



PROOF ROLLING TEST APPLICATION INITIAL DESIGN MEASURING CLASS A AGGREGATE FOUNDATION LAYER DEFECTS USING A CAMERA

PERANCANGAN AWAL APLIKASI UJI PROOF ROLLING MENGUKUR LENDUTAN LAPIS FONDASI AGREGAT KELAS A MENGGUNAKAN KAMERA

Muchtar Salim¹, Heldiansyah², Agus Irawan³, Said Muhammad⁴

¹Program Studi Teknik Bangunan Rawa Politeknik Negeri Banjramasin.

^{2,4}Program Studi Bisnis Digital Politeknik Negeri Banjramasin

³Program Studi Manajemen Informatika Politeknik Negeri Banjramasin

E-mail: salim@poliban.ac.id¹, heldiansyah@poliban.ac.id², agusirawan@poliban.ac.id³,

saidmuhammad@poliban.ac.id⁴

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Correspondent:

Heldiansyah

heldiansyah@poliban.ac.id

Key words:

class A aggregate foundation layer, deflection, proof rolling test

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 1046 - 1057

The flexible pavement structure layer consists of subgrade/fill soil, class B aggregate foundation layer, class A aggregate foundation layer, foundation layer/Asphalt Concrete-Base (AC-Base), intermediate layer/Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) and Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), and class S road shoulders. These work stages are carried out sequentially and tests are carried out to ensure that each stage meets the quantity/thickness of the layer, quality/quality, and technical specifications. This geotechnical research focuses on the class A aggregate foundation layer work stage where a Proof Rolling test is carried out, namely a visual test of the compaction of the soil or class A aggregate foundation layer. This Proof Rolling test is very important to carry out before you can proceed to the next test, namely the field density/Sand Cone test and CBR (California Bearing Ratio). Proof Rolling is used to test the deflection of the class A aggregate soil/foundation layer by passing a load in the form of a dump truck and the test officer follows the dump truck to see manually the condition of the class A aggregate foundation layer deflection in the field. Testing Proof Rolling visually is actually quite simple and the results can be justified technically. Problems arise if the class A aggregate foundation layer being tested has a long distance, it will result in fatigue for the testing officer because they have to walk and can interfere with vision so that the eyes do not focus so that the assessment becomes inconsistent. This research designs a Proof Rolling test application to measure the deflection of the class A aggregate foundation layer. With the Proof Rolling test application, it is hoped that the results of measuring the deflection of the class A aggregate foundation layer can be more precise and consistent.

Copyright © 2023 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Koresponden

Heldiansyah
heldiansyah@poliban.ac.id

Kata kunci:

aplikasi, lapis fondasi agregat klas A, lendutan, uji proofrolling

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 1046 - 1057

Lapisan struktur perkerasan lentur memiliki tahapan pekerjaan yang dilakukan secara berurutan dan dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa setiap tahapan memenuhi kuantitas lapisan, kualitas dan spesifikasi teknis. Penelitian geoteknik fokus pada tahapan pekerjaan lapis fondasi agregat klas A dimana dilakukan pengujian Proof Rolling yaitu uji secara visual terhadap pemadatan tanah atau lapis fondasi agregat klas A. Pengujian Proof Rolling ini sangat penting dilakukan sebelum dapat melanjutkan pengujian berikutnya yaitu pengujian kepadatan lapangan/Sand Cone dan CBR (California Bearing Rasio). Proof Rolling digunakan untuk menguji lendutan tanah/lapis fondasi agregat klas A dengan cara melewatkan beban berupa dump truk dan petugas penguji mengikuti dump truk tersebut untuk melihat langsung secara manual kondisi lendutan lapis fondasi agregat klas A dilapangan. Pengujian Proof Rolling secara visual cukup sederhana dan hasilnya dapat dipertanggung jawabkan secara teknis. Permasalahan yang muncul apabila jalur lapis fondasi agregat klas A yang diuji memiliki jarak yang panjang akan mengakibatkan kelelahan bagi petugas penguji karena harus berjalan kaki dan dapat mengganggu penglihatan sehingga mata tidak fokus penilaian menjadi tidak konsisten. Penelitian ini merancang aplikasi uji Proof Rolling mengukur lendutan lapis fondasi agregat klas A. Dengan aplikasi uji Proof Rolling diharapkan hasil pengukuran lendutan lapis fondasi agregat klas A dapat lebih presisi dan konsisten.

Copyright © 2023 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Penelitian ini menitikberatkan pada bidang geoteknik perkerasan lentur (Flexible Pavement). Tahapan pekerjaan lapisan struktur perkerasan lentur di mulai dari tanah dasar/timbunan, lapis fondasi agregat klas B, lapis fondasi agregat klas A, laston lapis fondasi/ *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*, laston lapis antara/ *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*, Laston Lapis Aus/ *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dan Bahu Jalan Klas S. Setiap tahapan pelaksanaan dilakukan pengujian-pengujian untuk memastikan bahwa tahapan tersebut telah memenuhi kuantitas (ketebalan lapisan), kualitas (mutu) dan spesifikasi teknis. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga pada spesifikasi umum 2018 (Revisi 2), seksi manajemen mutu, bagian titik tunggu (*Holding Point*), poin (j) disebutkan permukaan fondasi klas A yang telah di padatkan termasuk *Proof Rolling*, *Inpact Hammer* atau pengujian lainnya. Spesifikasi Bina Marga pada spesifikasi umum 2018 (Revisi 2), divisi lapis fondasi agregat, penghamparan dan pemadatan lapis fondasi agregat dan lapis drainase, pengujian, poin (d) disebutkan kepadatan dan kadar air bahan lapis fondasi agregat yang dipadatkan harus secara rutin diperiksa, menggunakan SNI 2828:2011 dan keseragaman kepadatan diuji dengan *Light Weight Deflectometer (LWD)* sesuai dengan PD 03-206-B bilamana

diperintahkan oleh pengawas pekerjaan. Pengujian harus dilakukan sampai seluruh kedalaman lapis tersebut pada lokasi yang ditetapkan oleh pengawas pekerjaan, tetapi tidak boleh berselang seling lebih dari 100 meter per lajur untuk pembangunan jalan atau penambahan lajur dan 50-meter untuk pelebaran menuju lebar standar (Bina Marga, 2018).

Pengujian pada tahapan pekerjaan dari lapis fondasi agregat klas A ke laston lapis fondasi/ *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)* adalah pengujian *Proof Rolling*, kepadatan lapangan (*Sand Cone*) dan CBR (*California Bearing Rasio*) lapangan. Penjelasan dari pengujian tersebut adalah sebagai berikut, pertama uji *ProofRolling* adalah merupakan uji secara visual terhadap pemadatan tanah atau lapis fondasi agregat klas A sebelum melanjutkan ke pengujian kepadatan lapangan (*Sand Cone*) dan CBR (*California Bearing Rasio*) lapangan. Uji *ProofRolling* untuk mengetes kelendutan tanah atau lapis fondasi agregat klas A dengan cara hanya dilewati oleh dump truk sebagai beban dan kondisi kelendutan tanah atau lapis fondasi agregat klas A tersebut langsung dilihat secara visual dilapangan. Uji kepadatan lapangan (*Sand Cone*) adalah uji untuk menentukan kepadatan di tempat dari lapisan tanah atau lapis fondasi agregat klas A. Uji CBR (*California Bearing Rasio*) lapangan adalah uji untuk menentukan nilai CBR langsung di tempat.

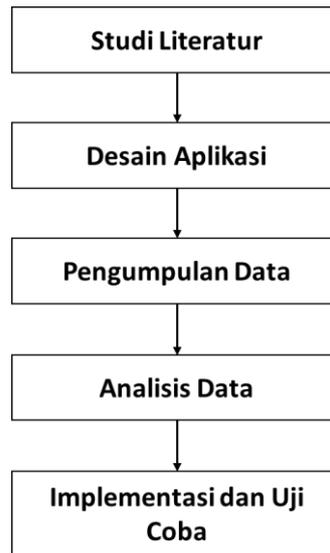
Dalam pembahasan fokus pada tahapan Uji *ProofRolling* pada lapis fondasi agregat klas A. Selama ini pengujian dilakukan dengan metode secara visual yaitu untuk mengetes kelendutan lapis fondasi agregat klas A dengan cara dilewati oleh dump truk sebagai beban dan kondisi kelendutan lapis fondasi agregat klas A tersebut langsung dilihat secara visual dilapangan (Fathurrozi and Gorang, 2015). Metode secara visual sebenarnya cukup sederhana dan hasilnya bisa dipertanggung jawabkan secara teknis, cara pelaksanaannya dilapangan mobil dump truk berjalan/melintas kedepan dan pengamat berjalan kaki sambil melihat lendutan yang terjadi pada roda belakang (Dunston, Bobet and McClure, 2018). Permasalahan yang muncul apabila jarak jalur jalan yang diuji jaraknya panjang akan mengakibatkan faktor kelelahan berjalan kaki dan bisa mengganggu penglihatan (penglihatan mata tidak fokus). Untuk menyerdehanakan dan mengatasi permasalahan pada Uji *ProofRolling*, maka dalam penelitian ini merancang aplikasi uji *ProofRolling* untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat klas A.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian perancangan aplikasi uji proof rolling mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera merupakan penelitian terapan. Metode pendekatan penelitian melakukan telaah satu kasus secara intensif dan mendetail tentang perancangan aplikasi uji *proofrolling* mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera.

Tahapan Penelitian

Pengembangan perancangan aplikasi uji *proofrolling* mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera memanfaatkan teknologi komputer. Metode pengembangan sistem yang digunakan pada penelitian adalah metode penelitian dan pengembangan. Tahapan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Metode penelitian dan pengembangan adalah upaya untuk mengembangkan dan menghasilkan suatu produk perancangan aplikasi uji *proof rolling* mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yaitu studi literatur, desain aplikasi, pengumpulan data, analisis data, implementasi dan uji coba.

Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian perancangan aplikasi uji *proof rolling* yang bertujuan untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera menjadi langkah kritis dalam mengidentifikasi perkembangan terkini dan pengetahuan sebelumnya terkait metode yang relevan sebagai berikut:

Studi literatur mencakup tinjauan tentang metode pengukuran lendutan lapis fondasi agregat kelas A yang telah dilakukan sebelumnya. Informasi mengenai teknik-teknik yang sudah digunakan sebelumnya akan membantu peneliti memahami tantangan dan keterbatasan yang ada dalam pengukuran lendutan. Pengembangan sistem untuk mengukur bidang deformasi pada resolusi spasial dan temporal yang tinggi menggunakan kamera berkecepatan tinggi (Matsumoto *et al.*, 2013). Meskipun tidak spesifik untuk *proof rolling* atau lapisan pondasi agregat kelas A, ini menunjukkan potensi sistem berbasis kamera untuk pengukuran deformasi. Pengembangan teknik *proof rolling* untuk mengukur kedalaman bekas roda pada agregat. Melibatkan pengujian lapangan menggunakan berbagai metode *proof rolling* dan membandingkan hasil pengukuran bekas roda yang diperoleh (Górszczyk, Malicki and Zych, 2019). Memberikan wawasan tentang efektivitas metode *proof rolling* dalam mengukur deformasi pada lapis fondasi agregat.

Studi literatur mencakup ulasan tentang penggunaan kamera sebagai alat untuk mengukur lendutan. Peneliti akan mempelajari bagaimana kamera dapat diaplikasikan secara efektif dalam konteks pengukuran lendutan pada lapis fondasi agregat kelas A (Núñez-Temes *et al.*, 2022). Informasi ini akan membantu dalam menentukan kecocokan teknologi kamera untuk aplikasi uji *proof rolling* yang dirancang.

Studi literatur melibatkan analisis terhadap aplikasi uji *proof rolling* yang telah ada sebelumnya. Dengan memeriksa aplikasi-aplikasi sejenis, peneliti dapat memahami fitur-fitur yang diperlukan dalam aplikasi yang akan dirancang dan melihat bagaimana kelebihan dan kekurangan aplikasi yang ada dapat diintegrasikan atau dihindari dalam perancangan aplikasi baru.

Studi literatur mencakup penelitian terbaru dalam bidang perancangan aplikasi pengukuran lendutan. Dalam upaya untuk menghadirkan solusi yang inovatif dan efisien, peneliti akan meninjau penemuan terbaru yang dapat memberikan wawasan baru atau pendekatan yang belum pernah dipertimbangkan sebelumnya.

Studi literatur melibatkan penelitian atau laporan yang berfokus pada teknologi dan metode terbaru dalam bidang konstruksi jalan. Informasi ini akan membantu peneliti memahami perkembangan terkini dalam industri konstruksi yang dapat menjadi acuan dalam perancangan aplikasi uji *proof rolling* yang akan membawa manfaat nyata bagi kemajuan dan keselamatan dalam pembangunan infrastruktur jalan berbasis agregat kelas A. *Machine Learning* merupakan sekumpulan teknik yang berfungsi untuk menangani dan memprediksi sekumpulan data dengan cara merepresentasikan data-data tersebut dengan algoritma untuk pembelajaran. Dengan adanya *machine learning*, komputer dapat melakukan pembelajaran secara mandiri dari data-data yang telah diberikan. *Machine learning* atau pembelajaran mesin ditandai dengan perangkat lunak yang belajar dari pengalaman sebelumnya (Shukla and Fricklas, 2018). *Machine learning* terdiri atas beberapa komponen berikut ini yaitu pembelajaran, kumpulan data, dan representasi (Vasilev *et al.*, 2019).

Deep learning menemukan struktur rumit dalam kumpulan data besar dengan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk menunjukkan bagaimana mesin harus mengubah parameter internal yang digunakan untuk menghitung representasi di setiap lapisan dari representasi di lapisan sebelumnya (Lecun, Bengio and Hinton, 2015). *Neural networks* telah dikembangkan dari arsitektur sederhana menjadi struktur yang semakin kompleks. Awalnya, pelopor neural networks memiliki arsitektur yang sangat sederhana dengan hanya lapisan input dan output, yang jaringan saraf single-layer. Ketika lapisan tersembunyi (*hidden layer*) ditambahkan ke jaringan saraf single-layer, maka akan menghasilkan jaringan saraf multi-layer. Oleh karena itu, jaringan saraf multi-layer terdiri atas lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan output (Kim, 2017).

Convolutional Neural Network (CNN) adalah sebuah arsitektur dari *deep learning*. CNN mencakup banyak lapisan representasi. Karena struktur yang dalam ini, CNN dapat secara otomatis mendapatkan karakteristik representasi dari data melalui transformasi nonlinier dan perkiraan fungsi nonlinier. Struktur CNN terdiri atas ekstraksi fitur yang terdiri atas *convolutional layer* yang biasanya diikuti oleh *pooling layer* dan pengklasifikasi *softmax* (Yue and Wang, 2017). *Convolutional Neural Network* (CNN) terdiri atas tiga lapis (layer) yaitu lapis masukan (*input layer*), lapis keluaran (*output layer*), dan beberapa lapis tersembunyi (*hidden layers*). Lapis tersembunyi umumnya berisi *convolutional layers*, *pooling layers*, *normalization layers*, *ReLU layer*, *fully connected layers*, dan serta *loss layer* (Alom *et al.*, 2018). Lapisan konvolusional (*convolutional layer*) merupakan lapisan inti CNN, pada lapisan ini sebagian besar proses komputasi dilakukan. Tujuan utama konvolusi dalam kaitannya dengan *ConvNet* adalah untuk mengekstraksi fitur dari gambar yang dimasukkan (Karim, *et al.*, 2022). Lapisan konvolusi terdiri atas struktur dengan sejumlah filter dengan ukuran tetap yang memungkinkan fungsi kompleks diterapkan pada gambar yang telah dimasukkan. Proses ini dilakukan dengan cara menggeser filter di atas gambar. Setiap filter

memiliki bobot dan nilai bias yang sama di seluruh gambar selama proses ini. Proses ini disebut mekanisme pembagian nilai berat dan mekanisme ini memberikan kemampuan untuk mewakili fitur yang sama pada seluruh gambar (M, BM and M, 2019).

Desain Aplikasi

Desain aplikasi pada penelitian perancangan aplikasi uji *proof rolling* yang bertujuan untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera merupakan langkah penting dalam membangun sebuah aplikasi yang efektif dan mudah digunakan. Desain aplikasi mencakup antarmuka pengguna yang intuitif dan *user-friendly*. Pengguna harus dapat dengan mudah berinteraksi dengan aplikasi tanpa kesulitan, sehingga memastikan keberhasilan penggunaan aplikasi dalam melakukan uji *proof rolling*.

Desain aplikasi mempertimbangkan fitur-fitur penting yang dibutuhkan untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A dengan menggunakan kamera. Fitur-fitur ini mencakup kemampuan pengambilan gambar dengan kamera, analisis gambar untuk menghitung lendutan, serta presentasi hasil pengukuran dengan format yang jelas dan mudah dipahami.

Desain aplikasi mengutamakan kemudahan integrasi dengan teknologi kamera. Aplikasi harus dapat berkomunikasi dengan perangkat kamera yang digunakan, sehingga data dari kamera dapat dengan mudah diakses dan diolah dalam aplikasi. Keberhasilan integrasi ini akan memastikan keakuratan dan keandalan hasil pengukuran lendutan.

Desain aplikasi memperhatikan aspek keamanan data dan privasi. Pengukuran lendutan pada lapis fondasi agregat kelas A dapat mengandung informasi sensitif yang perlu dilindungi. Oleh karena itu, desain aplikasi harus mengimplementasikan langkah-langkah keamanan yang tepat untuk melindungi data pengguna dan mencegah akses yang tidak sah.

Desain aplikasi mempertimbangkan fleksibilitas dan skalabilitas. Aplikasi ini harus dapat diadaptasi untuk berbagai perangkat dengan ukuran layar yang berbeda dan sistem operasi yang beragam. Selain itu, desain aplikasi harus dapat di-*upgrade* dan ditingkatkan sesuai dengan perkembangan teknologi terbaru agar tetap relevan dan dapat memberikan manfaat jangka panjang dalam pemantauan dan evaluasi konstruksi jalan berbasis agregat kelas A.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah proses mengumpulkan dan mengukur informasi yang relevan dengan tujuan penelitian. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti observasi, wawancara, survei, eksperimen, atau dokumen. Pengumpulan data yang baik harus memenuhi kriteria validitas, reliabilitas, dan objektivitas. *Proof rolling* adalah metode pengujian stabilitas lapis fondasi dengan menggunakan kendaraan berat yang berjalan di atas permukaan jalan. *Proof rolling* bertujuan untuk mengidentifikasi area yang lunak atau bergeser yang dapat menyebabkan kegagalan struktur jalan. *Proof rolling* biasanya dilakukan sebelum memasang lapisan atas permukaan jalan, seperti beton atau aspal. *Proof rolling* dapat dilakukan dengan menggunakan roller halus atau truk bermuatan penuh (Deng *et al.*, 2020).

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kamera sebagai alat pengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A. Kamera dipasang di atas kendaraan *proof rolling* dan merekam gambar permukaan jalan sebelum dan sesudah kendaraan melintas (Riani Putri, 2016). Gambar-gambar tersebut kemudian diolah dengan menggunakan aplikasi yang dikembangkan untuk menghitung nilai lendutan lapis fondasi agregat kelas A. Nilai lendutan tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan ketahanan lapis fondasi agregat kelas A.

Pengumpulan data pada penelitian perancangan aplikasi uji *proof rolling* yang bertujuan untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera akan melibatkan beberapa langkah penting sebagai berikut:

- Melakukan persiapan alat dan bahan yang diperlukan. Ini termasuk memastikan ketersediaan kamera yang kompatibel dengan aplikasi yang dirancang, serta memastikan bahwa kamera tersebut berfungsi dengan baik dan memiliki resolusi yang memadai untuk pengukuran yang akurat (Yang and Zhou, 2021).
- Lokasi uji lapangan harus dipilih agar sesuai dengan kondisi representatif dari lapis fondasi agregat kelas A yang ingin diukur lendutannya. Pemilihan lokasi uji yang tepat akan memastikan bahwa data yang diperoleh mencerminkan situasi sebenarnya di lapangan.
- Prosedur pengambilan data lendutan menggunakan kamera harus ditetapkan dengan jelas. Peneliti harus menentukan titik-titik pengukuran lendutan yang akan difokuskan dan cara pengambilan gambar yang konsisten. Hal ini akan membantu memastikan konsistensi data yang diperoleh dari setiap pengujian *proof rolling* yang dilakukan.
- Perlu mencatat semua informasi terkait setiap pengujian, termasuk informasi tentang kondisi lapangan, jenis beban yang diterapkan, dan data teknis dari kamera yang digunakan. Informasi ini akan membantu dalam menganalisis hasil dan memahami faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran lendutan.

Analisis Data

Analisis data pada penelitian perancangan aplikasi uji *proof rolling* yang bertujuan untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera merupakan tahap penting dalam mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan sebagai berikut:

- Setelah data lendutan diambil melalui pengujian *proof rolling* dengan kamera, data tersebut diolah dan diproses dalam aplikasi. Tahap ini mencakup pengolahan gambar yang telah diambil dari kamera untuk mengidentifikasi dan menghitung lendutan pada lapis fondasi agregat.
- Dalam analisis data, perangkat lunak aplikasi mengenali dan membedakan objek-objek pada gambar, khususnya bagian lapis fondasi agregat. Hal ini akan membantu dalam mengukur perubahan dimensi atau lendutan yang terjadi pada lapis fondasi agregat setelah diberikan beban uji *proof rolling*.
- Data hasil pengukuran lendutan diolah dan dikonversi menjadi bentuk angka atau grafik yang dapat diinterpretasikan secara lebih mudah oleh pengguna aplikasi. Hasil pengukuran lendutan ini perlu dipresentasikan dengan jelas dan mudah dipahami untuk memudahkan evaluasi kualitas lapis fondasi agregat kelas A.

- Dalam analisis data diperlukan langkah untuk mengidentifikasi anomali atau kesalahan dalam pengukuran lendutan. Pengguna aplikasi harus dapat mengevaluasi hasil pengukuran dan menentukan apakah terdapat ketidaksesuaian yang perlu ditinjau ulang atau diulang untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
- Analisis data melibatkan perbandingan hasil pengukuran lendutan dengan nilai acuan atau standar yang ada. Dengan melakukan perbandingan ini, pengguna aplikasi dapat mengevaluasi sejauh mana tingkat keakuratan dan keandalan aplikasi uji *proof rolling* dalam mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera. Hasil analisis data ini akan menjadi dasar untuk membuat kesimpulan dan rekomendasi terkait keberhasilan dan efektivitas aplikasi yang telah dirancang.

Implementasi dan Uji Coba

Tahap implementasi dan uji coba menjadi momen penting dalam perancangan aplikasi uji *proof rolling* ini. Melalui langkah-langkah ini, aplikasi dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam memudahkan dan meningkatkan akurasi pengukuran lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera. Implementasi dan uji coba pada penelitian perancangan aplikasi uji *proof rolling* yang bertujuan untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera merupakan tahap kritis dalam memastikan keberhasilan dan efektivitas aplikasi sebagai berikut:

- Tahap implementasi melibatkan proses penerapan desain aplikasi yang telah dirancang menjadi sebuah perangkat lunak yang berjalan dengan baik. Selama tahap ini, perlu memastikan bahwa setiap fitur dan fungsi yang diinginkan dalam aplikasi dapat beroperasi dengan lancar dan sesuai dengan tujuan awal aplikasi.
- Setelah aplikasi diimplementasikan, tahap uji coba dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan keandalan aplikasi. Uji coba ini dapat dilakukan secara simulasi atau di lapangan sesuai dengan kondisi yang sesungguhnya. Selama uji coba, berbagai situasi pengujian harus dipertimbangkan untuk memastikan aplikasi berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi dan skenario. Untuk mengevaluasi keakuratan ukur aplikasi uji *proof rolling* berbasis kamera, dapat membandingkan pengukurannya dengan yang diperoleh dari alat atau metode yang lebih konvensional seperti LWD atau FWD (Prastyanto *and* Mochtar, 2017).
- Selama uji coba, data hasil pengukuran lendutan dikumpulkan dan dievaluasi untuk menilai sejauh mana aplikasi mampu mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A dengan akurat dan konsisten. Setiap potensi kesalahan atau kekurangan dalam hasil pengukuran akan diidentifikasi dan dicatat untuk dianalisis lebih lanjut.

Tahap uji coba melibatkan pengumpulan umpan balik dari para pengguna aplikasi. Pandangan dan pengalaman pengguna sangat berharga dalam meningkatkan kualitas dan fungsionalitas aplikasi. Memperhatikan masukan dan saran dari pengguna untuk melakukan perbaikan dan penyesuaian yang diperlukan.

1. Berdasarkan hasil uji coba dan umpan balik, melakukan evaluasi menyeluruh terhadap aplikasi. Hasil evaluasi ini akan menjadi dasar untuk menentukan tingkat keberhasilan aplikasi dalam mengukur lendutan lapis fondasi agregat

kelas A menggunakan kamera, serta langkah-langkah yang perlu diambil untuk meningkatkan kinerja dan kualitas aplikasi secara keseluruhan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Disajikan dari penelitian perancangan aplikasi uji *proofrolling* yang bertujuan untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera. Hasil ini merupakan gambaran keseluruhan tentang kinerja dan efektivitas aplikasi yang telah dirancang untuk melakukan pengukuran lendutan pada lapis fondasi agregat kelas A.

Hasil Pengujian Aplikasi

Hasil pengujian aplikasi uji *proofrolling* yang telah diimplementasikan dalam penelitian perancangan aplikasi ini menunjukkan performa yang baik sebagai berikut:

- Aplikasi berhasil mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A dengan tingkat akurasi yang relatif baik. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi mampu mengidentifikasi perubahan dimensi lapis fondasi agregat secara tepat, sehingga memberikan hasil pengukuran lendutan yang dapat diandalkan.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi berjalan dengan lancar dan responsif. Antarmuka pengguna yang intuitif dan user-friendly memudahkan para pengguna untuk melakukan pengujian *proof rolling* dan memperoleh hasil pengukuran dengan cepat. Aplikasi juga mampu mengolah data gambar dari kamera secara efisien, sehingga proses pengukuran lendutan berlangsung dengan efektif.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi dapat mengatasi berbagai situasi lapangan dengan baik. Aplikasi mampu berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi cahaya dan kondisi cuaca yang berbeda. Selain itu, aplikasi juga dapat digunakan untuk mengukur lendutan pada berbagai jenis lapis fondasi agregat kelas A dengan hasil yang konsisten dan akurat.
- Selama pengujian lapangan, aplikasi berhasil mencatat waktu pengukuran lendutan yang lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat membantu menghemat waktu dan tenaga dalam proses pengujian *proof rolling*, sehingga meningkatkan efisiensi dalam proyek konstruksi jalan.
- Hasil pengujian aplikasi uji *proofrolling* menunjukkan bahwa aplikasi ini memiliki potensi untuk digunakan secara luas dalam industri konstruksi jalan. Keberhasilan aplikasi ini dapat menjadi langkah maju dalam penggunaan teknologi aplikasi untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera. Diharapkan aplikasi ini dapat memberikan kontribusi positif bagi kemajuan dan keselamatan dalam pembangunan infrastruktur jalan berbasis agregat kelas A.

Pembahasan Analisis Data

Hasil analisis data yang telah diperoleh dalam penelitian perancangan aplikasi uji *proofrolling* mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera telah dianalisis secara mendalam untuk memperoleh wawasan yang lebih dalam tentang performa dan keefektifan aplikasi.

Analisis data mengonfirmasi bahwa aplikasi mampu menghasilkan pengukuran lendutan dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Perbandingan hasil pengukuran dengan metode referensi yang ada menunjukkan kesesuaian yang baik, mengindikasikan kemampuan aplikasi dalam mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A dengan presisi yang tinggi.

Analisis data melibatkan identifikasi dan penanganan potensi kesalahan atau outlier dalam hasil pengukuran. Proses analisis ini membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ketepatan hasil pengukuran lendutan, seperti cahaya lingkungan, kualitas gambar, dan variasi tekstur lapis fondasi agregat. Langkah-langkah perbaikan dan penyesuaian telah diambil untuk meningkatkan kualitas dan reliabilitas hasil pengukuran.

Hasil analisis data menunjukkan konsistensi dan keandalan aplikasi dalam berbagai situasi lapangan. Aplikasi telah diuji pada berbagai lokasi uji dengan kondisi yang berbeda, termasuk perubahan cuaca dan lingkungan. Analisis data menegaskan bahwa aplikasi mampu menghadapi variasi ini dengan baik dan memberikan hasil pengukuran yang konsisten dan akurat.

Analisis data melibatkan evaluasi efisiensi pengukuran menggunakan aplikasi. Waktu yang diperlukan untuk melakukan pengukuran lendutan dengan aplikasi ini telah dicatat dan dibandingkan dengan metode konvensional. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat menghemat waktu secara signifikan dalam proses pengujian *proof rolling*, memberikan kontribusi dalam peningkatan efisiensi dalam proyek konstruksi jalan.

Hasil analisis data menyoroti potensi pengembangan dan perbaikan lebih lanjut pada aplikasi ini. Dalam rangka meningkatkan kinerja dan fungsionalitas aplikasi, berbagai rekomendasi dan saran telah dihasilkan dari analisis data. Hal ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut untuk memastikan aplikasi dapat terus berkembang sesuai dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan industri konstruksi jalan.

SIMPULAN

Penelitian perancangan awal aplikasi uji proof rolling untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A menggunakan kamera memiliki beberapa kesimpulan yang dapat diambil. Penggunaan kamera dalam uji *proof rolling* menawarkan potensi untuk mengukur lendutan lapis fondasi agregat kelas A secara akurat dan efisien. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan teknologi kamera dapat memberikan data visual yang lebih detail tentang deformasi yang terjadi pada permukaan jalan. Dengan memanfaatkan analisis citra dan pemrosesan video, aplikasi ini dapat memberikan pengukuran lendutan yang objektif dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi area yang lemah atau perlu perbaikan tambahan pada lapisan fondasi.

Aplikasi uji proof rolling dengan kamera dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait perancangan dan konstruksi jalan yang lebih baik. Dengan memperoleh data lendutan secara *real-time* melalui kamera, para insinyur dan profesional di bidang infrastruktur jalan dapat mendapatkan informasi yang lebih akurat tentang performa lapis fondasi agregat kelas A. Hal ini dapat membantu dalam mengevaluasi kebutuhan perluasan, perbaikan tambahan, atau pengaturan yang lebih efisien untuk mencapai jalan yang lebih tahan lama dan aman. Meskipun penelitian

menunjukkan potensi penggunaan kamera dalam aplikasi uji proof rolling, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji keandalan, akurasi, dan validitas metode ini. Penelitian selanjutnya dapat melibatkan pengujian lapangan yang lebih luas, membandingkan hasil pengukuran kamera dengan metode pengukuran tradisional, serta melakukan analisis statistik untuk menguji validitas data yang dihasilkan. Selain itu, penting untuk mempertimbangkan berbagai faktor seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan teknik pemrosesan citra yang optimal untuk memastikan kualitas dan ketepatan pengukuran lendutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alom, Z. et al. (2018). *Recurrent Residual Convolutional Neural Network based on U-Net (R2U-Net) for Medical Image Segmentation*.
- Bina Marga (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2*. Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Deng, Y. et al. (2020). *Evaluation of Flexible Pavement Deterioration Conditions Using Deflection Profiles Under Moving Loads*.
- Dunston, P.S., Bobet, A. and McClure, T.B. (2018). *Proof Rolling of Foundation Soil and Prepared Subgrade During Construction*. West Lafayette, IN. Available at: <https://doi.org/10.5703/1288284316571>.
- Fathurrozi and Gorang, S.I. (2015). *Pengendalian Mutu Agregat Kelas A dan Kelas B Pada Pekerjaan Jalan Sungai Ulin-Mataraman*, Jurnal Poros Teknik [Preprint].
- Górszczyk, J., Malicki, K. and Zych, T. (2019). *Application of Digital Image Correlation (DIC) Method for Road Material Testing*, *Materials*, 12(15). Available at: <https://doi.org/10.3390/ma12152349>.
- Karim, M.R. et al. (2022). *Convolutional Embedded Networks for Population Scale Clustering and Bio-Ancestry Inferencing*, *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 19(1), pp. 369–382. Available at: <https://doi.org/10.1109/TCBB.2020.2994649>.
- Kim, P. (2017). *Convolutional Neural Network*, in *Matlab Deep Learning*, pp. 121–147.
- Lecun, Y., Bengio, Y. and Hinton, G. (2015). *Deep Learning*, *Nature*, 521(7553), pp. 436–444. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature14539>.
- M, S., BM, O. and M, A. (2019). *Differential Convolutional Neural Network*.
- Matsumoto, R. et al. (2013). *Development of Deformation Measurement System Consisting of High-Speed Camera and Digital Image Correlation, and Its Application to the Measurement of Large Inhomogeneous Deformations Around the Crack Tip*, *Experimental Techniques* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40799-01>.
- Núñez-Temes, C. et al. (2022). *Assessment of Pavement Deflection Under Vehicle Loads Using a 3D-DIC System in The Field*, *Scientific Reports*, 12(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13176-3>.
- Prastyanto, C.A. and Mochtar, I.B. (2017). *Prediction of Flexible Pavement Deflection Based on Falling Weight Deflectometer, FWD, for Highways Traversed by Heavy Overloaded Vehicles (Case Study on Arterial And Collector Roads in Tuban, East Java, Indonesia)*.
- Riani Putri. (2016). *Pengolahan Citra Dengan Menggunakan Web Cam pada Kendaraan Bergerak di Jalan Raya*, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Informatika*.

Shukla, N. and Fricklas, K. (2018). *Machine learning with TensorFlow*.

Manning Vasilev, I. et al. (2019). *Python Deep Learning*.

Yang, Q. and Zhou, S. (2021). *Theoretical Analysis of Pavement Deflection Response Sensitivity Under Steady-State Excitation*, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(3), pp. 223–234. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.08.002>.

Yue, S. and Wang, T. (2017). *Imbalanced Malware Images Classification: a CNN based Approach*. Available at: <http://arxiv.org/abs/1708.08042>.