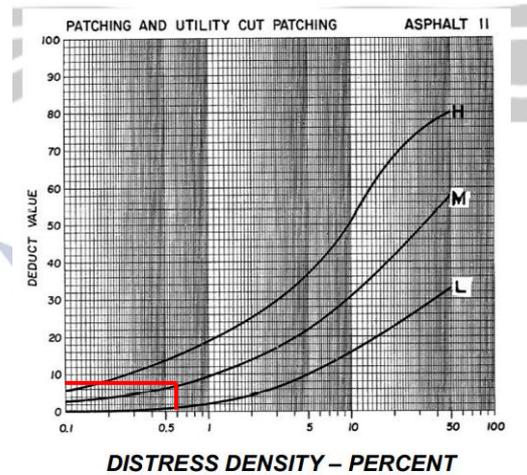
4. Tambalan (*Patching*)

Berikut merupakan hasil perhitungan dari kerusakan jalan tambalan.

- a. Luas kerusakan = 11 m²

- b. Luas Area = 1650 m²
- c. Tingkat Kerusakan (M) = Medium
- d. Kadar Kerusakan Jalan (*Density*) = 0,667%
- e. Nilai *Deduct Value* = 8

Nilai *Deduct Value* didapatkan dari melihat grafik hubungan antara *density* dengan *deduct value* dapat dilihat dibawah ini.



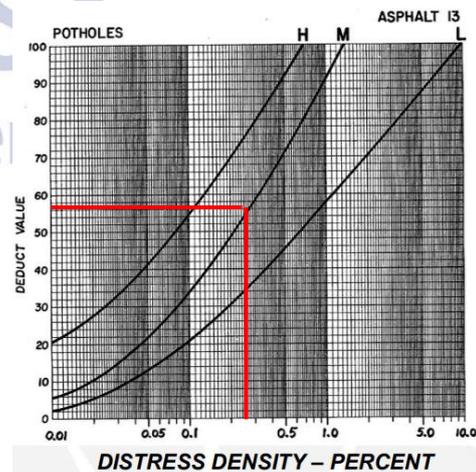
Gambar 5. Grafik *Patching*

5. Lubang (*Potholes*)

Berikut merupakan hasil perhitungan dari kerusakan jalan tambalan.

- a. Luas kerusakan = 3,87 m²
- b. Luas Area = 1650 m²
- c. Tingkat Kerusakan (M) = Medium
- d. Kadar Kerusakan Jalan (*Density*) = 0,235%
- e. Nilai *Deduct Value* = 58

Nilai *Deduct Value* didapatkan dari melihat grafik hubungan antara *density* dengan *deduct value* dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 6. Grafik *Potholes*

Perhitungan diatas didapatkan hasil rekapitulasi analisis data setiap jenis pada kerusakan jalan yang terjadi pada Ruas Jalan Raya Candi pada segmen 1.

Tabel 3. Analisis Data Ruas Jalan Raya Candi Segmen 1

No	Nama	Distress Severity	Quantiti								Total	Density	Deduct Value	
			1	2	3	4	5	6	7	8				
1	Retak Buaya	M	1,37	0,56	0,36	5,85	-	-	-	-	-	8,15	0,494	14
2	Retak Pinggir	H	2,24	0,73	0,81	0,38	-	-	-	-	-	4,17	0,252	10
3	Retak Memanjang	M	0,48	0,74	1,00	1,57	-	-	-	-	-	3,78	0,229	2,4
4	Tambalan	M	5,03	3,50	0,49	1,98	-	-	-	-	-	11,01	0,667	8
5	Lubang	M	0,87	1,35	0,02	0,04	0,14	1,16	0,10	0,11	0,09	3,87	0,235	58

Total Deduct Value (TDV) = 14+10+2,4+8+58 = 92,4

Mi = 1+ 9/98 x (100-58) = 4,86

q = 5

Corrected Deduct Value (CDV) = 66

Sumber: Hasil Perhitungan

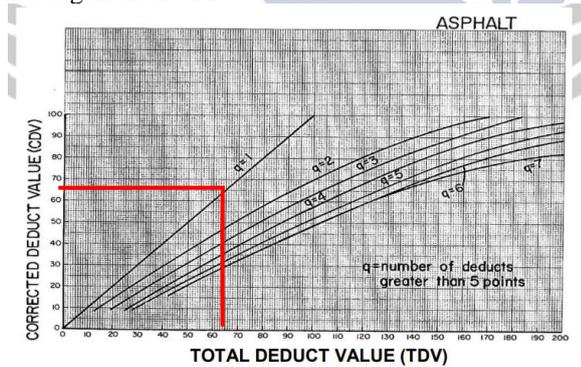
Tabel perhitungan hasil iterasi CDV pada segmen 1 dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Iterasi CDV Segmen 1

Perhitungan PCI							
Deduct Value					Total	q	CDV
58	14	10	8	2,4	92,4	5	47
58	14	10	8	2	92	4	53
58	14	10	2	2	86	3	55
58	14	2	2	2	78	2	58
58	2	2	2	2	66	1	66
Mi = 4,86							
CDV Terbesar = 66 dan PCI = 100-66 = 34							

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil tabel diatas kemudian dihubungkan pada grafik hubungan antara TDV dan CDV.

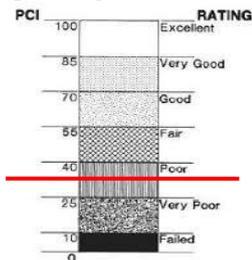


Gambar 6. Grafik Hubungan antara TDV dan CDV

Nilai PCI pada segmen 1 adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= 100 - \text{CDV} \\
 &= 100 - 66 \\
 &= 34
 \end{aligned}$$

Nilai PCI diatas kemudian dimasukkan ke dalam diagram nilai PCI sehingga didapat kategori kondisi kerusakan jalan pada segmen tersebut.



Gambar 7. Nilai PCI Segmen 1

Tingkat kondisi kerusakan pada Ruas Jalan Raya Candi Segmen 1 Arah Malang-Surabaya dengan nilai PCI 34 adalah *Poor* (Buruk).

Nilai Rata-Rata PCI Setiap Segmen

Tabel hasil rekapitulasi dari nilai TDV, CDV dan PCI pada setiap segmen Jalan Raya Candi Sidoarjo arah Malang-Surabaya dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 5. Nilai PCI Setiap Segmen Arah Malang-Surabaya

Segmen	STA	TDV	CDV	PCI
1	0+000-0+200	66	66	34
2	0+200-0+400	44	44	56
3	0+400-0+600	27	28	72
4	0+600-0+800	28	22	78
5	0+800-1+000	24	16	84

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel hasil rekapitulasi dari nilai TDV, CDV dan PCI pada setiap segmen Jalan Raya Candi Sidoarjo arah Surabaya-Malang dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 6. Nilai PCI Setiap Segmen Arah Surabaya-Malang

Segmen	STA	TDV	CDV	PCI
1	0+000-0+200	22,5	24	76
2	0+200-0+400	25	19	81
3	0+400-0+600	38	38	62
4	0+600-0+800	12	9	91
5	0+800-1+000	14	14	86

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa total PCI untuk arah Malang-Surabaya adalah 324 dan untuk arah Surabaya-Malang adalah 496, sehingga dapat dicari nilai rata-rata PCI untuk ruas Jalan Raya Candi arah Malang-Surabaya adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{PCI rata-rata} &= \frac{\text{Total Nilai PCI}}{\text{Jumlah Segmen}} \\
 &= \frac{324}{5} \\
 &= 64,8
 \end{aligned}$$

Nilai rata-rata PCI untuk ruas Jalan Raya Candi arah Surabaya-Malang adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{PCI rata-rata} &= \frac{\text{Total Nilai PCI}}{\text{Jumlah Segmen}} \\
 &= \frac{496}{5} \\
 &= 99,2
 \end{aligned}$$

Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Perhitungan dari Biaya Operasional Kendaraan yaitu menggunakan Metode *Pacific Consultant International* (PCI). Nilai Biaya Operasional Kendaraan dihitung berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan yang didapatkan dari survei lapangan pada Ruas Jalan Raya Candi. Kendaraan pada arah Malang-Surabaya menggunakan harga mobil penumpang Toyota All New Avanza 1.3 G M/T dengan ban kendaraan mobil penumpang yaitu ban GT Radial Champiro Eco 186/70 R14 dan menggunakan bensin Pertamina. Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan pada Ruas Jalan Raya Candi arah Malang-Surabaya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Rekapitulasi Kecepatan Rata-rata Arah Malang-Surabaya

Segmen	Kecepatan Rata-Rata(Km/jam)
1	40,15
2	41,55
3	41,84
4	43,63
5	41,37

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan BOK dibutuhkan daftar harga dari satuan komponen yaitu mobil penumpang, pada arah Malang-Surabaya menggunakan mobil penumpang Toyota All New Avanza 1.3 G M/T. Daftar harga dari satuan komponen mobil penumpang pada tahun 2020 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Daftar Harga Satuan Komponen BOK Mobil Penumpang

No	Komponen	Satuan	Harga Satuan(Rp)
1	Mobil penumpang	Unit	Rp 210.550.000
2	Bahan Bakar Bensin	Liter	Rp 9.000
3	Ban Mobil Penumpang	Unit	Rp 562.000
4	Oli Mobil Penumpang	Liter	Rp 94.990
5	Pemeliharaan Mobil Penumpang	Unit	Rp 300.000
6	Mekanik	Jam	Rp 15.000

Sumber: Hasil Survei

Hasil perhitungan Biaya Tetap dari Biaya Operasional kendaraan arah Malang-Surabaya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 9. Biaya Tetap Pada Ruas Jalan Raya Candi Arah Malang-Surabaya Segmen 1

No	Persamaan	Mobil Penumpang	Biaya
1	Penyusutan (penyusutan/1000 km) dari harga kendaraan	0,00443721	Rp 934.255
2	Awak kendaraan (jam kerja/1000km)	-	-
3	Asuransi (asuransi/1000km) dari harga kendaraan	0,00189306	Rp 398.584
4	Biaya bunga modal (bunga modal/1000 km) dari harga kendaraan	0,0074726	Rp 1.573.356
Total (Rp/Kend. 1000km)			Rp 2.906.195
Total (Rp/Kend.km)			Rp 2.906

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan Biaya Tidak Tetap dari Biaya Operasional kendaraan arah Malang-Surabaya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 10. Biaya Tidak Tetap Pada Ruas Jalan Raya Candi Arah Malang-Surabaya Segmen 1

No	Persamaan	Mobil Penumpang	Biaya
1	Konsumsi bahan bakar (liter/1000km)	102,9632036	Rp 926.669
2	Konsumsi oli mesin (liter/1000km)	20,97064486	Rp 1.992.002
3	Biaya pemeliharaan (pemeliharaan/1000km)	0,000813639	Rp 244
4	Mekanik/montir (jam kerja/1000km)	0,508000933	Rp 7.620
5	Ban Kendaraan (ban/1000km)	0,040055071	Rp 22.511
Total (Rp/Kend. 1000km)			Rp 2.949.045
Total (Rp/Kend.km)			Rp 2949

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Biaya Tetap dan Biaya Tidak Tetap maka dapat dihitung BOK dari arah Malang-Surabaya pada tabel berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi BOK Arah Malang-Surabaya

Segmen	BTT	BT	Total BOK
1	Rp 2.949	Rp 2.905	Rp 5.855
2	Rp 2.926	Rp 2.815	Rp 5.741
3	Rp 2.921	Rp 2.810	Rp 5.731
4	Rp 2.895	Rp 2.714	Rp 5.609
5	Rp 2.929	Rp 2.835	Rp 5.764

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil dari perhitungan diatas maka didapatkan hasil rekapitulasi antara nilai PCI, kecepatan rata-rata kendaraan dan nilai BOK pada arah Malang-Surabaya pada tabel berikut.

Tabel 12. Rekapitulasi Nilai Kerusakan Jalan, Kecepatan Rata-rata dan Total BOK

Segmen	Nilai PCI	Kecepatan Rata-Rata	Total Bok
1	34	40,15	Rp 5.855
2	56	41,55	Rp 5.741
3	72	41,83	Rp 5.731
4	78	43,63	Rp 5.609
5	84	41,37	Rp 5.764

Sumber: Hasil Perhitungan

Arah Surabaya-Malang digunakan harga mobil penumpang sama dengan arah Malang-Surabaya yaitu . Toyota All New Avanza 1.3 G M/T dengan ban kendaraan mobil penumpang menggunakan ban GT Radial Champiro Eco 186/70 R14 dan menggunakan bensin Pertamina. Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan di Ruas Jalan Raya Candi arah Surabaya-Malang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 13. Rekapitulasi Kecepatan Rata-rata Arah Surabaya-Malang

Segmen	Kecepatan Rata-Rata(Km/jam)
1	50,13
2	46,89
3	46,72
4	49,31
5	48,43

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan BOK dibutuhkan daftar harga dari satuan komponen yaitu mobil penumpang, pada arah Surabaya-Malang menggunakan mobil penumpang sama dengan arah Malang-Surabaya yaitu Toyota All New Avanza 1.3 G M/T. Daftar harga satuan komponen mobil penumpang pada tahun 2020 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 14. Daftar Harga Satuan Komponen BOK Mobil Penumpang

No	Komponen	Satuan	Harga Satuan(Rp)
1	Mobil penumpang	Unit	Rp 210.550.000
2	Bahan Bakar Bensin	Liter	Rp 9.000
3	Ban Mobil Penumpang	Unit	Rp 562.000
4	Oli Mobil Penumpang	Liter	Rp 94.990
5	Pemeliharaan Mobil Penumpang	Unit	Rp 300.000
6	Mekanik	Jam	Rp 15.000

Sumber: Hasil Survei

Hasil perhitungan Biaya Tetap dari Biaya Operasional kendaraan arah Surabaya-Malang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 15. Biaya Tetap Pada Ruas Jalan Raya Candi Arah Surabaya-Malang Segmen 1

No	Persamaan	Mobil Penumpang	Biaya
1	Penyusutan (penyusutan/1000 km) dari harga kendaraan	0,00399467	Rp 841.079
2	Awak kendaraan (jam kerja/1000km)	-	-
3	Asuransi (asuransi/1000km) dari harga kendaraan	0,00151596	Rp 319.185
4	Biaya bunga modal (bunga modal/1000 km) dari harga kendaraan	0,00598404	Rp 1.259.940
Total (Rp/Kend. 1000km)			Rp 2.420.204
Total (Rp/Kend.km)			Rp 2.420

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan Biaya Tidak Tetap dari Biaya Operasional kendaraan arah Surabaya-Malang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 16. Biaya Tidak Tetap Pada Ruas Jalan Raya Candi Arah Surabaya-Malang Segmen 1

No	Persamaan	Mobil Penumpang	Biaya
1	Konsumsi bahan bakar (liter/1000km)	90,11745809	Rp 811.057
2	Konsumsi oli mesin (liter/1000km)	20,87974622	Rp 1.983.367
3	Biaya pemeliharaan (pemeliharaan/1000km)	0,000877553	Rp 263
4	Mekanik/montir (jam kerja/1000km)	0,544152667	Rp 8.162
5	Ban Kendaraan (ban/1000km)	0,0488991273	Rp 27.477
Total (Rp/Kend. 1000km)			Rp 2.830.327
Total (Rp/Kend.km)			Rp 2.830

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil dari perhitungan Biaya Tetap dan Biaya Tidak Tetap maka dapat dihitung BOK dari arah Surabaya-Malang pada tabel berikut.

Tabel 17. Rekapitulasi BOK Arah Surabaya-Malang

Segmen	BTT	BT	Total BOK
1	Rp 2.830	Rp 2.420	Rp 5.251
2	Rp 2.857	Rp 2.563	Rp 5.420
3	Rp 2.859	Rp 2.565	Rp 5.424
4	Rp 2.836	Rp 2.454	Rp 5.290
5	Rp 2.843	Rp 2.490	Rp 5.333

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan diatas maka didapatkan hasil rekapitulasi antara nilai PCI, kecepatan rata-rata kendaraan dan nilai BOK pada arah Surabaya-Malang pada tabel berikut.

Tabel 18. Rekapitulasi Nilai Kerusakan Jalan, Kecepatan Rata-rata dan Total BOK

Segmen	Nilai PCI	Kecepatan Rata-Rata	Total Bok
1	76	50,13	Rp 5.251
2	81	46,89	Rp 5.420
3	62	46,72	Rp 5.424
4	91	49,31	Rp 5.290
5	86	48,43	Rp 5.333

Sumber: Hasil Perhitungan

Hubungan Nilai PCI dan BOK

Berdasarkan analisa perhitungan nilai PCI dan BOK yang sudah dilakukan selanjutnya yaitu melakukan perhitungan korelasi antara nilai PCI dan BOK untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara keduanya.

Tabel 19. Rekapitulasi Nilai PCI, Kecepatan Rata-rata dan Nilai BOK Keseluruhan

Segmen	Nilai PCI	Kecepatan Rata-Rata	Total BOK
1	34	40,15	Rp 5.855
2	56	41,55	Rp 5.741

Segmen	Nilai PCI	Kecepatan Rata-Rata	Total BOK
3	72	41,83	Rp 5.731
4	78	43,63	Rp 5.609
5	84	41,37	Rp 5.764
6	76	50,13	Rp 5.251
7	81	46,89	Rp 5.420
8	62	46,72	Rp 5.424
9	91	49,31	Rp 5.290
10	86	48,43	Rp 5.333

Sumber: Hasil Perhitungan

Regresi Linear Sederhana

Hasil dari analisa regresi linear sederhana yaitu X sebagai nilai PCI dan Y sebagai nilai BOK dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 19. Hasil Coefficient Analisis Regresi Linear Sederhana Menggunakan SPSS

model	Unstandardized Coefficients		Unstandardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (constant) Nilai PCI	6213,434	153,8	-848	40,3	,000
	-10,223	2,263		-4,51	,002

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa:

1. Membandingkan nilai signifikan dengan probabilitas 0,05 yaitu nilai signifikan 0,002 < probabilitas 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa nilai PCI (X) berpengaruh terhadap nilai BOK (Y).
2. Membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} :
 $t_{hitung} = (\alpha/2) : n-k-1$
 $= (0,05/2 : 10-1-1)$
 $= (0,025 : 8)$
 $= 2,306 \rightarrow$ Distribusi nilai t_{tabel}

Berdasarkan perhitungan diatas yaitu nilai t_{hitung} 4,518 > t_{tabel} 2,306, maka dapat disimpulkan bahwa nilai PCI (X) berpengaruh terhadap nilai BOK (Y).

Hasil analisis diatas didapatkan persamaan $Y = 6213,434 + 10,223 X$.

3. Analisa Koefisien Korelasi
 Hasil dari analisa koefisien korelasi dengan menggunakan SPSS dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 20. Model Summary Regresi Linear Sederhana

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std Error of the
1	,848	,718	,683	125,53032

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas nilai korelasi (R) sebesar 0,848 dan R Square (R^2) sebesar 0,718 yang artinya pengaruh nilai PCI terhadap nilai BOK adalah sebesar 71,8%. Nilai tersebut menyatakan bahwa internal koefisien berada pada rentang 0,60-0,799 dengan tingkat hubungan "kuat".

Bentuk analisa lain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisa regresi polinomial. Berikut merupakan output SPSS R^2 pada tabel model *summary*:

Regresi Polinomial

Hasil dari analisa regresi polinomial dengan menggunakan SPSS dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 21. Model Summary Regresi Linear Polinomial

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std Error of the
1	,848	,719	,638	134,159

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil tabel diatas diperoleh R^2 sebesar 0,719 yang artinya pengaruh nilai PCI terhadap nilai BOK adalah sebesar 71,9%. Nilai tersebut termasuk dalam tingkat hubungan kuat.

Berdasarkan 2 bentuk analisa regresi yang dilakukan antara lain analisa regresi linear sederhana dan analisa regresi polinomial. Perbandingan nilai R^2 antara 2 bentuk analisa diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 22. Rekapitulasi Nilai R^2

Analisa	Nilai R^2
Analisa Regresi Linear Sederhana	0,718
Analisa Regresi Polinomial	0,719

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil dari tabel diatas dapat dilihat nilai R^2 tertinggi terdapat pada analisa regresi polinomial, namun ada hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan analisa yang sudah dilakukan yaitu output diagram pada analisa regresi polinomial tidak berbentuk parabola dan nilai signifikan dengan probabilitas tidak memenuhi syarat karena nilai tabel > 0,05, sehingga analisa yang paling sesuai digunakan pada penelitian ini adalah analisa regresi linear sederhana.

Dari analisis yang telah dilakukan, penulis menemukan bahwa adanya hubungan yang kuat antara kerusakan jalan dan Biaya Operasional Kendaraan pada Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo. Adapun hubungan tersebut apabila dituliskan dalam model matematis akan berupa persamaan $Y = 6213,434 + 10,223 X$ dimana (Y) adalah nilai BOK dan (X) adalah nilai PCI. Dari persamaan tersebut diketahui nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,718 yang artinya hubungan antara keduanya berada pada rentang 0,60-0,799 dengan tingkat hubungan "kuat". Pernyataan ini selaras dengan penelitian dari jurnal milik Agustina Tri Lestari (2018) yang juga menunjukkan adanya hubungan kerusakan jalan terhadap Biaya Operasional Kendaraan dengan persamaan $Y = 0,3315 X^2 - 65,339 X + 6199,1$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,8061 yang artinya hubungan antara keduanya berada pada rentang 0,80-1,00 dengan tingkat hubungan "sangat kuat". Selain itu dengan jurnal milik Fadhilah Nurul (2013) juga menunjukkan adanya hubungan kerusakan jalan terhadap Biaya Operasional Kendaraan dengan persamaan $Y = 0,024 X_1 + 1,012 X_2 + 25,375$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,860 yang artinya hubungan antara keduanya berada pada rentang 0,80-1,00 dengan tingkat hubungan "sangat kuat".

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada Segmen Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis kerusakan yang terjadi pada Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo adalah retak buaya, retak pinggir, retak memanjang dan melintang, retak blok, retak refleksi sambungan, penurunan bekas tambalan, lubang. Nilai kondisi jalan berdasarkan analisa PCI pada arah Malang-Surabaya yaitu segmen 1 dengan nilai 34 (buruk), segmen 2 dengan nilai 56 (baik), segmen 3 dengan nilai 72 (sangat baik), segmen 4 dengan nilai 78 (sangat baik), segmen 5 dengan nilai 84 (sangat baik), dengan nilai PCI rata-rata 64,8 (baik). Arah Surabaya-Malang yaitu segmen 1 dengan nilai 76 (sangat baik), segmen 2 dengan nilai 81 (sangat baik), segmen 3 dengan nilai 62 (baik), segmen 4 dengan nilai 91 (sempurna), segmen 5 dengan nilai 86 (sempurna), dengan nilai PCI rata-rata 79,2 (sangat baik).
2. Hasil analisis perhitungan BOK pada Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo untuk arah Malang-Surabaya yaitu nilai BOK pada segmen 1 sebesar Rp. 5.855 Rp./kend.km, segmen 2 sebesar Rp. 5.741 Rp./kend.km, segmen 3 sebesar Rp. 5.371 Rp./kend.km, segmen 4 sebesar Rp. 5.609 Rp./kend.km, segmen 5 sebesar Rp. 5.764 Rp./kend.km. Hasil perhitungan BOK untuk arah Surabaya-Malang yaitu nilai BOK pada segmen 1 sebesar Rp. 5.251 Rp./kend.km, segmen 2 sebesar Rp. 5.420 Rp./kend.km, segmen 3 sebesar Rp. 5.424 Rp./kend.km, segmen 4 sebesar Rp. 5.290 Rp./kend.km, segmen 5 sebesar Rp. 5.333 Rp./kend.km.
3. Model matematis untuk menggambarkan hubungan antara BOK dan PCI pada Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo adalah $Y = 6213,434 + 10,223 X$ dengan koefisien determinasi 0,718 (hubungan kuat).

Saran

Berdasarkan penelitian pada Segmen Ruas Jalan Raya Candi Sidoarjo, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini analisa Biaya Operasional Kendaraan (BOK) yang digunakan adalah metode *Pacific Consultan International* (PCI), sehingga perlu pertimbangan metode lain sebagai perbandingan perhitungan BOK.
2. Survey kecepatan lalu lintas sebaiknya dilakukan saat keadaan arus lalu lintas berjalan normal, untuk mendapatkan sampel yang mewakili karakter lalu lintas pada lokasi studi yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadhilah, Nurul. "Pengaruh Tingkat Kerusakan Jalan Terhadap Biaya Operasional Kendaraan." *Diss. Universitas Negeri Semarang*, 2013.
- Ikhsani, M. A. "Studi Analisa Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Lingkar Timur Kabupaten Sidoarjo." *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan* (2007).
- Lestari, A. T. (2018). "Hubungan antara Kerusakan Jalan dan Biaya Operasional Kendaraan Pada Jalan Kolektor Perkotaan Jember." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, ISSN 2548-9518 Vol. 2, No. 1, Tahun 2018
- Maryam, H., Lambang Basri Said, and Nuliaty Rumbia. "Analisis Dampak Kerusakan Jalan dan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Pada Ruas Jalan Siahoni-Jamilu Kabupaten Buru." *Jurnal Teknik Sipil* 3.1(2019).
- Nur, Alfian. "Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) dan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Pada Ruas Jalan Sanga Sanga-Dondang." *KURVA S JURNAL MAHASISWA* 11.2 (2021): 249-261.
- Nazariani, Nazariani, Renni Anggraini, and Muhammad Isya. "Kajian Nilai Waktu Perjalanan Untuk Mobil Penumpang (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Banda Aceh)." *Jurnal Teknik Sipil* 1.2 (2017): 419-430.
- Pratama, Toni Oki, and MAS SURYANTO HS. "Analisa Kerusakan Jalan dan Teknik Perbaikan Berdasarkan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) Beserta Rencana Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Gempol-Pandaan (Studi Kasus: Ruas Jalan Gempol-Pandaan Km 39+ 000-42+ 000)." *Rekayasa Teknik Sipil* 2.1 (2019).
- Putri, Vidya Annisah, I. Wayan Diana, and Sasana Putra. "Identifikasi Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur (Studi Kasus Jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung)." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain* 4.2 (2016): 197-204.
- Rafshanjani, Muhammad Arrie. Analisis Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan Penghematan Waktu Perjalanan (studi kasus pembangunan jembatan Lamreung-Limpok, Aceh Besar). *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 2018, 2.1.
- Saputra, Niko Sudrajat Anggoro Cahyo. Studi hubungan kecepatan dengan Biaya Operasional Kendaraan Ruas Jalan Samarinda-Bontang. *KURVA S JURNAL MAHASISWA*, 2017, 2.2: 486-501.

Sriharyani, Leni, and Iqbal Mardiansyah. "Analisis Biaya Pengguna Jalan Akibat Kerusakan Jalan." *Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil* 9.1 (2019): 18-29.

Setyowati, Sutari. "Penilaian Kondisi Perkerasan Dengan Metode *Pavement Condition Index* (Pci), Peningkatan Jalan Dan Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Solo-Karanganyar Km 4+ 400-11+ 050." (2011).

Widodo, Apriyadi Dwi. Evaluasi Kondisi Perkerasan dan Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur dengan Metode *Pavement Condition Index*, Bina Marga dan Metode Mekanistik-Empirik dengan Program Kenpave (Studi kasus Ruas Jalan Magelang–Yogyakarta Sta 11±000–Sta 12±000). *MS thesis. Universitas Islam Indonesia, 2018.*

Yuwono, Bambang Endro. "Pengaruh tingkat kerusakan jalan terhadap biaya pemeliharaan dan biaya kemacetan." *Eco Rekayasa Jurnal Teknik Sipil* 9.2 (2013): 91-101.

