

APLIKASI EVALUASI KERUSAKAN JEMBATAN BETON BERBASIS SISTEM PAKAR DENGAN TEKNOLOGI ANDROID

Sofa Marwoto¹

¹*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta*
Email: sofa_marwoto@yahoo.com

ABSTRACT

Bridges are a part of transportation infrastructure that has a vital role in connecting separated places separated by natural geographical conditions. Periodical evaluation/investigation the existing condition of the bridge is very necessary to be done because the load passing over the bridge today tends to increase due to community activities. Expert system is one of the artificial intelligence technologies that aims to help the user in solving problems that require expert expertise in the field in accordance with the problem at hand. By entering data into the system, the user will get a solution related to the problem at hand. The study discusses the use of Android-based smartphone technology to implement expert systems in applications aimed at evaluating the extent of damage to concrete bridges. This research was conducted by making an expert system model which is implemented into an application using android technology (Android Studio). The resulting Android application is used to capture visual damage data of the concrete bridge. This application offers convenience and flexibility in its application because its mobility.

Keywords: Bridge evaluation, android, expert system.

ABSTRAK

Jembatan merupakan bagian infrastruktur transportasi yang mempunyai peran vital dalam menghubungkan satu tempat dengan tempat lain yang terpisah oleh kondisi geografis alam. Evaluasi kondisi eksisting jembatan secara berkala sangat diperlukan karena beban yang melewati jembatan dari tahun ke tahun semakin meningkat akibat peningkatan aktifitas masyarakat. Sistem pakar merupakan salah satu teknologi kecerdasan buatan yang bertujuan untuk membantu pemakainya dalam menyelesaikan masalah yang membutuhkan keahlian pakar pada bidang yang sesuai dengan masalah yang dihadapi. Dengan memasukkan data ke dalam sistem, maka pengguna akan memperoleh solusi terkait dengan masalah yang dihadapi. Penelitian membahas penggunaan teknologi telepon pintar berbasis Android untuk mengimplementasikan sistem pakar pada aplikasi yang ditujukan untuk mengevaluasi tingkat kerusakan jembatan beton. Penelitian ini dilakukan dengan membuat model sistem pakar yang diimplementasikan menjadi sebuah aplikasi menggunakan teknologi android (Android Studio). Aplikasi Android yang dihasilkan digunakan untuk mengambil data kerusakan jembatan beton secara visual. Aplikasi ini yang menawarkan kemudahan dan fleksibilitas dalam penerapannya karena bersifat mobil.

Kata kunci: Evaluasi jembatan, android, sistem pakar.

1. PENDAHULUAN

Deteriorasi jembatan beton merupakan proses penurunan kemampuan layan jembatan beton karena adanya kerusakan pada betonnya sendiri. Namun demikian, seberapa jauh derajat/tingkat deteriorasi amat dipengaruhi oleh tipe jembatan, bagaimana jembatan dirancang dan bagaimana detailing awal ditentukan, bagaimana proses konstruksi dilaksanakan, bagaimana proses pemeliharaan selama ini, dan bagaimana lingkungannya berinteraksi dengan jembatan.

Di banyak kota di Indonesia, naiknya beban lalu lintas pada jembatan ditengarai sebagai penyebab terbesar dari deteriorasi jembatan beton. Sebagai akibatnya, problematika penilaian kondisi jembatan dan persyaratan untuk perbaikan (*repair*), perkuatan (*strengthening*), dan penggantian (*replacement*) menjadi isu-isu yang semakin penting.

Penurunan kualitas jembatan beton yang tidak terhindarkan perlu mendapatkan penanganan yang efektif dalam tindakan dan efisien secara biaya, ini menjadi penting karena kesalahan penanganan semisal penutupan dan

pengurangan beban lalu lintas akan berdampak besar secara sosial ekonomi. Oleh karenanya pengambilan keputusan yang tepat perlu dilakukan.

Banyak peneliti telah melakukan usaha untuk mendapat cara terbaik dalam melakukan pemeriksaan kerusakan pada jembatan beton antara lain Viglino (1997), TA Bee dkk (2001), Kim (2001) dan Cabrera JG dan Kim KS (1999) serta Setiono dkk (2018) dengan memanfaatkan teknologi *Artificial Intelligence* (kecerdasan buatan). Viglino menggunakan teknologi logika fuzzy dalam membuat rating tingkat kerusakan jembatan beton sedangkan T A Bee dkk membahas kerusakan pada pelat beton dengan teknologi yang sama. Kim dan Cabrera JG dan Kim KS menggunakan teknologi sistem pakar dalam mengkuantifikasi tingkat kerusakan elemen beton. Setiono dkk membahas penggunaan logika fuzzy untuk memprediksi tingkat kerusakan jembatan beton di Kota Surakarta. Tujuan utama dari usaha-usaha tersebut adalah untuk membantu para inspektor di dalam melakukan pemeriksaan jembatan agar menghasilkan kesimpulan pemeriksaan yang lebih akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun aplikasi berbasis Android yang menggunakan teknologi sistem pakar untuk membantu inspektor jembatan dalam mengevaluasi deteriorasi jembatan beton. Dengan adanya aplikasinya diharapkan dapat membantu seseorang yang mempunyai kemampuan terbatas dapat mengevaluasi kerusakan jembatan.

Hasil penelitian ini berupa aplikasi/sistem untuk mengevaluasi kerusakan jembatan beton yang membantu inspektor jembatan, pengelola jembatan, dan pihak yang berwenang mengambil keputusan program pemeliharaan dengan skema investigasi, analisis, model, dan pengambilan keputusan yang andal dan optimum. Fasilitas perangkat lunak investigasi pada Smartphone akan membantu investigator/ inspektor memasukkan dan mengelola data dengan cepat serta membantu analisis yang tepat untuk mendapatkan keputusan yang akurat.

2. LANDASAN TEORI

Beberapa hal pokok yang berkaitan dengan kegiatan penelitian ini adalah tentang teknologi sistem pakar dan Android sebagai suatu platform yang banyak digunakan dalam teknologi telepon pintar.

Sistem Pakar

Suparman (1991) dalam bukunya menyatakan bahwa sistem pakar adalah program artificial interlligence yang menggabungkan pangkalan pengetahuan (knowledge base) dengan sistem inferensi. Bagian inferensi ini merupakan bagian piranti lunak spesialisasi tingkat tinggi yang berusaha menduplikasikan keahlian seorang pakar, dalam hal ini yang dimaksudkan pakar adalah pakar rekayasa khususnya struktur jembatan.

Android

Android merupakan platform software untuk telepon pintar yang dikembangkan oleh Google dan sangat massif dalam pemakaiannya. Android bersifat opensource sehingga memungkinkan banyak pihak untuk mengembangkan aplikasi berbasis platform ini. Dalam mengembangkan aplikasi Google menyediakan IDE yaitu Android Studio yang menggunakan Bahasa Java sebagai media pengembangannya. Keuntungan penggunaan telepon pintar sebagai perangkat keras menawarkan berbagai kemudahan antara lain mudah dibawa, ada fitur kamera serta teknologi GPS dan lain sebagainya. Selain itu telepon pintar mempunyai konektivitas dengan beberapa perangkat lain/aplikasi lain.

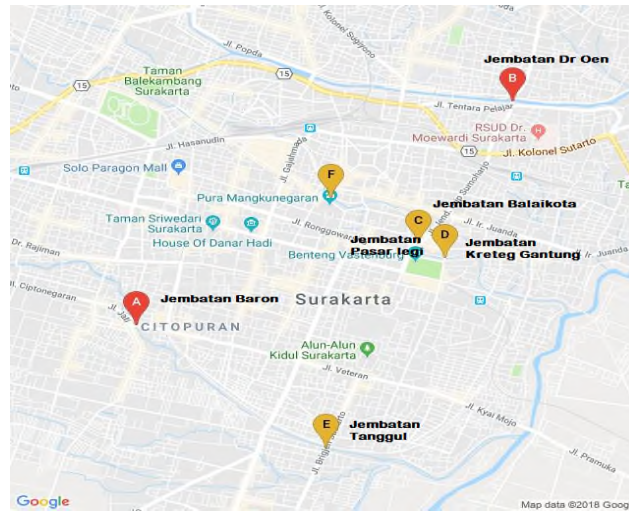
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun dalam beberapa tahapan. Tahap awal: studi kepustakaan dan pengembangan teori. Tahap 1: Identifikasi mekanisme deteriorasi jembatan beton di Indonesia dan bagaimana proses deteriorasi jembatan beton ini ditandai. Tahap 2: Model prediksi deteriorasi jembatan beton dikembangkan dengan mengacu pada model-model terkini yang tersedia dan identifikasi akurasi. Tahap 3: Pengembangan model investigasi dan penilaian kondisi deteriorasi jembatan beton menggunakan teknologi sistem pakar sebagai metode yang diharapkan lebih sederhana tetapi akurat dalam lingkungan pemrograman Android, yang akan diuji kelayakannya dalam mendukung keputusan. Tahap 4: Pengembangan perangkat lunak dengan mengadopsi *software development lifecycle methodology* dalam lingkungan pengembangan Android.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Penelitian

Survei dilakukan di beberapa jembatan beton di Wilayah Surakarta yang mengalami kerusakan baik yang ringan maupun yang berat antara lain: Jembatan Dr. oen barat, Jembatan Balai kota, Jembatan Kretek Gantung, Jembatan Pasar Legi, Jembatan Tanggul dan Jembatan Baron.



Gambar 1. Lokasi Survei Jembatan

Rancangan Sistem

Dalam penelitian tentang kerusakan jembatan ini ada spesifikasi khusus yaitu evaluasi tidak berdasarkan binary (kondisi terpenuhi atau tidak) tetapi tiap kerusakan diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) bagian yaitu **kondisi bagus**, **rusak ringan** dan **rusak berat** karena ada kerusakan yang dapat diperbaiki tetapi ada kerusakan dimana elemen harus diganti. Berikut diberikan tabel yang menggambarkan tingkat kerusakan dan tindakan yang harus diambil.

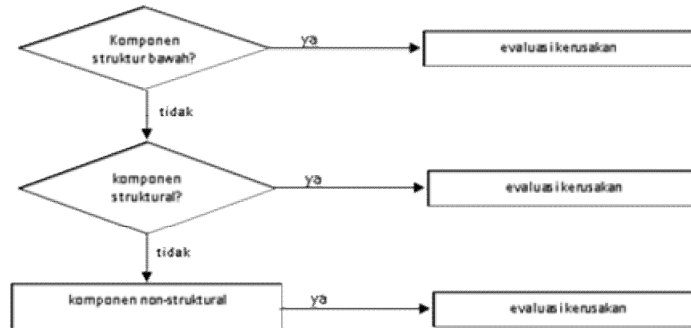
Tabel 1. Skema Kerusakan dan Tindakan Yang Akan Diambil

Evidance	Kerusakan	Hipotesa		
		Tak ada tindakan	Perbaikan elemen jembatan	Jembatan dibangun kembali
Peer/kolom	tidak rusak	ya	tidak	tidak
	ringan	tidak	ya	tidak
	berat	tidak	tidak	ya
Gelagar	tidak rusak	ya	tidak	tidak
	ringan	tidak	ya	tidak
	berat	tidak	tidak	ya
Plat/deck	tidak rusak	ya	tidak	tidak
	ringan	tidak	ya	tidak
	berat	tidak	tidak	ya
Penopang landasan	tidak rusak	ya	tidak	tidak
	ringan	tidak	ya	tidak
	berat	tidak	tidak	ya
Landasan (sendi rol)	tidak rusak	ya	tidak	tidak
	ringan	tidak	ya	tidak
	berat	tidak	tidak	ya
Talud / abutmen	tidak rusak	ya	tidak	tidak
	ringan	tidak	ya	tidak
	berat	tidak	tidak	ya
Elemen non struktural	tidak rusak	ya	tidak	tidak
	ringan	tidak	ya	tidak
	berat	tidak	tidak	ya

Dari tabel keputusan ini selanjutnya perlu digambarkan hubungan dan urutan-urutan evaluasi masing-masin elemen jembatan yang nantinya akan menuju goalnya yaitu kondisi jembatan, apakah aman atau tidak.

Penyusunan Rule

Penyusunan rule dikelompokkan menjadi 3 bagian, masing-masing adalah komponen struktur bawah, komponen struktural (struktur atas) dan komponen non-struktural. Rule-nya diperlihatkan seperti Gambar 4.2.

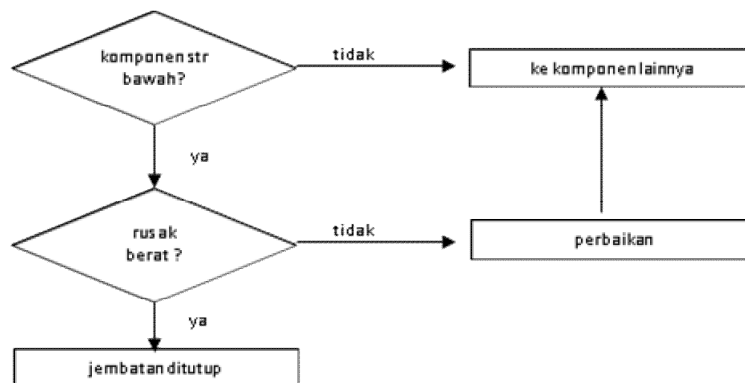


Gambar 2. Rule Untuk Kelompok Komponen

Sintak yang digunakan adalah:

```
IF "komponen struktur bawah" THEN "evaluasi kerusakan"  
ELSE IF "komponen struktural" THEN "evaluasi kerusakan"  
ELSE "evaluasi kerusakan komponen non-struktural"
```

Untuk masing-masing kelompok dibuatkan rule yaitu komponen vital seperti pondasi dan pilar jembatan, rule yang digunakan seperti Gambar 3.

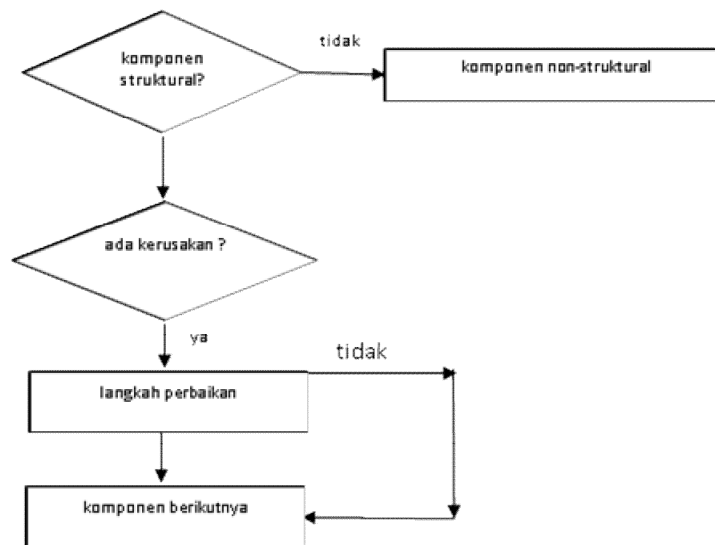


Gambar 3. Rule untuk Komponen Vital

Sintak yang digunakan adalah:

```
IF "komponen struktur bawah" THEN  
IF "rusak berat" THEN "jembatan ditutup" ELSE "langkah perbaikan"  
ELSE "ke komponen berikutnya"
```

Komponen struktural seperti gelagar, diafragma, plat lantai, landasan dan abutmen *rulunya*.

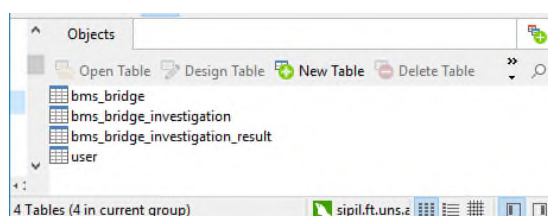


Gambar 4. Rule Untuk Komponen Struktural

Komponen non-struktural seperti pagar pengaman rule yang digunakan lebih sederhana, hanya dicek jika terjadi kerusakan sebaiknya selekasnya diperbaiki atau diganti. Untuk melakukan sapuan seluruh komponen melalui perintah “ke komponen berikutnya” dilakukan dengan perintah WHILE NOT EOF DO “next komponen”. Ini dimungkinkan karena seluruh data komponen sudah tersimpan dalam basisdata. Jika disimpan dalam bentuk array perintah looping dilakukan dengan sintak FOR-NEXT.

Aplikasi

Interface program yang dipakai adalah Android yang dikeluarkan Google dengan platform mobile device. Hal ini disebabkan Android cukup lengkap menyajikan tool-tool khususnya yang berkaitan dengan fasilitas pengolahan data dan freeware. Android adalah software development yang dikembangkan dalam bahasa Java berbasis OOP (Object Oriented Programming) atau dalam aplikasinya sering diterjemahkan menjadi Mobile Programming. Secara garis besar basisdata relasional yang akan disusun terdiri atas 4 tabel, yaitu tabel *user*, *bms_bridge*, *bms_bridge_investigation* dan *bms_bridge_investigation_result*.



Gambar 5. Stuktur basisdata dan tabel

Tabel User dipergunakan untuk mengelola user yang akan menggunakan aplikasi yang dibangun.

Fields	Indexes	Foreign Keys	Triggers	Options	Comment	SQL Preview		
Name				Type	Length	Decimals	Not null	
user				varchar	20	0	<input checked="" type="checkbox"/>	1
password				varchar	100	0	<input checked="" type="checkbox"/>	
tipe				varchar	10	0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Gambar 6 Stuktur tabel user

Tabel *bms_bridge* dipergunakan untuk menyimpan data jembatan yang hendak dievaluasi. Beberapa properti data jembatan seperti panjang (lengkang), lebar, tahun dibangunnya dan lainnya dapat dimasukkan disini. Masing-masing properti bisa dilihat pada Gambar 7 berikut ini.

Fields	Indexes	Foreign Keys	Triggers	Options	Comment	SQL Preview			
Name					Type	Length	Decimals	Not null	
bid					smallint	6	0	<input checked="" type="checkbox"/>	1
name					varchar	255	0	<input checked="" type="checkbox"/>	
length					double	10	2	<input type="checkbox"/>	
width					double	10	2	<input type="checkbox"/>	
built_year					year	4	0	<input type="checkbox"/>	
location					varchar	150	0	<input type="checkbox"/>	
comment					varchar	255	0	<input type="checkbox"/>	

Gambar 7. Struktur Data Jembatan

Tabel *bms_bridge_investigation* dipergunakan untuk menyimpan hasil inspeksi tiap jembatan. Yang pertama adalah kapan jembatan itu diperiksa. Ini nanti digunakan untuk menyusun historikal hasil pemeriksaan. Isian data inspeksi dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.

Fields	Indexes	Foreign Keys	Triggers	Options	Comment	SQL Preview			
Name					Type	Length	Decimals	Not null	
id					smallint	6	0	<input checked="" type="checkbox"/>	1
elementname					smallint	6	0	<input checked="" type="checkbox"/>	
condition_type					varchar	50	0	<input checked="" type="checkbox"/>	
comment					varchar	255	0	<input type="checkbox"/>	
bid					smallint	6	0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Gambar 8. Struktur data pemeriksaan jembatan.

Selanjutnya hasil evaluasi menggunakan sistim pakar disimpan pada tabel *bms_bridge_investigation_result* yang berisi rekomendasi tindakan yang seharusnya dilakukan terhadap jembatan yang diinvestigasi (Gambar 9).

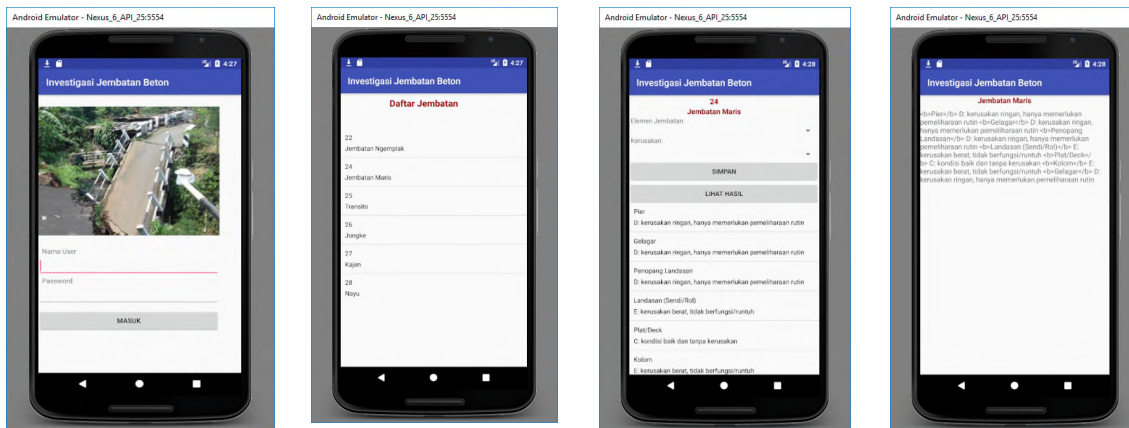
Fields	Indexes	Foreign Keys	Triggers	Options	Comment	SQL Preview			
Name					Type	Length	Decimals	Not null	
bid					smallint	6	0	<input checked="" type="checkbox"/>	1
result					varchar	250	0	<input checked="" type="checkbox"/>	
comment					varchar	255	0	<input type="checkbox"/>	

Gambar 9. Struktur Data hasil investigasi

Script PHP diperlukan sebagai middleware yang menghubungkan antara aplikasi dengan server. Aplikasi mengirimkan data ke server dalam format JSON (JavaScript Object Notation). Menurut developernya (<https://www.json.org/json-id.html>), JSON merupakan kumpulan pasangan nama/nilai. Pada beberapa bahasa, hal ini dinyatakan sebagai objek (object), rekaman (record), struktur (struct), kamus (dictionary), tabel hash (hash table), daftar berkunci (keyed list), atau associative array.

Daftar nilai terurutkan (an ordered list of values). Pada kebanyakan bahasa, hal ini dinyatakan sebagai larik (array), vektor (vector), daftar (list), atau urutan (sequence). JSON diproses oleh script PHP yang terhubung dengan server basisdata MySQL. Berikut ini beberapa script PHP yang dipergunakan oleh aplikasi antara lain *login.php*, *Listbridge.php*, *Inputkerusakan.php*, *Lihatkerusakan.php* dan *Lihathasil.php*.

Berikut ini beberapa user interface aplikasi berbasis android yang dijalankan dengan menggunakan emulator Google Nexus 6:



Gambar 10 User Interface aplikasi investigasi jembatan berbasis android

Hasil Investigasi dan Pembahasan

Aplikasi yang dibangun menggunakan standar PU sebagai acuan sebagaimana bisa dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Tingkat Kerusakan Menurut Standar PU

Tingkat Kerusakan	Keterangan
0	jembatan/elemen dalam kondisi baik dan tanpa kerusakan
1	jembatan/elemen dalam kondisi baik dan tanpa kerusakan
2	jembatan/elemen mengalami kerusakan yang memerlukan pemantauan dan pemeliharaan berkala
3	jembatan/elemen mengalami kerusakan yang secara struktur memerlukan tindakan secepatnya
4	jembatan/elemen dalam kondisi kritis
5	jembatan/elemen tidak berfungsi atau runtuh

Untuk proporsi pengaruh masing-masing komponen terhadap jembatan secara keseluruhan menggunakan Tabel 3. Selanjutnya masing-masing komponen diproses menggunakan algoritma yang sudah disusun untuk menghasilkan rating berdasarkan Tabel 2. Hasil yang diperoleh dikalikan dengan proporsinya sesuai Tabel 3 dan diakumulasikan untuk mendapatkan tingkat kerusakan sesuai dengan Tabel 2.

Tabel 3. Proporsi pengaruh tiap komponen jembatan terhadap jembatan secara keseluruhan.

No	Komponen	Proporsi
1	Bangunan Atas	33.75 %
2	Plat Lantai	16.25%
3	Bangunan Bawah	25.00%
4	Pondasi	25.00%

Sumber: Setiono, dkk (2018)

Tabel 4 menunjukkan rangkuman hasil pengamatan yang dilakukan terhadap 6 jembatan yang ada di Surakarta. Sampel jembatan terdiri atas 5 buah jembatan beton dan satu jembatan komposit. Pemilihan sampel dilakukan secara acak untuk memberikan gambaran secara umum kondisi jembatan di Kota Surakarta.

Tabel 4. Rangkuman hasil inventarisasi dan investigasi pada 6 jembatan di Kota Surakarta

Jembatan	Nama Jalan	Dimensi			Bang. Atas		Bang. Bawah		Pondasi		Lantai	
		Pj (m)	Lb(m)	Bentang	Tipe	Kondisi	Tipe	Kondisi	Tipe	Kondisi	Tipe	Kondisi
Dr. oen barat	Jl Katamso	61.4	6.3	5	P	2	B	2	TP	1	BETON	1
Balai kota	Jl Urip Sumoharjo	27	15	1	B	1	A	1	TP	1	BETON	1
Kretek Gantung	Jl Kapten Mulyadi	16.5	9.5	1	P	1	B	1	TP	1	BETON	1

Jembatan	Nama Jalan	Dimensi			Bang. Atas		Bang. Bawah		Pondasi		Lantai	
		Pj (m)	Lb(m)	Bentang	Tipe	Kondisi	Tipe	Kondisi	Tipe	Kondisi	Tipe	Kondisi
Pasar Legi	Jl Letjen S. Parman	18.5	10	2	M	1	B	1	TP	1	KOMPO SIT	1
Tanggul	Jl Bridgen Sudiarto	16.9	9	1	P	1	B	1	TP	1	BETON	1
Baron	Jl Cokrobaskoro II	21.4	7	2	B	2	B	2	TP	1	BETON	1

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 4 dan proporsi pada Tabel 3 dan tingkat kerusakan pada Tabel 2, maka setelah dilakukan perhitungan dapat disimpulkan seperti terlihat pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Hasil kesimpulan kerusakan tiap jembatan

Nama Jembatan	Nama Ruas Jalan	Nilai Kondisi	Keterangan
Dr. Oen barat	Jl Katamso	2	jembatan/elemen mengalami kerusakan yang memerlukan pemantauan dan pemeliharaan berkala
Balai kota	Jl Urip Sumoharjo	1	jembatan/elemen mengalami kerusakan ringan, hanya memerlukan pemeliharaan rutin
Kretek Gantung	Jl Kapten Mulyadi	1	jembatan/elemen mengalami kerusakan ringan, hanya memerlukan pemeliharaan rutin
Pasar Legi	Jl Letjen S. Parman	1	jembatan/elemen mengalami kerusakan ringan, hanya memerlukan pemeliharaan rutin
Tanggul	Jl Bridgen Sudiarto	1	jembatan/elemen mengalami kerusakan ringan, hanya memerlukan pemeliharaan rutin
Baron	Jl Cokrobaskoro II	2	jembatan/elemen mengalami kerusakan yang memerlukan pemantauan dan pemeliharaan berkala

Dari hasil penelitian ini terlihat kondisi beberapa jembatan di Surakarta secara umum bisa dikatakan cukup baik, walaupun ada beberapa jembatan yang mempunyai tingkat kerusakan yang memerlukan pemantauan dan pemeliharaan berkala.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan konsep penanganan investigasi kerusakan jembatan beton menggunakan teknologi sistem pakar. Implementasi dari metode yang ada diaplikasikan dalam program berbasis android yang bermanfaat dalam membantu proses investigasi kerusakan jembatan beton. Dari 6 jembatan yang diinvestigasi mayoritas jembatan dalam keadaan mengalami kerusakan ringan yang memerlukan pemeliharaan rutin.

DAFTAR PUSTAKA

- Viglino, Marcello. (1997). *Methods of Evaluation of Performance of Concrete Bridges*. MSc Thesis, University of Leeds, UK.
- Tee A B, Bowman M D, and Sinha K C, (2001). *Application of Fuzzy Logic to Condition Assessment of Concrete Slab Repair*, TRR 1184, TRB, Washington DC.
- Kim, K S. (2001). *An Expert System to Evaluate the Performance of Concrete Bridges*. Department of Civil Engineering, University of Leeds, UK.
- Atkinson A, and Hearne J A, (2000). "Mechanistic Model for Durability of Concrete Barriers Exposed to Sulphate-Bearing Grounwaters", *Material Research Society Symposium Proceedings* 176, pp. 149-156.
- Cabrera J G and Kim K S, (1999). *Performance Index: A Simple Method for the Assessment of Concrete Bridges*", 2nd International Concrete on Multipurpose High-rise Towers and Tall Buildings, Singapore.
- Setiono, Wibowo dan Sofa Marwoto, (2018), "The Implementation of Fuzzy Expert Systems on Concrete Bridge Investigation with Octave", *Journal of Physical Science*, Vol. 29(Supp. 2), 147-157, Malaysia.
- Suparman (1991), *Mengenal Artificial Intelligence*, Andi Ofset, Yogyakarta.