

Penerapan Analisa Big Data pada Klasifikasi Kondisi Jalan untuk Mendukung Smart City

Rizqi Putri Nourma Budiarti ^{1*} dan Firman Yudianto ¹

¹Sistem Informasi, Fakultas Teknik Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, Surabaya

*Corresponding Author

E-mail: rizqi.putri.nb@unusa.ac.id

Abstrak

Banyak orang membeli sepeda motor baru maupun mobil baru untuk mendukung pekerjaan sampingan mereka dengan menjadi driver ojek online. Berdasarkan data dari *ASEAN Automotive Federation* (AAF) penjualan mobil di Kawasan Asia Tenggara pada tahun 2016-2017, Indonesia menempati posisi tertinggi, dimana pada tahun 2017 telah mencapai 1,08 juta unit. Timbulnya permasalahan baru, bagi pemerintah dalam hal ini mempengaruhi kondisi transportasi dan kondisi jalan di beberapa kota besar di Indonesia. Apabila kondisi jalan rusak, dan perbaikan jalan membutuhkan waktu yang lama, secara tidak langsung dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas dalam berkendara. Namun biaya untuk perbaikan jalan tidaklah murah. Proses dan biaya perbaikan jalan sangatlah tinggi dan adanya kompleksitas dalam deteksi lubang pada jalan juga menjadi salah satu hambatan bagi pemerintah. Saat ini, pemerintah Indonesia menggalakkan *Smart City* untuk menyelesaikan berbagai permasalahan yang ada dan menjadikannya lebih praktis. Untuk itu dibutuhkan platform yang berfungsi mengkoleksi data kondisi jalan, melakukan analisa terhadap kondisi jalan, dan memberikan laporan yang berupa visualisasi dengan informasi geospasial. Pada penelitian ini memanfaatkan perangkat opensource Pentaho untuk melakukan *Big Data Integration and Analytics* yang terintegrasi dengan SMITE. Hasil penerapan analisa *Big Data* pada klasifikasi kondisi jalan berjalan dengan baik dan dapat mendeteksi kerusakan jalan dengan akurasi deteksi diatas 95% baik dengan *Support Vector Machine* (SVM) maupun dengan *Decision Tree*. Sistem juga dapat menampilkan data secara realtime sesuai dengan data yang didapatkan.

Kata Kunci: Transportasi, Jalan Rusak, *Smart City*, *Big Data*, *Analytics*.

Abstract

Many people buy new motorbikes or new cars to support their side jobs by becoming online motorcycle taxi drivers. Based on data from the *ASEAN Automotive Federation* (AAF) car sales in the Southeast Asia Region in 2016-2017, Indonesia set the highest position, in 2017 it reached 1.08 million units. The emergence of new problems, for the government in this case affects the condition of transportation and road conditions in several major cities in Indonesia. When the condition of the road is damaged, and repairing the road requires a long time, it cannot immediately cause a traffic accident while driving. But to repair the repair costs. The process and the high cost of road repair and the difficulty in detecting potholes on the road are also one of the challenges for the government. At present, the Indonesian government is promoting *Smart Cities* to solve various existing problems and make them more practical. For this reason, a platform is required to collect data on road conditions, analyze road conditions, and provide reports containing visualizations with geospatial information. In this study using Pentaho's open source tool to do *Big Data Integration and Analytics* integrated with SMITE. The results of the application of *Big Data Analysis* on the Classification of Road Conditions run well and can detect road damage with a detection accuracy of 95% with *Support Vector Machine* (SVM) or *Decision Tree*. The system can also display data in real-time according to the data obtained.

Keywords: *Transportation, Road Damage, Smart City, Big Data, Analytic.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi internet mempengaruhi banyak hal, terutama gaya hidup masyarakat dan daya beli serta permintaan masyarakat yang tinggi salah satunya terhadap kebutuhan kendaraan baik sepeda motor maupun mobil bahkan truk sekalipun. Adanya aplikasi semacam Go-Jek, aplikasi online untuk memenuhi kebutuhan transportasi masyarakat yang sering digunakan, sehingga membuka lapangan pekerjaan yang otomatis menimbulkan dampak mobilitas masyarakat semakin meningkat. Banyak orang membeli sepeda motor baru maupun mobil baru untuk mendukung pekerjaan sampingan mereka dengan menjadi driver ojek online. Berdasarkan data dari ASEAN Automotive Federation (AAF) penjualan mobil di Kawasan Asia Tenggara pada tahun 2016-2017, Indonesia menempati posisi tertinggi, dimana pada tahun 2017 telah mencapai 1,08 juta unit [1]. Bahkan berdasarkan data dari Gabungan Industri Kendaraan Bermotor, Indonesia menempati posisi tertinggi untuk pasar mobil di ASEAN sekitar 1,1 Juta [2]. Kedua hal ini membuktikan bahwa permintaan kebutuhan transportasi di Indonesia sangatlah tinggi.

Timbulnya permasalahan baru, bagi pemerintah dalam hal ini mempengaruhi kondisi transportasi dan kondisi jalan di beberapa kota besar di Indonesia. Dengan adanya aplikasi Go-Jek Online, Grab, Blue-bird dst, menyebabkan mobilitas masyarakat meningkat khususnya area perkotaan. Memang, kebutuhan masyarakat akan transportasi saat ini sangatlah mudah. Namun, apabila tidak didukung dengan peningkatan penyediaan layanan pemerintah dan perhatian pemerintah terhadap kondisi jalan raya juga mempengaruhi mobilitas masyarakat. Apabila kondisi jalan rusak, dan perbaikan jalan membutuhkan waktu yang lama, secara tidak langsung dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas dalam berkendara. Namun biaya untuk perbaikan jalan tidaklah murah. Proses dan biaya perbaikan jalan sangatlah tinggi dan adanya kompleksitas dalam deteksi lubang pada jalan juga menjadi salah satu hambatan bagi pemerintah.

Saat ini, pemerintah Indonesia menggalakkan SMART CITY untuk menyelesaikan berbagai permasalahan yang ada dan menjadikannya lebih praktis, lebih hemat dalam segi pembiayaan dan lebih transparan yang didukung oleh penggunaan teknologi yang tepat guna. Salah satunya transportasi, demi mendukung kondisi jalan yang baik dibutuhkan dukungan pemerintah terhadap konstruksi jalan yang baik dan pemeliharaan jalan yang bisa termonitor dengan baik secara berkala dimana, kondisi jalan yang baik memiliki persyaratan yaitu kedap air, tahan lama dan permukaan jalan rata dan tidak berlubang.

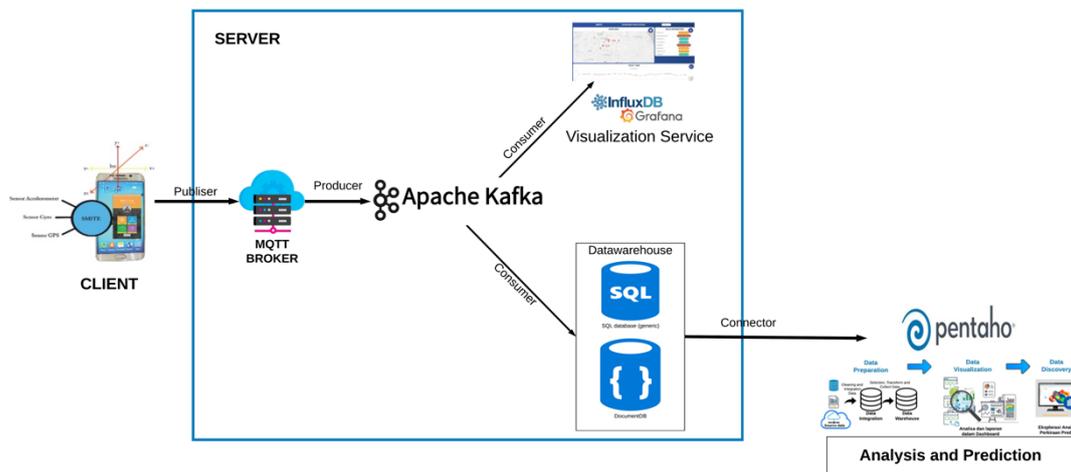
Telah dibangun sebuah aplikasi IoT (SMITE) yang dapat melakukan pemantauan kondisi kerusakan permukaan jalan dengan memanfaatkan sensor gyro, akselerometer dan GPS berbasis smartphone Android, namun pada sistem ini belum memiliki sistem analisa terhadap data yang telah dikumpulkan baik secara visualisasi dan belum menampilkan informasi yang dibutuhkan misalkan oleh pengguna jalan raya. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk membangun platform yang berfungsi mengkoleksi data kondisi jalan, melakukan analisa terhadap kondisi jalan, dan memberikan laporan yang berupa visualisasi dengan informasi geospasial. Pada penelitian ini memanfaatkan perangkat opensource Pentaho untuk melakukan Big Data Integration and Analytics yang terintegrasi dengan SMITE. Hal ini diharapkan dapat menunjang pembangunan Smart City di Indonesia.

2. METODOLOGI

Pada bagian ini, kami menjelaskan bagaimana penelitian dilakukan, termasuk sistem desain dan metodologi.

2.1 Desain Sistem

Sistem dalam penelitian ini menggunakan arsitektur microservices untuk cloud. Sistem desain dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Arsitektur

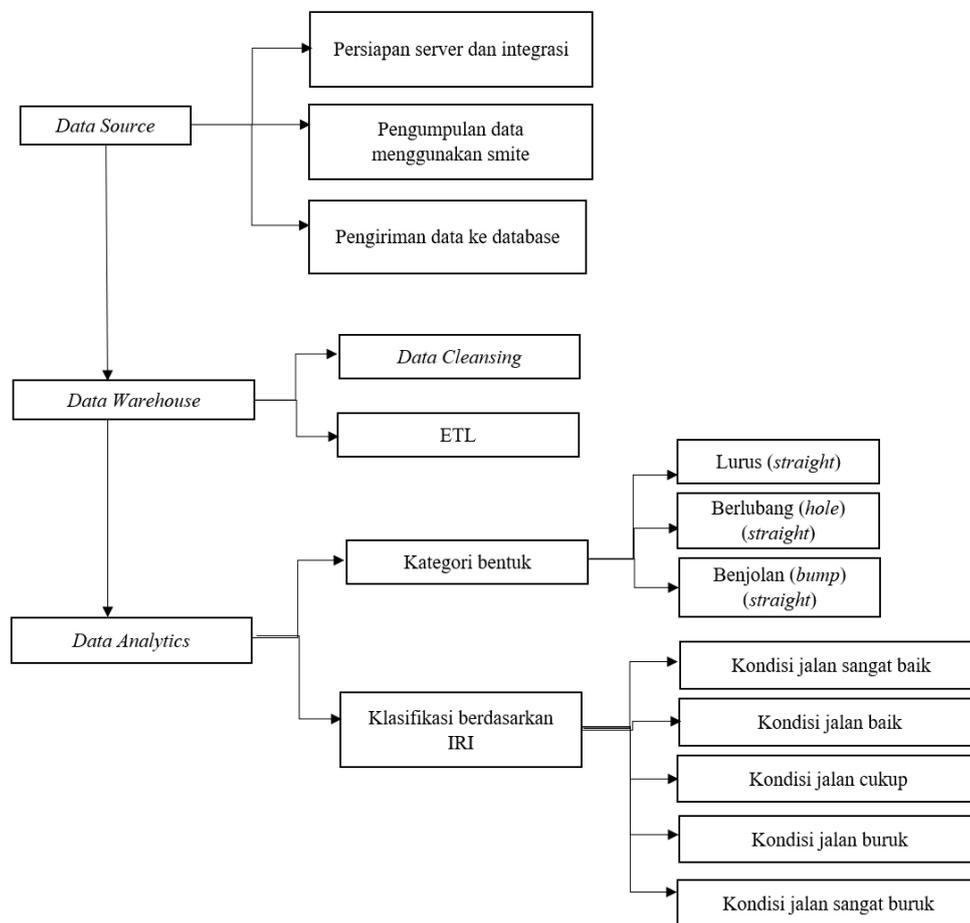
Pada sisi *client*, dilakukan pengiriman data dari sensor, seperti Accelerometer, Gyro, dan GPS. Semua sensor ada di smartphone yang memiliki aplikasi SMITE. Aplikasi SMITE mengirim data dengan menggunakan protokol MQTT dengan format JSON ke server. Sisi server, data yang diterima di server, telah dikumpulkan oleh broker MQTT. Kemudian layanan perantara MQTT broker menggunakan mekanisme produsen Kafka, mengirim data ke layanan microsoft Kafka Apache. Apache Kafka mendistribusikan kembali data secara simultan ke layanan Visualisasi dan Datawarehouse. Dalam layanan Visualisasi, InfluxDB menerima dan mengubah data menjadi format garis waktu. Grafana mengambil data dari InfluxDB dan memvisualisasikan grafik secara real-time. Di dalam data warehouse, data dari Apache Kafka mengirim data dengan menggunakan metode konsumen dan konektor Kafka di dalam microservice Datawarehouse mentransformasikan data menjadi perintah penyisipan SQL atau NoSQL.

Untuk penggunaan analisis dan prediksi dalam sistem, penulis menggunakan sistem integrasi data Pentaho. Pentaho mengunduh data dari server data warehouse dengan menggunakan konektor Pentaho, setelah itu proses melakukan pembersihan data dan ETL digunakan untuk persiapan. Setelah pooling data, cleaning data, dan proses ETL selesai dilakukan menggunakan SVM untuk menganalisis data dan memvisualisasikan ke dalam integrasi data Pentaho.

2.2 Desain Sistem

Terdapat tiga langkah yang digunakan dalam metodologi penelitian ini, diantaranya yaitu, 1) *Data Source*, 2) *Data Warehouse*, dan 3) Analisis data. Dalam proses pertama yaitu *data source*, yang dilakukan pertama menyiapkan server dengan menerapkan layanan microservice di dalamnya. Pengambilan data di lapangan diperlukan untuk mengumpulkan data tentang kondisi

jalan dengan menggunakan beberapa sensor dari smartphone dan menjalankan aplikasi SMITE untuk mengumpulkan data dari sensor dan mengirim data ke server. Setelah itu, data diterima dan dikirim ke server, kemudian dilanjutkan proses penyimpanan data ke server database. Pada langkah kedua dilakukan persiapan untuk data warehouse. Di data warehouse, proses yang dilakukan yaitu menyeleksi data (*cleansing data*) dan melakukan proses ETL (*Extract, Transform, dan Loading*) pada data yang sudah diambil dari source data sensor di server. Selanjutnya dilakukan proses Analisa data, dimana pada proses ini dilakukan percobaan dalam melakukan klasifikasi data yang diperoleh, kemudian dikategorikan berdasarkan bentuk dari jalan dan klasifikasi berdasarkan IRI - ketidakrataan permukaan jalan. Kategori berdasarkan bentuk jalan tersebut dikategorikan menjadi jalan lurus (*straight*), jalan benjolan (*bumb*) dan jalan berlubang (*hole*). Sedangkan klasifikasi berdasarkan IRI, terbagi menjadi Sangat Baik (*Very Good*), Baik (*Good*), Cukup (*Fair*), Buruk dengan kerusakan kecil (*Small Damage*), Sangat Buruk dengan kerusakan besar (*Big Damage*).

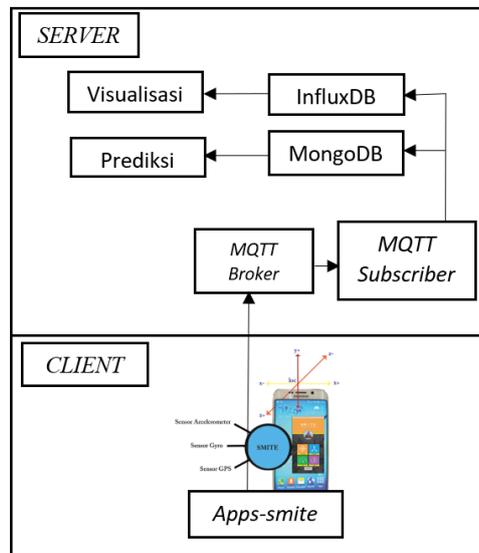


Gambar 2. Metodologi Penelitian

a) Data Source

Dalam proses *Data Source*, terjadi 2 proses pada *client* yaitu membaca dan mengirim data. Proses diawali dengan aplikasi membaca sensor *gyro*, akselerometer dan GPS. Data sensor *gyro* dan akselerometer yang dibaca memiliki nilai default Constant Value: 1 (0x00000001) dan *gyro Constant Value*: 16 (0x00000010) yang dijadikan nilai desimal agar dapat dimasukkan ke dalam perhitungan klasifikasi kerusakan permukaan jalan. Syarat untuk mengirim data sensor ke server

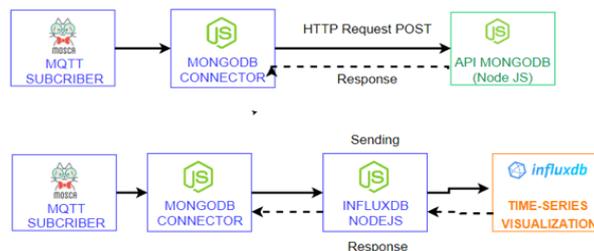
adalah *smartphone* harus terkoneksi dengan internet. Data dikirim dengan topik yang sama oleh *smartphone (publisher)* ke broker pada server, keuntungan dari menggunakan MQTT adalah antara publisher dan subscriber tidak saling mengetahui karena ada broker diantara mereka dan yang lebih penting lagi yaitu adanya *time decoupling* dimana tidak perlu terkoneksi secara bersamaan, misalnya *smartphone* bisa saja ter-disconnect setelah melakukan *publish* ke broker dan beberapa saat kemudian terkoneksi kembali ke broker, maka pengirim dan penerima tetap akan menerima data yang terpending sebelumnya proses ini dikenal dengan mode *offline*. Data yang diterima oleh broker akan diproses terlebih dahulu oleh sistem prediksi dan dikembalikan ke broker dengan data yang sudah diberi label. Label data diperoleh dari proses *learning* sebelumnya. Kemudian data yang sudah diberi label tersebut diteruskan ke database dan influxDB untuk divisualisasikan.



Gambar 3. Diagram Alur Kerja Aplikasi

b) Data Warehouse

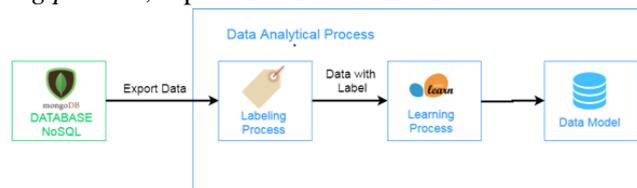
Pada connector *data warehouse* menggunakan konsep pengiriman HTTP Request dengan metode POST. Proses pengiriman data pada *connector* ketika data dikirimkan pada RestAPI maka RestAPI akan mengirimkan umpan balik yang menunjukkan apakah data tersimpan atau tidak. Berikut adalah block diagram yang menggambarkan proses pengiriman data pada connector ketika data dikirimkan menggunakan *library InfluxDB* pada Node.JS maka akan muncul sebuah umpan balik sebagai pemberitahuan apakah data berhasil tersimpan atau tidak.



Gambar 4. Diagram Data Warehouse

c) Data Analytics

Analytic process yang digunakan pada penelitian ini menggunakan algoritma *machine learning* tipe *supervised learning* yaitu algoritma *classification*. Pendekatan yang digunakan adalah *Support Vector Machine (SVM)*. Pada sistem ini menggunakan bahasa pemrograman python dengan memanfaatkan library *scikit-learn* untuk melakukan proses data training, sementara untuk mempermudah penggunaan sistem data training maka digunakan *Jupyter Notebook* yang berfungsi sebagai user interface dari bahasa pemrograman python. Pada proses *analytics* dimulai dengan mengambil data training yang tersimpan pada *data warehouse storage* selanjutnya data kualitas jalan yang telah didapatkan diberikan label sesuai dengan aturan klasifikasi yang diberikan yaitu *straight, hole dan bump*. Data yang telah memiliki label akan digunakan untuk *learning process*, seperti ilustrasi Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Analytic Process Learning

Pada proses visualisasi yang merupakan proses terakhir dari sistem, yaitu berfungsi untuk menampilkan data melalui sebuah platform web. Data yang ditampilkan adalah data yang diambil dari broker melalui proses *subscribe*. Selain itu pada *microservice* ini juga terdapat sebuah database skala kecil yang digunakan untuk penyimpanan data berdasarkan waktu pada web tersebut. Sensor data yang ditampilkan adalah hasil dari data model dari proses *training* yang dilakukan. Sehingga ketika data baru masuk akan secara otomatis terdeteksi sebagai kerusakan jalan dan tidak perlu melakukan proses dari awal kembali.



Gambar 6. Diagram Realtime Visualisasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian Pada tahapan ini, akan menjelaskan hasil dari implementasi penelitian yang sudah dilakukan diawali dari tahap instalasi sensor pada kendaraan hingga proses akhir yaitu visualisasi data pada dashboard website cloud.

3.1 Device Integration

Smartphone android yang digunakan untuk mengukur tingkat kerataan permukaan jalan dipasang menggunakan *holder* pada kendaraan bermotor. *Holder* berfungsi sebagai penyangga smartphone agar saat dilakukan pengukuran kerataan permukaan jalan sambil berkendara. *Holder* terpasang pada tempat spion sepeda motor dan smartphone diletakkan secara horizontal.



Gambar 6. Instalasi Smartphone pada kendaraan bermotor

Seperti yang terlihat pada Gambar 6, ketika smartphone diletakkan secara horizontal maka posisi sumbu axis pada akselerometer dan gyro adalah sumbu z secara vertikal dan mengukur perpindahan vertikal akselerometer, posisi sumbu Y pergeseran maju akselerometer dan X pergeseran kanan kiri pada posisi horizontal. Sedangkan gyro akan mengukur perputaran sudut dari ketiga sumbu tersebut

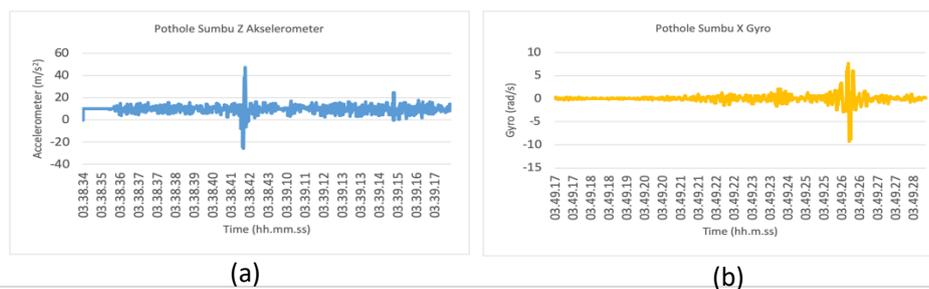
3.2 Data Kerusakan Jalan

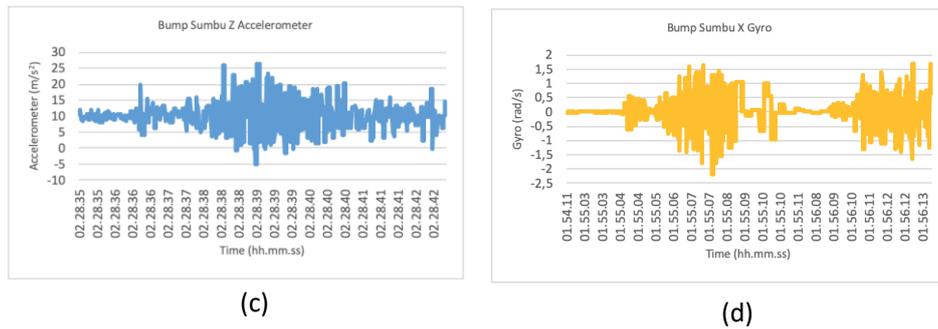
Data kerusakan jalan yang diperoleh akan diklasifikasikan menjadi 3 yaitu straight, hole dan bump. Proses pengambilan data dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan dan karakteristik data berdasarkan nilai sensor. Gambar 7 merupakan contoh data gambar hole dan bump yang diambil datanya untuk penelitian ini.



Gambar 7. Gambar Jalan Berlubang (*Hole*) dan Jalan Benjolan (*Bump*)

Data dari kedua gambar tersebut akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari situlah dapat dilihat dan ditentukan karakteristik data sesuai dengan klasifikasi sistem. Berikut adalah hasil dari pengambilan data yang dilakukan.





Gambar 7. (a) dan (b) adalah grafik jalan berlubang pada sensor gyro dan accelerometer
(c) dan (d) adalah grafik jalan benjolan pada sensor gyro dan accelerometer

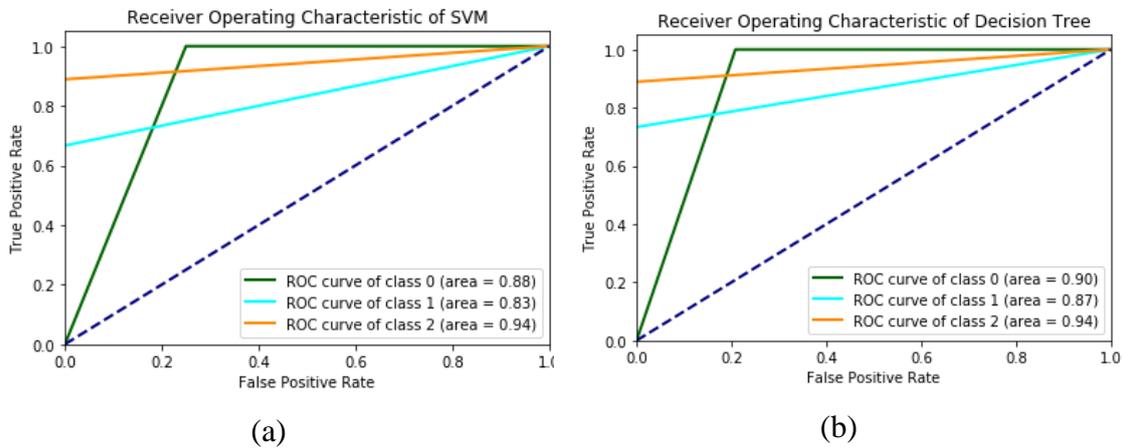
Dari data tersebut dapat dilihat karakteristik data yang berbeda, untuk data sensor pada jalan berlubang (*hole*) memiliki nilai yang lebih tinggi dan terjadi pada waktu yang singkat. Sedangkan untuk data sensor pada jalan benjolan (*bump*) memiliki nilai yang rendah dan frekuensi yang lebih panjang dari *hole*. maka dari karakteristik data tersebut dapat dijadikan untuk proses learning dan prediksi nantinya.

3.3 Evaluation

Tahap ini membahas tentang evaluasi dari akurasi sistem prediksi dan learning yang digunakan dalam penelitian ini. algoritma learning yang digunakan pada penelitian ini adalah *Support Vectore Machine (SVM)* dan *Decission Tree (DT)* untuk mendeteksi kerusakan jalan.

a) ROC

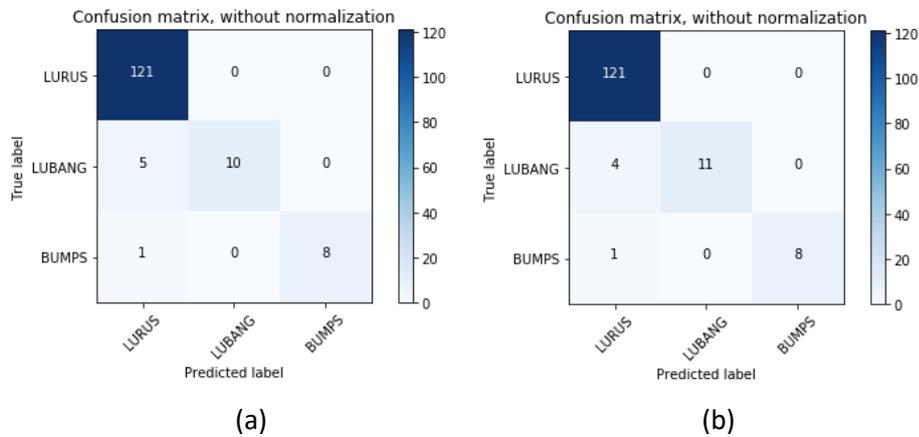
Pada pengujian ROC ini, digunakan dalam menghitung kinerja dari algoritma klasifikasi yang telah dibuat menggunakan metode kurva Receiver Operating Characteristic (ROC). Klasifikasi dibuat menggunakan 3 tipe yaitu jalan lurus, jalan berlubang (*hole*) dan jalan benjolan (*bump*). Sedangkan untuk mengukur berapa tingkat akurasi kedua algoritma tersebut digunakan *Receiver Operating Characteristic (ROC)*. Seperti yang dilihat dari Gambar 8, dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa nilai Positif Rate dimulai dari 0 sampai dengan 1, semakin tinggi nilai Positif Rate sampai mendekati satu maka algoritma klasifikasi yang dibuat semakin bagus. dari grafik ROC yang terbuat nantinya dari SVM dan *Decision Tree* dapat dibandingkan algoritma klasifikasi yang lebih bagus digunakan. Berdasarkan ROC, kedua algoritma yang digunakan memiliki positif Rate rata-rata diatas 90%.



Gambar 8. (a) ROC pada SVM dan (b)ROC pada DT

b) Confussion Matrix

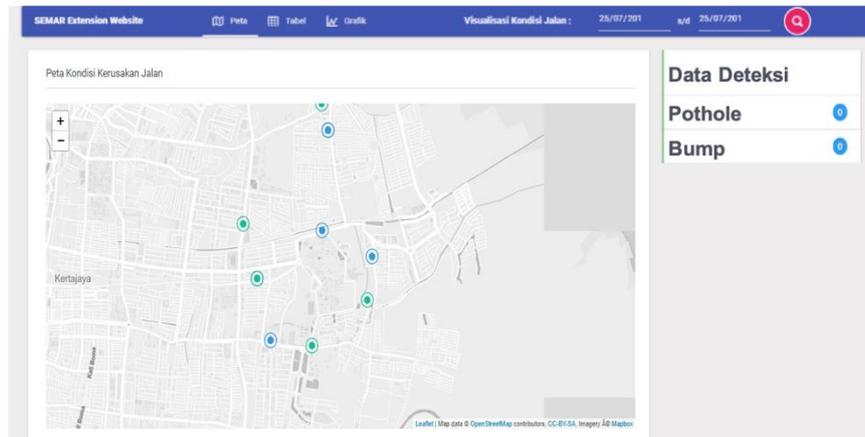
Confussion matrix digunakan sebagai salah satu metode dalam melakukan perhitungan akurasi pada data mining. Penggunaan Confussion matrix dengan melakukan perhitungan dengan 4 keluaran, yaitu: *recall*, *precision*, *acuracy* dan *error rate*. Pada pengujian ini dilakukan untuk menguji algoritma *machine learning*. Dari tabel hasil *confussion matrix* dapat dilihat seberapa error tingkat prediksi dari suatu sistem klasifikasi pada SVM dan pada Decision Tree yang digunakan pada penelitian ini. Klasifikasi SVM dan *Decision Tree* pada perhitungan menggunakan *Confussion Matrix* didapatkan hasil adalah pada SVM memiliki tingkat akurasi sebesar 95,86% dengan pembacaan jalan berlubang (*hole*) sebanyak 10 dan pada jalan benjolan (*bump*) sebanyak 8 dengan error pembacaan sebesar 5 untuk jalan berlubang (*hole*) dan 1 untuk jalan benjolan (*bump*). Sedangkan dengan penggunaan *Decision Tree* memiliki tingkat akurasi sebesar 96,55% dengan nilai error sebesar 4 untuk jalan berlubang dan 1 untuk jalan benjolan (*bump*) dengan pembacaan 8 pada jalan benjolan (*bump*) dan 11 pada jalan berlubang (*hole*).



Gambar 8. (a) Confussion matrix pada SVM dan (b) Confussion matrix pada DT

3.4 Visualisasi

Visualisasi bertujuan untuk memberikan informasi akhir dari sistem, dari data yang ditampilkan dapat dilakukan metode yang akan dilakukan untuk memperbaiki kerusakan jalan berdasarkan tingkat kerusakannya. Deteksi kerusakan jalan ditampilkan berupa marker pada peta kerusakan jalan sesuai dengan lokasi kerusakan tersebut.



Gambar 9. Peta Kerusakan Jalan

4. KESIMPULAN

Dari arsitektur sistem dan implementasi yang sudah dilakukan yaitu Penerapan Analisa Big Data pada Klasifikasi Kondisi Jalan untuk Mendukung Smart City. Sistem berjalan dengan baik dan dapat mendeteksi kerusakan jalan dengan akurasi deteksi 90%. Sistem juga dapat menampilkan data secara realtime sesuai dengan data yang didapatkan. Untuk penelitian kedepannya akan dilakukan optimalisasi algoritma dengan menambah dataset dan varian data keruakan jalan yang lebih luas.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapatkan hibah dari Kementerian Riset, teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (Ristekdikti) dengan skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) pada tahun 2019.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munandar, A., Widodo, S., & Sulandari, E. (2015). Analisa Kondisi Kerusakan Jalan pada Lapisan Permukaan (Studi Kasus: Jalan Adi Sucipto Sungai Raya Kubu Raya). Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, 3(2).
- [2] Suwardo. Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight Edge Untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (Psi Dan Rci), Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada. 2012.
- [3] Tai, Y. C., Chan, C. W., & Hsu, J. Y. J. (2010, November). Automatic road anomaly detection using smart mobile device. In conference on technologies and applications of artificial intelligence, Hsinchu, Taiwan.
- [4] Tonde, V. P., Jadhav, A., Shinde, S., Dhoka, A., & Bablade, S. (2015). Road quality and ghats complexity analysis using Android sensors. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 4(3), 101-104.
- [5] Mednis, A., Strazdins, G., Zviedris, R., Kanonirs, G., & Selavo, L. (2011, June). Real time pothole detection using android smartphones with accelerometers. In 2011 International

- conference on distributed computing in sensor systems and workshops (DCOSS) (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Eriksson, J., Girod, L., Hull, B., Newton, R., Madden, S., & Balakrishnan, H. (2008, June). The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring. In Proceedings of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services (pp. 29-39).
- [7] Chugh, G., Bansal, D., & Sofat, S. (2014). Road condition detection using smartphone sensors: A survey. *International Journal of Electronic and Electrical Engineering*, 7(6), 595-602.
- [8] De Zoysa, K., Keppitiyagama, C., Seneviratne, G. P., & Shihan, W. W. A. T. (2007, August). A public transport system based sensor network for road surface condition monitoring. In Proceedings of the 2007 workshop on Networked systems for developing regions (pp. 1-6).
- [9] Kobana, Y., Takahashi, J., Kitsunozaki, N., Tobe, Y., & Lopez, G. (2014, September). Detection of road damage using signals of smartphone-embedded accelerometer while cycling. In Proceedings of the 2014 International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing (pp. 1-2).
- [10] Wu, H., Yao, L., Xu, Z., Li, Y., Ao, X., Chen, Q., ... & Meng, B. (2019). Road pothole extraction and safety evaluation by integration of point cloud and images derived from mobile mapping sensors. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 100936.
- [11] Panduman, Y. Y. F., Besari, A. R. A., Sukaridhoto, S., Budiarti, R. P. N., Sudibyo, R. W., & Nobuo, F. (2018). Implementation of Integration VaaMSN and SEMAR for Wide Coverage Air Quality Monitoring. *TELKOMNIKA (Telecommunication, Computing, Electronics and Control)*, 16(6), 2630-2642