



## SIMULASI METODE BACK PROPAGATION DALAM ANALISIS KERUSAKAN RUAS JALAN LINTAS UTARA KOTA PEKANBARU

Alfian Saleh<sup>1\*</sup>, Muthia Anggraini<sup>2</sup>, Roki Hardianto<sup>3</sup>

<sup>1\*,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Lancang Kuning, Jl. Yos Sudarso Km 8 Rumbai-Pekanbaru  
Alamat E-mail: [alfian.saleh@unilak.ac.id](mailto:alfian.saleh@unilak.ac.id)

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima: Nov 2022  
Disetujui: Jul 2023  
Dipublikasikan: Des 2023

#### Keywords:

Backpropagation, Road Damage, Simulation

### Abstrak

Jalan Lintas Utara Kota Pekanbaru adalah jalan nasional yang menghubungkan kota Pekanbaru dengan perbatasan utara pekanbaru dan jalan tersebut sering mengalami kerusakan. Sehingga perlu sebuah sistem untuk memprediksi kerusakan yang terjadi. Metode penelitian yaitu pengumpulan data, pemilihan data, proses menggunakan metode *backpropagation*, analisis dan evaluasi. Berdasarkan data yang didapat kerusakan yang paling banyak terjadi pada ruas jalan ini adalah retak dengan persentase 60%, sebanyak 30% kerusakan rutting dan 10% untuk pothole. Tahapan *backpropagation* yaitu dengan inisiasi bobot, aktivasi, menghitung bobot input, bias output dan perubahan bobot dan bias. Hasilnya prediksi kerusakan yang dilakukan ada peningkatan jumlah kerusakan retak sekitar 3% dengan nilai kesalahan MSE 0,18535 dengan matlab.

**Kata kunci:** Backpropagation, Kerusakan Jalan, Simulasi

### Abstract

*The Pekanbaru City North Cross Road is a national road connects the city of Pekanbaru with the northern border of Pekanbaru which is a causeway often damaged. So, we need a system to predict the damage that occurs. This research method consists of data collection, data selection, the process using the backpropagation method, analysis, and evaluation. Based on the data obtained the most damage that occurs on this road segment is 60% cracking, 30% rutting damage, and 10% for potholes. Backpropagation are weight initiation, activation, calculating input weights, output bias, and changes in weight. In these stages, the output to be achieved is obtained with the smallest error approach. The result is that the prediction of damage made there is an increase in the number of crack damage by about 3% with an MSE error value of 0.18535 with Matlab software.*

---

## PENDAHULUAN

Dengan bertambahnya jumlah penduduk maka akan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah kendaraan yang ada di Provinsi Riau, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) provinsi Riau tahun 2016, bahwa jumlah kendaraan yang ada adalah mobil penumpang (676,861), mobil bus (70,316), mobil barang (191,066) dan sepeda motor (1.952,428) [1]. Bertambahnya jumlah kendaraan ini mengakibatkan terjadinya kerusakan pada jalan yang akan menimbulkan banyak kerugian. Kerugian ini dirasakan oleh pengguna secara langsung, karena sudah pasti akan menghambat laju dan kenyamanan pengguna jalan serta banyak menimbulkan kecelakaan [2] [3]. Identifikasi kerusakan jalan dan penanganannya secara dini menjadi hal yang penting dilakukan agar penggunaan jalan tetap dapat optimal, saat ini kerusakan jalan diidentifikasi melalui laporan atau pengecekan berkala yang memerlukan waktu yang Panjang hingga sampai ke proses perbaikan [4] [5]. Perkembangan teknologi informasi dapat menjadi salah satu solusi dalam permasalahan identifikasi dini kerusakan jalan [6]. Terkait dengan hal tersebut, metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan terkait dengan prediksi [7] [8] [9]. Metode *backpropagation* banyak digunakan diberbagai jenis penelitian salah satunya penelitian dalam bidang konstruksi yaitu dalam memprediksi nilai rating *factor* jembatan, berat jembatan dan lainnya [7] [10]. Telah ada penelitian sebelumnya dengan judul Rancang Bangun Aplikasi Pengidentifikasi Jenis Retak Jalan Menggunakan Metode *Adaptive Thresholding Sauvola dan Backpropagation* [11] dari penelitian ini didapatkan suatu kelemahan, yaitu data input yang terlalu besar, sehingga mempengaruhi kinerja dari aplikasi dan jenis kerusakan yang menjadi kajian hanya jenis rusak retak saja padahal jenis kerusakan ada berbagai macam seperti *alligator cracking*, *transverse cracking*, *rutting*, *depression*, *ravelling*, *potholes* dan lainnya. Oleh karena latar belakang inilah peneliti mencoba menggunakan simulasi *backpropagation* untuk memprediksi dimensi kerusakan jalan yang didapatkan dari survey lapangan dan dibuat dalam suatu simulasi *backpropagation* untuk memprediksi kerusakan jalan pada ruas jalan lintas utara kota Pekanbaru.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Kerusakan Jalan**

Kerusakan jalan disebabkan oleh kendaraan yang bermuatan lebih (*overloading*) atau melebihi batas maksimum yang akan meningkatkan beban pada permukaan jalan sehingga mempercepat kerusakan pada struktur jalan [12]. Pemeliharaan jalan secara rutin harus dilakukan demi mempertahankan tingkat pelayanan jalan [13].

### **Menentukan Jenis Kerusakan**

Kerusakan jalan adalah kondisi kekuatan struktural dan fungsional jalan dimana tidak mampu lagi memberikan pelayanan optimal terhadap lalu lintas yang melintas jalan tersebut yang mengakibatkan umur rencana jalan semakin berkurang [14]. Indikator yang digunakan dalam mengetahui jenis kerusakan jalan terdiri dari: jenis kerusakan, tipe kerusakan dan dimensi kerusakan yang dilakukan dengan melihat kondisi kerusakan jalan dengan melihat per segmen jalannya [8] [2].

### **Jenis-jenis Kerusakan Jalan**

Kerusakan jalan dapat diklasifikasi atas : retak (*cracking*), distorsi, cacat permukaan (*disintegration*), pengausan (*polsh aggregate*), kegemukan (*bleeding atau flushing*), dan amblas [15]. Adapun bagian – bagian dari kerusakan jalan sebagai berikut yaitu jenis-jenis retak terdiri dari retak halus (*Hair cracking*), retak kulit buaya (*alligator crack*), retak pinggir (*edge crack*), retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*), retak sambungan lajur (*lane joint crack*), retak sambungan pelebaran jalan (*widening crack*), retak refleksi (*reflection crack*), retak susut (*shrinkage crack*), dan retak slip (*slippage crack*). Kemudian jenis-jenis distorsi antara lain alur (*ruts*), keriting (*corrugation*), sungkur (*shoving*), amblas (*grade depressions*), dan jembul (*upheaval*) dan jenis-jenis cacat permukaan seperti lubang (*potholes*), pelepasan butiran (*raveling*), pelepasan lapisan permukaan (*stripping*) [4].

### **Penanganan Kerusakan Jalan**

Penanganan kerusakan jalan dapat dilakukan dengan pemeliharaan dan penyelidikan [4]. Pemeliharaan dan penyelidikan jalan merupakan kegiatan pelaksanaan, pengamatan, pemanfaatan jalan dan kondisi jalan setiap hari dan laporan pengamatan serta usulan tindakan terhadap hasil pengamatan disampaikan kepada penyelenggara jalan atau instansi yang ditunjuk [16].

## **Prediksi Kerusakan Jalan**

Perencanaan prasarana jalan dimulai pada tahapan prasurey, perancangan teknis, pelaksanaan pembangunan fisik hingga pemeliharaan harus tidak terpisahkan sesuai kebutuhan untuk menjaga ketahanan struktural dan fungsional jalan maka dengan memprediksi kerusakan jalan yang terjadi sehingga memberikan gambaran prediksi umur pelayanan dimasa yang akan datang [13]. Prediksi kerusakan jalan dengan menggunakan sebuah aplikasi *software* salah satunya untuk prediksi kondisi fungsional perkerasan jalan dengan menggunakan software HDM – 4. Analisis yang digunakan untuk memprediksi kondisi fungsional kerusakan perkerasan dengan menggunakan model kerusakan jalan tiap tahun, yang terdiri dari atas prediksi nilai IRI, prediksi keretakan lapisan perkerasan, prediksi jumlah lubang, dan kedalaman alur [17]. Berdasarkan prediksi kerusakan yang terjadi dengan menggunakan metode MEPDG dan berdasarkan prediksi kondisi kerja dengan Nilai Pavement Index (PCI) dan memprediksi sisa masa layan perkerasan dihitung berdasarkan prediksi besaran kerusakan dimana jenis kerusakan yang di prediksi adalah *rutting*, *alligator cracking* dan *longitudinal cracking* [18].

## **Artificial Neural Network (ANN)**

*Artificial Neural Network* (ANN) atau jaringan saraf tiruan adalah salah satu representasi otak manusia yang mencoba mensimulasikan proses pembelajaran. Penggunaan istilah saraf tiruan berhubungan dengan pendekatan sistem jaringan syaraf yang diimplementasikan dalam suatu program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan setelah melalui mekanisme pembelajaran [19]. Penelitian sebelumnya juga diteliti dengan Metode ANN juga diterapkan pada pengembangan model penentuan prosentase bobot pekerjaan dan estimasi nilai pekerjaan struktur pada rumah sakit pratama dimana pada penelitian ini menggunakan tujuh variable desain dalam memperkirakan nilai biaya pekerjaan struktural dari bangunan Rumah Sakit dan didapatkan dari hasil simulasi ANN *empiric* terbaik dengan struktur ANN 7-9-1 (7 variable input, 1 hidden layer dengan 9 neuron dan 1 output) dengan hasil akurasi estimasi biaya rata-rata 96,51% tercapai [19].

### ***Backpropagation***

*Backpropagation* adalah algoritma dari jaringan syaraf tiruan (*neural network*). Metode *backpropagation* merupakan suatu metode pembelajaran yang dikembangkan dari aturan *perceptron*. Permodelan yaitu bagian tahapan dari perencanaan arsitektur ANN. Tahapan ini merupakan proses untuk menentukan variabel input, target output dan bentuk jaringan (jumlah neuron input layer, jumlah neuron hidden layer dan jumlah neuron output layer). Jaringan ANN terdiri dari atas unit pada input layer yaitu ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) 1 (satu) hidden layer dengan unit neuron ( $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ ) serta 1 (satu) unit neuron pada output layer yaitu ( $Y$ ) bobot yang menghubungkan neuron ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ) input layer dengan hidden layer ( $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ ) adalah  $V_{ij}$ . Bobot yang menghubungkan neuron hidden layer ( $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ ) dengan output layer ( $Y$ ) adalah  $W_{jk}$ . Dimana  $X_i$  = input;  $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ ;  $n$  = Jumlah unit input;  $Y$  = Target;  $Z$  = Hidden Layer;  $V_{ij}$  = Bobot input dan  $W_{jk}$  = Bobot Lapisan [20].

### **METODE**

Penelitian ini akan dilakukan menggunakan metode kuantitatif serta matematis dengan menggunakan *backpropagation* pemodelan *Artificial Neural Network* [19]. Dengan menghitung dan menentukan jenis serta dimensi kerusakan jalan pada lokasi, yang bertujuan untuk memprediksi permasalahan kerusakan jalan dari lokasi. Metode tersebut meliputi beberapa tahapan diantaranya yaitu studi literature, pengumpulan data primer dan sekunder dan analisis data dan penulisan hasil penelitian [21]. Pada penelitian ini metode pengumpulan data diperoleh melalui pengumpulan data primer berasal survey secara visual pada jalan lintas utara kota Pekanbaru dengan melihat menghitung lalu lintas harian dan mengidentifikasi dan mengukur dimensi kerusakan yang terjadi pada jalan tersebut. Adapun data yang menjadi input yaitu data jenis kerusakan jalan dan data dimensi kerusakan jalan. Kemudian data yang didapatkan dianalisis dengan metode *backpropagation* untuk dapat memprediksi kerusakan jalan.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisa Data

Untuk penentuan sampel data berdasarkan beberapa kriteria yang telah ditentukan melalui sampel data. Data yang digunakan dalam prediksi tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Survey Kerusakan Jalan

Sta	Jenis Kerusakan	Panjang (cm)	Lebar (cm)
0+000 s.d 0+050	Polished Agregate	5000	300
0+000 s.d 0+050	Pavement Edge Cracking	1203	82
0+050 s.d 0+100	Rutting	5000	82
0+100 s.d 0+150	Longitudinal Cracking	1019	62
0+150 s.d 0+200	Longitudinal Cracking	269	93
0+150 s.d 0+200	Pavement Edge Cracking	16	4
0+150 s.d 0+200	Rutting	1423	119
0+150 s.d 0+200	Pavement Edge Cracking	60	4
0+200 s.d 0+250	Rutting	118	39
0+200 s.d 0+250	Longitudinal Cracking	366	59
0+250 s.d 0+300	Rutting	5000	300
0+250 s.d 0+300	Pavement Edge Cracking	1653	70
0+300 s.d 0+350	Pavement Edge Cracking	5000	70
0+300 s.d 0+350	Rutting	5000	150
0+350 s.d 0+400	Rutting	5000	133
0+400 s.d 0+450	Rutting	5000	109
0+450 s.d 0+500	Pavement Edge Cracking	326	10
0+450 s.d 0+500	Rutting	5000	119
0+450 s.d 0+500	Pavement Edge Cracking	2683	124
0+500 s.d 0+550	Pavement Edge Cracking	5000	160
0+550 s.d 0+600	Rutting	5000	300
0+550 s.d 0+600	Pavement Edge Cracking	5000	125
0+550 s.d 0+600	Pothole	19	4
0+600 s.d 0+650	Rutting	5000	137
0+600 s.d 0+650	Longitudinal Cracking	672	122
0+650 s.d 0+700	Longitudinal Cracking	212	100
0+650 s.d 0+700	Longitudinal Cracking	480	68
0+700 s.d 0+750	Pavement Edge Cracking	1166	60
0+700 s.d 0+750	Longitudinal Cracking	338	99
0+700 s.d 0+750	Rutting	624	180
0+700 s.d 0+750	Potholes	50	10
0+750 s.d 0+800	Potholes	18	8
0+750 s.d 0+800	Rutting	1043	110
0+800 s.d 0+850	Pavement Edge Cracking	415	20
0+800 s.d 0+850	Rutting	5000	180
0+850 s.d 0+900	Rutting	5000	180
0+900 s.d 0+950	Rutting	5000	300
0+900 s.d 0+950	Aligator Cracking	210	60
0+900 s.d 0+950	Potholes	253	60
0+950 s.d 1+000	Rutting	5000	600
1+000 s.d 1+050	Rutting	5000	600

1+000 s.d 1+050	Aligator Cracking	5000	130
1+050 s.d 1+100	Rutting	5000	600
1+050 s.d 1+100	Longitudinal Cracking	310	159
1+050 s.d 1+100	Pavement Edge Cracking	56	20
1+050 s.d 1+100	Pavement Edge Cracking	129	29
1+100 s.d 1+150	Rutting	5000	600
1+100 s.d 1+150	Pavement Edge Cracking	290	29
1+150 s.d 1+200	Pavement Edge Cracking	1896	47
1+200 s.d 1+250	Transverse Edge Cracking	5000	300
1+250 s.d 1+300	Pavement Edge Cracking	356	20
1+250 s.d 1+300	Pavement Edge Cracking	159	60
1+250 s.d 1+300	Pavement Edge Cracking	564	39
1+250 s.d 1+300	Longitudinal Cracking	550	85
1+350 s.d 1+400	Aligator Cracking	227	140
1+350 s.d 1+400	Rutting	5000	600
1+400 s.d 1+450	Polished Aggregate	5000	600
1+450 s.d 1+500	Rutting	5000	300
1+450 s.d 1+500	Pavement Edge Aggregate	180	15
1+500 s.d 1+550	Pavement Edge Aggregate	720	77
1+550 s.d 1+600	Longitudinal Cracking	5000	150
1+550 s.d 1+600	Pavement Edge Cracking	5000	77
1+550 s.d 1+600	Potholes	110	20
1+600 s.d 1+650	Rutting	5000	300
1+600 s.d 1+650	Pavement Edge Cracking	5000	49
1+650 s.d 1+700	Rutting	5000	600
1+650 s.d 1+700	Slippage Cracking	190	170
1+650 s.d 1+700	Pavement Edge Cracking	5000	40
1+700 s.d 1+750	Longitudinal Cracking	4790	230
1+700 s.d 1+750	Pavement Edge Cracking	5000	45
1+750 s.d 1+800	Rutting	5000	170
1+750 s.d 1+800	Pavement Edge Cracking	650	180
1+800 s.d 1+850	Potholes	50	15
1+900 s.d 1+950	Aligator Cracking	110	20
1+950 s.d 2+000	Aligator Cracking	114	98
1+950 s.d 2+000	Longitudinal Cracking	328	111
1+950 s.d 2+000	Polished Aggregate	5000	300
2+000 s.d 2+050	Longitudinal Cracking	436	112
2+000 s.d 2+050	Aligator Cracking	393	76
2+000 s.d 2+050	Potholes	183	26
2+000 s.d 2+050	Rutting	4270	149
2+000 s.d 2+050	Polished Aggregate	370	20
2+050 s.d 2+100	Rutting	5000	600
2+100 s.d 2+150	Rutting	5000	600
2+150 s.d 2+200	Rutting	5000	600
2+200 s.d 2+250	Rutting	5000	600
2+250 s.d 2+300	Potholes	263	45
2+250 s.d 2+300	Rutting	5000	300
2+300 s.d 2+350	Rutting	5000	300

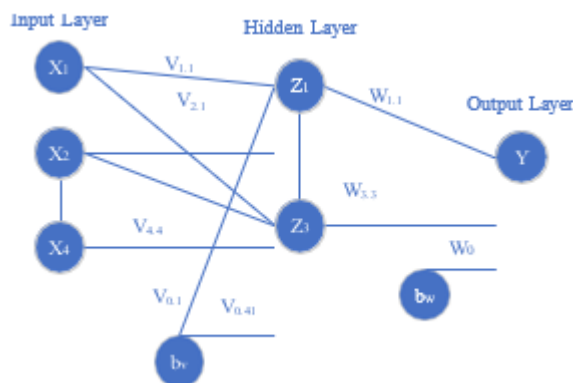
2+350 s.d 2+400	Rutting	5000	300
2+400 s.d 2+450	Rutting	1180	55
2+450 s.d 2+500	Rutting	5000	300

Dari data survey kerusakan ini dapat dilakukan pembobotan dengan tipe retak, rutting dan pothole dimana dari data tersebut pembobotan untuk retak sebesar 60%, rutting sebesar 30% dan pothole sebesar 10%. Kemudian tahapan selanjutnya adalah proses normalisasi dengan cara menentukan data yang akan dinormalkan, kemudian menentukan nilai tertinggi dan terendah berdasarkan data yang ada. Setelah normalisasi, maka selanjutnya adalah menentukan pola yang akan digunakan pada metode *backpropagation*, sesuai dengan arsitektur yang telah dirancang. Sehingga dari data inputan hasil kerusakan didapatkan normalisasi data sebagai berikut:

Tabel 2. Normalisasi Data Kerusakan Jalan

NO TITIK	Aligator Cracking	Potholes	Rutting	Polished Aggregate	Longitudinal Cracking	Pavement Edge Crack.	Edge Cracking	Y
STA 0 + 200	14451	155	1743	3075	2973	0	0	22397
STA 0 + 400	10944	334	0	0	2395	0	0	13673
STA 0 + 600	5148	295	0	0	3840	0	0	9283
STA 0 + 800	5148	382	0	0	0	0	0	5530
STA 1 + 000	15444	340	0	450	1890	0	0	18124
STA 1 + 200	10906	258	0	0	386	147	0	11697
STA 1 + 400	15602	543	0	0	0	0	0	16145
STA 1 + 600	15609	5530	0	0	0	0	0	21139
STA 1 + 800	5154	953	0	0	0	0	0	6107
STA 2 + 000	21172	459	915	0	0	0	495	23041
STA 2 + 200	15879	176	0	0	0	0	0	16055
STA 2 + 400	6173	120	878	0	0	0	1094	8265
STA 2 + 500	6586	0	0	0	0	0	5208	11794
MINIMUM	5148	0	0	0	0	0	0	5148
MAKSIMUM	21172	5530	1743	3075	3840	147	5208	40715

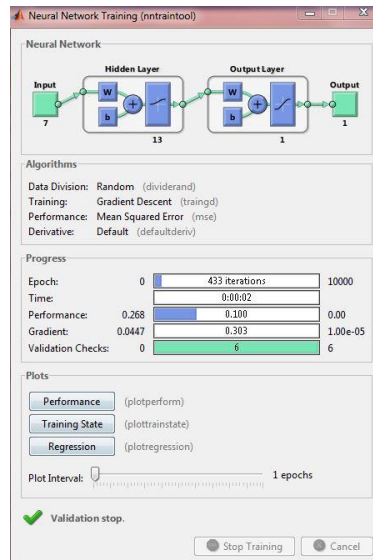
Kemudian dirancang jaringan syaraf tiruan berdasarkan model JST menggunakan metode Backpropagation yang dibangun dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang Dibangun

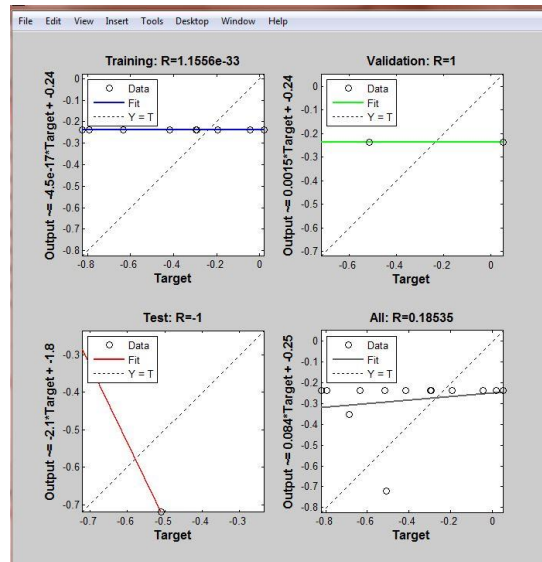


Sebelum dilakukan pengujian terhadap data kendaraan yang ada, maka akan dilakukan simulasi JST, guna mendapatkan model yang terbaik. Berikut dapat dilihat hasil pelatihan.



Gambar 2. Hasil Pelatihan Dengan Arsitektur 4-3-1

Dari Gambar 2 model arsitektur 4-3-1 di atas melakukan iterasi sebanyak 24 dengan lama waktu 0 detik.



Gambar 3. Hasil Luaran Pengujian

Berdasarkan hasil tersebut maka didapatkan nilai MSE 0,18535 dan kenaikan kerusakan sebesar 3%. Dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa proses pengujian yang telah didapatkan dapat memprediksi kerusakan jalan dengan baik sehingga jaringan syaraf tiruan yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi kerusakan jalan.

## SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Algoritma *backpropagation* dapat digunakan dalam proses prediksi dengan baik dengan melihat parameter seperti *learning rate* serta jumlah neuron pada *hidden layer*.
2. Didapatkan pembobotan tipe kerusakan yaitu retak sebesar 60%, rutting 30% dan potholes sebesar 10%.
3. Didapatkan nilai eror MSE sebesar 0,18535 hasil prediksi yang dilakukan kerusakan jalan terjadi kenaikan sebanyak 3% dari data yang didapat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi melalui skema hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga yang memberikan izin dalam pengambilan data sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Guntoro, L. Costaner, and L. Lisnawita, "Prediksi Jumlah Kendaraan di Provinsi Riau Menggunakan Metode Backpropagation," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 14, no. 1, p. 50, 2019, doi: 10.30872/jim.v14i1.1745.
- [2] E. Yuliandra, A. Abrar, and N. Abdillah, "Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga dan Metode Pavement Condition Index ( PCI ) ( Studi Kasus : Jalan Sudirman dan Jalan Soekarno- Hatta Kota Dumai )," *Slump Test J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 29–35, 2022.
- [3] R. Agusmaniza and F. D. Fadilla, "Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Ujung Beurasok STA 0+<sup>000</sup> S/D STA 0+<sup>700</sup>)," *VOCATECH Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.38038/vocatech.v1i10.7.
- [4] J. Studi *et al.*, "Identifikasi jenis dan penanganan kerusakan jalan (studi kasus jl. g. obosxii, jl. samudin aman, jl. jati kota palangka raya)," vol. 5, pp. 28–36, 2021.
- [5] A. Munandar, S. Widodo, and E. Sulandari, "Analisa kondisi kerusakan jalan pada lapisan permukaan," *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2014, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/190782/analisa-kondisi-kerusakan-jalan-pada-lapisan-permukaan-studi-kasus-jalan-adi-suc>.
- [6] A. Kusnadi and R. Ranny, "Identifikasi Dini Kerusakan Jalan Flexible Pavement Dengan Menggunakan Algoritma PCA," *J. Ultim.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–6, 2017, doi:

10.31937/ti.v8i2.521.

- [7] M. Program, S. Teknik, U. Maritim, R. Ali, and K. Kunci, "JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION ( Study Kasus : PDAM TIRTA KEPRI ) Ilham Aryudha Perdana," pp. 1–12, 2016.
- [8] P. B. Prakoso, U. S. Lestari, and Y. Sari, "DETEKSI KERETAKAN PERMUKAAN PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA ( STUDI KASUS : TANAH LUNAK DI BANJARMASIN ) Detection of Cracks on Highway Flexible Pavement Surfaces ( Case Study : Soft Soils in Banjarmasin )," *DETEKSI KERETAKAN PERMUKAAN PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA ( Stud. KASUS TANAH LUNAK DI BANJARMASIN ) Detect. Cracks Highw. Flex. Pavement Surfaces ( Case Study Soft Soils Banjarmasin )*, vol. 4, no. April, pp. 247–251, 2019, [Online]. Available: <http://snllb.ulm.ac.id/prosiding/index.php/snllb-lit/article/view/194/195>.
- [9] R. N. Putri and D. Setiawan, "Prototipe Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Mendeteksi Banjir Menggunakan Metode Backpropagation," *JOISIE (Journal Inf. Syst. Informatics Eng.)*, vol. 1, no. 2, p. 144, 2019, doi: 10.35145/joisie.v1i2.217.
- [10] F. Firdausa, R. Marpaung, and S. R. Artini, "Simulasi Metode Back Propagation Dalam Analisis Hasil Pengaruh Biji Karet Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton," *FROPIL (Forum Prof. Tek. Sipil)*, vol. 8, no. 2, pp. 56–64, 2021, doi: 10.33019/fropil.v8i2.1899.
- [11] Y. Rianto, D. Riana, and S. Nusa Mandiri, "Identifikasi Tingkat Kerusakan Jalan Raya Menggunakan Thresholding Dan K-Means Identification of Road Damage Using Thresholding and K-Means," *Csrid*, vol. 13, no. 1, pp. 34–44, 2021, [Online]. Available: <https://www.doi.org/10.22303/csrid.13.1.2021.34-44>.
- [12] Muhaimin, Winayati, and F. Soehardi, "Analisis Kerusakan Jalan Berdasarkan Metode Surface Distress Index (Sdi) (Studi Kasus : Jalan Meranti Kota Pekanbaru Provinsi Riau)," *J. Inersia*, vol. 14, pp. 35–40, 2022.
- [13] H. A. Fibrian and P. Mahardi, "Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Berdasarkan International Roughness Index (Iri) dan Lalu Lintas Harian Rata - rata (Lhr). (Studi Kasus: Ruas Batas Kota Sumenep-Kalianget STA 0+000 – STA 4+580) Habibah Ajeng Fibrian," *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [14] Sugiyanto and A. N. Ahmad, "Analisis Kondisi Fungsional Ruas Jalan Jenu-Merakurak Dengan Menggunakan Metode Psi Dan Rci Serta Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan ( Remaining Life )," *J. Tek. Sipil Univ. Warmadewa*, vol. 11, no. 2019, pp. 127–139, 2022, doi: 10.22225/pd.11.1.4834.127-139.
- [15] F. Yudaningrum and I. Ikhwanudin, "IDENTIFIKASI JENIS KERUSAKAN JALAN (Studi Kasus Ruas Jalan Kedungmundu-Metesch)," *Teknika*, vol. 12, no. 2, pp. 16–23, 2017, doi: 10.26623/teknika.v12i2.638.
- [16] L. Yesana, P. P. Sabetu, J. Grafika, and J. Grafika, "KEMAMPUAN PERKERASAN HASIL RANCANGAN OVERLAY DI JALAN SILIWANGI YOGYAKARTA untuk dapat

melayani lalu lintas pada umur layanan tertentu (Manguande et al., 2020 ; analisis komparasi perancangan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode Ma- Pekerj,” vol. 21, no. 3, pp. 207–218, 2021.

- [17] A. Martinelli *et al.*, “Road Surface Anomaly Assessment Using Low-Cost Accelerometers: A Machine Learning Approach,” *Sensors*, vol. 22, no. 10, pp. 1–17, 2022, doi: 10.3390/s22103788.
- [18] G. Elnashar, R. B. Bhat, and R. Sedaghati, “Modeling pavement damage and predicting fatigue cracking of flexible pavements based on a combination of deterministic method with stochastic approach using Miner’s hypothesis,” *SN Appl. Sci.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1007/s42452-019-0238-5.
- [19] A. Y. Prathama, “Pendekatan Ann (Artificial Neural Network) Untuk Penentuan Prosentase Bobot Pekerjaan Dan Estimasi Nilai Pekerjaan Struktur Pada Rumah Sakit Pratama,” *J. Teknosains*, vol. 7, no. 1, p. 14, 2018, doi: 10.22146/teknosains.30139.
- [20] A. M. Indrawan and A. Pandu Kusuma, “Analisis Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation Dalam Mendeteksi Keahlian Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Balitar,” *J. Mnemon.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–13, 2021, doi: 10.36040/mnemonic.v5i1.4272.
- [21] R. Hartono, Y. Wibisono, and R. A. Sukanto, “Damropa (Damage Roads Patrol): Aplikasi Pendeteksi Jalan Rusak Memanfaatkan Accelerometer pada Smartphone,” *Progr. Stud. Ilmu Komput.*, pp. 1–6, 2017, [Online]. Available: <http://repository.upi.edu/id/eprint/17471>.