

Rancang Bangun Sistem Pendeteksi *Bump* Menggunakan Android *Smartphone* dengan Sensor Akselerometer

Otniel Yehezkiel Bornok Hutabarat, Fajar Baskoro, dan Rizky Januar Akbar
Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: fajar@its-sby.edu

Abstrak—Seiring semakin meningkatnya jumlah polisi tidur yang ilegal atau tanpa izin, maka hal ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan oleh pengguna jalan. Selain itu berbagai kerusakan jalan seperti lubang dan gundukan juga mengganggu kenyamanan pengguna jalan. Pemerintah juga telah membuat sanksi yang ditulis dalam Peraturan Daerah terhadap pembuat pita penggaduh atau polisi tidur yang tidak memiliki izin dari Kepala Dinas Perhubungan. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini dibangun sebuah sistem pendeteksi *bump* yang terdiri dari aplikasi Android dan peta digital. Pada aplikasi Android, sistem mengumpulkan data dengan mendeteksi guncangan apabila pengguna melewati polisi tidur, lalu mengirim lokasi tersebut ke *server*. Deteksi guncangan ini memanfaatkan sensor akselerometer pada Android dan pengiriman lokasi menggunakan GPS. Kemudian pada *server* data diolah dan ditampilkan dalam bentuk peta digital. Setelah melakukan pengujian, data yang dihasilkan adalah lokasi guncangan (disebabkan oleh polisi tidur atau jalan rusak) dan ditampilkan dalam bentuk peta digital dengan akurasi rata-rata 89,48%. Dengan adanya sistem ini, diharapkan informasi lokasi guncangan (polisi tidur maupun kerusakan jalan yang terdeteksi) dapat diperoleh secepat mungkin sehingga pemerintah dapat bertindak dengan lebih cepat dan efektif.

Kata Kunci—Deteksi *Bump*, Monitor Jalan, Perangkat Bergerak, Sensor Android

I. PENDAHULUAN

POLISI tidur adalah bagian jalan yang ditinggikan berupa tambahan aspal atau semen yang dipasang melintang di jalan untuk pertanda memperlambat laju/kecepatan kendaraan. Tujuan utama dari polisi tidur sendiri adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan pada saat aktivitas transportasi. Polisi tidur banyak ditemukan di daerah pemukiman penduduk, perumahan, terminal atau pasar. Namun pada kenyataannya banyak sekali polisi tidur yang dibuat tidak sesuai dengan desain polisi tidur yang diatur berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No. 3 Tahun 1994 sehingga dapat membahayakan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

Salah satu pendekatan untuk mengidentifikasi polisi tidur yang memiliki izin adalah adanya laporan dari pihak pembuat polisi tidur dengan pihak yang berwenang. Untuk setiap daerah memiliki peraturan masing-masing untuk menindaklanjuti Keputusan Menteri Perhubungan tersebut. Misalnya untuk

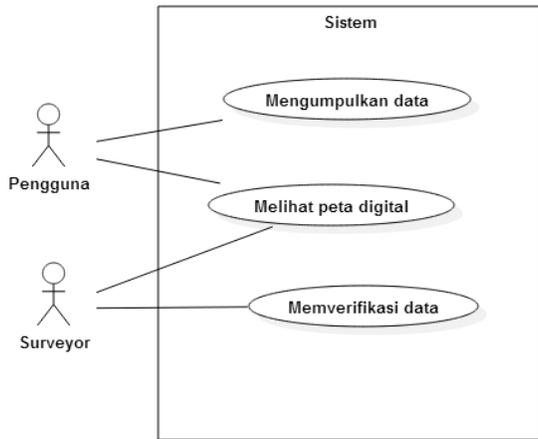
daerah Jakarta diatur oleh Peraturan Daerah Provinsi DKI yaitu berdasarkan pasal 53 huruf b Perda DKI Jakarta 12/2003, setiap orang tanpa izin dari Kepala Dinas Perhubungan dilarang membuat atau memasang tanggul pengaman jalan dan pita penggaduh (*speed trap*). Pelanggaran terhadap ketentuan tersebut adalah kurungan paling lama 3 bulan atau denda sebanyak-banyaknya Rp5.000.000,00 (lima juta rupiah). Oleh karena itu, untuk mempermudah pemerintah mengetahui polisi tidur yang memiliki izin atau ilegal, pada penelitian ini saya menawarkan sistem pendeteksi *bump* menggunakan *smartphone* Android dengan pendekatan survei otomatis.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan adalah Pothole Patrol (P2) [1], menggunakan sensor *3-axis accelerometer* dan GPS diletakkan pada kendaraan taksi untuk memonitor keadaan permukaan jalan. Pothole Patrol dapat mendeteksi lubang dan anomali jalan dengan cara mengolah data dari getaran atau *vibrasi* pada akselerometer dan GPS. Penelitian ini juga mengklasifikasi data berdasarkan lokasi untuk mengurangi kesalahan dalam.

Pada penelitian selanjutnya yaitu CRSM [2] atau disebut juga *crowdsourcing-based road surface monitoring system* mampu mendeteksi lubang dan mengevaluasi tingkat kekasaran permukaan jalan. Penelitian yang menggunakan sensor *smartphone* adalah Wolverine [3]. Wolverine menggunakan sensor akselerometer untuk mengumpulkan data untuk mendeteksi *event bump* dan rem. Perangkatnya direorientasi terlebih dahulu sehingga dapat digunakan pada posisi apapun di dalam kendaraan. Proses reorientasinya menggunakan sensor akselerometer dan *magnetometer*. Data akselerometer yang dikumpulkan kemudian diolah menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) untuk menentukan kondisi jalan mulus atau bergelombang dan kondisi rem atau tidak. Salah satu penelitian yang mendeteksi lubang secara *real time* adalah Mednis, [4] penelitian tersebut mengusulkan sistem yang menggunakan *smartphone* Android beserta sensor akselerometranya untuk mendeteksi *events* secara *real time*. Sistem ini mengumpulkan data secara *off-line post-processing* dengan menggunakan algoritma *Z-Thresh*, *Z-Diff*, *STDEV(Z)* dan *G-Zero*.

Pendekatan survei otomatis yang diusulkan pada penelitian ini dapat dilakukan dengan menggunakan *embedded sensing devices* atau *smartphone*. Pada penelitian ini akan berfokus pada proses data akselerometer untuk mendeteksi *bump*

menggunakan *smartphone* Android. Metode untuk mendeteksi *bump* menggunakan kombinasi metode *real-time* dan *nonreal-time*. Metode *real-time* menggunakan algoritma *Z-Threshold* seperti pada penelitian pada Mednis et al namun perbedaannya adalah pada penelitian ini juga menggunakan metode klasifikasi *decision tree* pada data yang terdeteksi menggunakan algoritma *Z-Threshold* di *server* untuk menghasilkan deteksi yang lebih akurat. Data GPS lokasi polisi tidur akan dikirim dari *smartphone* Android ke *server*.



Gambar 1 Diagram kasus penggunaan

Data-data GPS lokasi polisi tidur yang dikirim dari para pengguna diolah untuk mengestimasi lokasi polisi tidur dengan lebih akurat dan ditampilkan dalam bentuk peta digital. Dengan sistem yang *crowdsourced* (menggunakan kumpulan data partisipasi yang terdistribusi) dapat meningkatkan skalabilitas melihat banyaknya jumlah pengguna *smartphone* dan terus meningkat. Harapannya adalah informasi tersebut dapat diperoleh sedini mungkin sehingga dapat digunakan pemerintah untuk mempermudah pengawasan pembuatan polisi tidur maupun perbaikan dan pemeliharaan jalan.

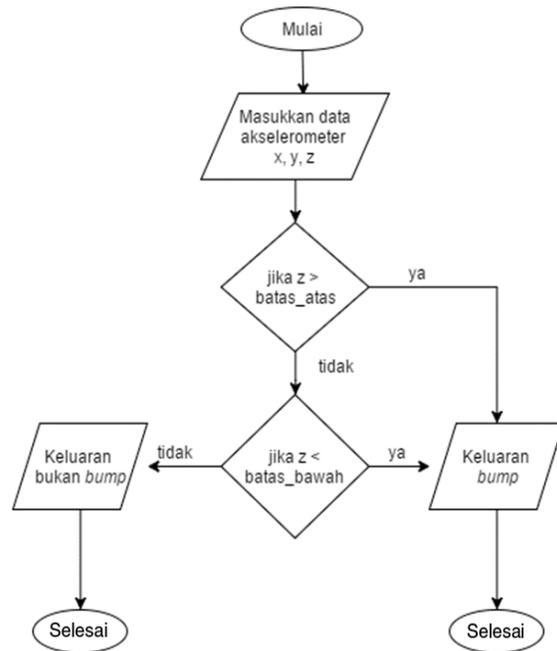
II. URAIAN PENELITIAN

A. Kasus Penggunaan

Error! Reference source not found. menunjukkan diagram kasus penggunaan dari aplikasi. Kasus penggunaan pada aplikasi ini adalah mengumpulkan data oleh pengguna, melihat peta digital dan memverifikasi data oleh *surveyor*.

B. Algoritma Z-Tresh

Algoritma *Z-Threshold* merupakan algoritma yang melakukan *thresholding* pada nilai amplitudo akselerometer di sumbu *z*. *Event* direpresentasikan sebagai nilai yang melebihi ambang batas atau *threshold* yang ditentukan. Masukan berupa data akselerometer pada sumbu *x*, *y* dan *z*. Keluaran berupa informasi apakah terdeteksi *bump* atau bukan *bump*. Diagram alir algoritma *Z-thresh* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir algoritma *Z-Threshold*

C. Reorientasi Sistem Koordinat Sensor

Sensor akselerometer Android memiliki sistem koordinat yang relatif terhadap perangkat Android itu sendiri. Apabila perangkat tersebut bergerak atau disorientasi maka dapat mempersulit pengukuran data akselerometer. Untuk itu diperlukan suatu mekanisme yang dapat melakukan reorientasi dari sistem koordinat perangkat menjadi sistem koordinat pada kendaraan. Metode reorientasi dijelaskan pada penelitian Wolverine.

D. BIRCH Clustering

BIRCH (*Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies*) merupakan algoritma *unsupervised machine learning* yang melakukan *hierarchical clustering* pada *dataset* yang besar [5].

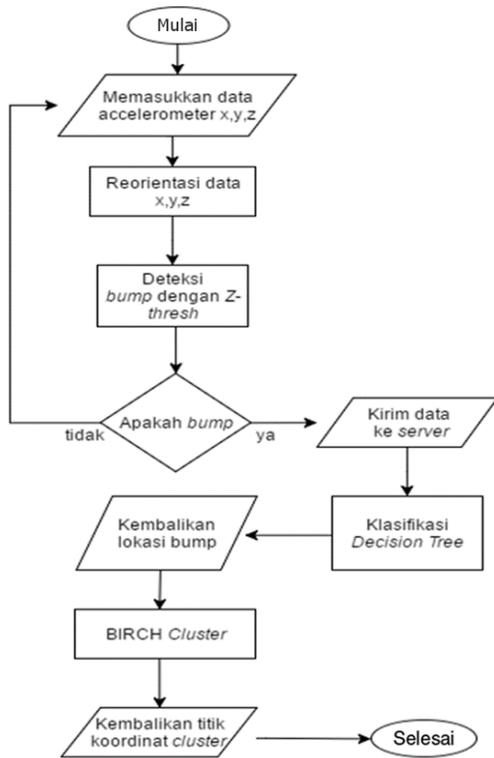
E. Decision Tree

Decision tree adalah metode klasifikasi yang mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan keputusan. *Decision tree* atau pohon keputusan juga memperhatikan faktor-faktor kemungkinan yang mempengaruhi proses pengambilan keputusan tersebut. Algoritma yang digunakan pada *decision tree* ini adalah *CART algorithm* [6].

F. Proses Data

Data yang dikirimkan berupa JSON berisi data akselerometer dan lokasi GPS. Pengiriman data JSON dari *smartphone* menuju *server* terjadi setiap kali terjadi *event* yakni ketika pengemudi mengalami lonjakan pada jalan.

Data yang dikirim adalah hasil data yang terekam selama 1,5 detik setiap terjadi *event*. Data tersebut kemudian diprediksi menggunakan klasifikasi dengan metode *decision tree*. Apabila benar maka lokasi data tersebut akan ditampilkan pada peta digital.



Gambar 3. Diagram alir proses data

Tabel 1.

Rangkuman hasil uji coba fungsionalitas

Nama Kasus Penggunaan	Hasil
Melihat peta digital	Berhasil
Mengumpulkan data	Berhasil
Memverifikasi data	Berhasil

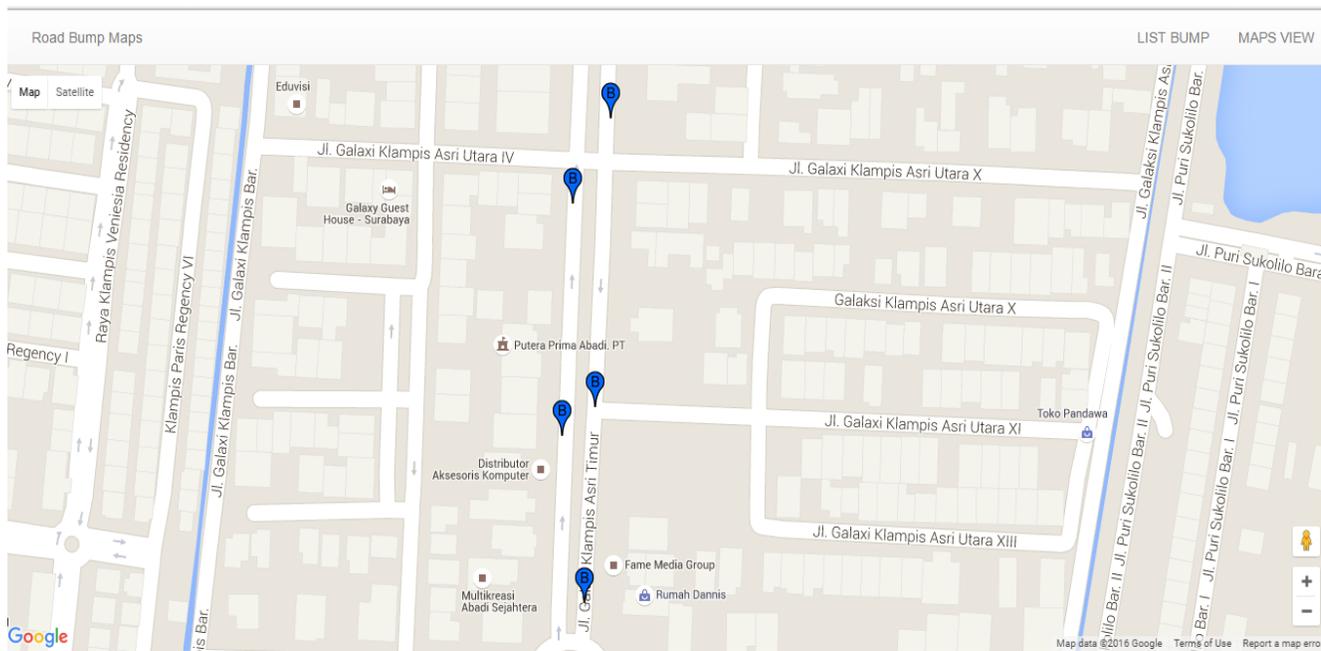
Pada peta digital koordinat lokasi polisi tidur juga akan di-cluster untuk titik-titik yang berdekatan (kurang dari 5-9 meter) menggunakan clustering dengan algoritma BIRCH. Diagram alir perancangan proses data ditunjukkan pada Gambar 3.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Fungsionalitas

Uji coba fungsionalitas adalah uji coba fungsi-fungsi yang berjalan pada aplikasi. Pengujian dilakukan oleh pengguna dengan tujuan untuk menjalankan aplikasi pemetaan lokasi bump dan melihat hasilnya peta digital. Hasil pengujian fungsionalitas dapat dilihat pada Tabel 1.

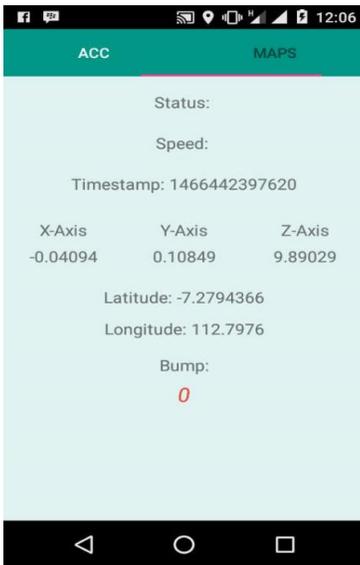
Hasil tampilan melihat peta digital ditunjukkan pada Gambar 4.



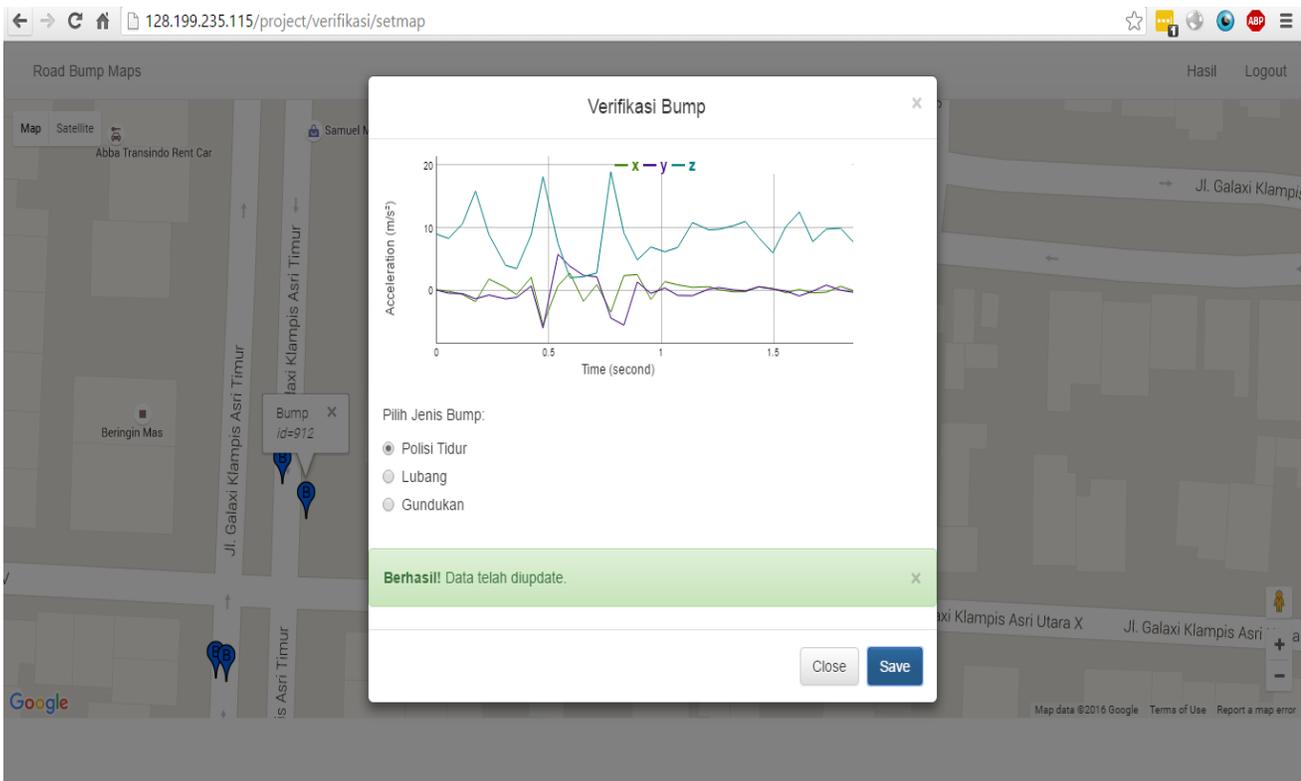
Gambar 4. Tampilan lokasi bump pada peta digital

Tampilan antarmuka utama aplikasi Android saat mengumpulkan data dapat dilihat pada Gambar 5. Pada layar Android ditampilkan nilai akselerometer, nilai latitude dan longitude, beserta jumlah bump yang telah diperoleh.

Gambar 6 menunjukkan tampilan pada halaman verifikasi data dapat. Pada halaman ini terdapat informasi grafik akselerasi pada bump beserta form untuk memilih jenis bump.



Gambar 5. Tampilan antarmuka utama aplikasi Android



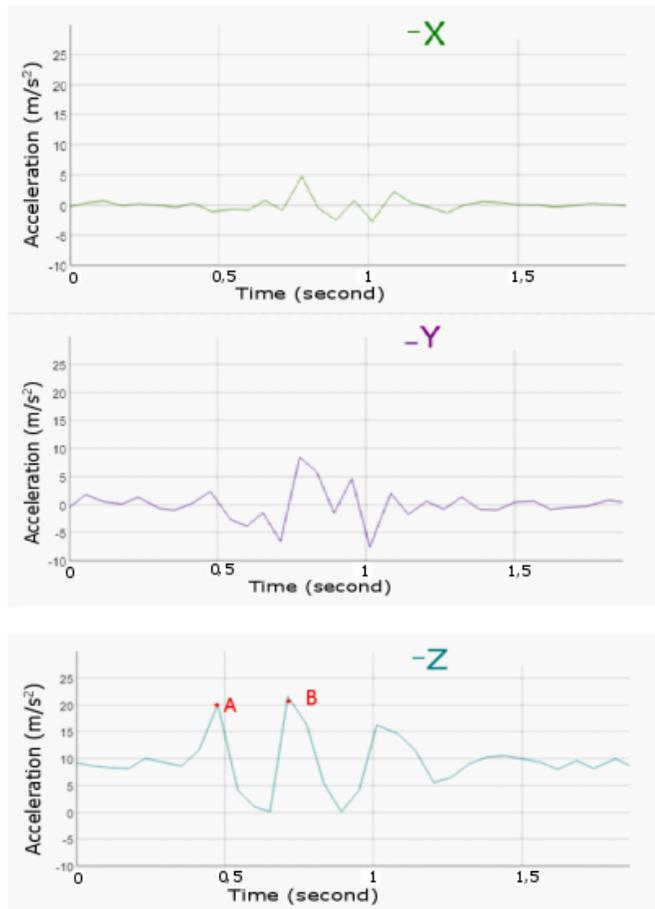
Gambar 6. Tampilan halaman verifikasi data

B. Analisa Data

Data akselerometer yang dianalisa adalah nilai yang diamati ketika pengendara melewati polisi tidur. Pada Gambar 7 menunjukkan nilai akselerometer pada saat melewati polisi tidur dengan kecepatan konstan 20 km/jam. Dapat dilihat nilai yang paling berpengaruh adalah nilai akselerasi pada sumbu z hal ini disebabkan saat melewati polisi tidur, kendaraan akan mengalami guncangan naik turun sebanyak dua kali.

Guncangan pertama pada titik A Gambar 7 adalah guncangan akibat roda depan motor mengenai polisi tidur kemudian pada titik B adalah guncangan akibat roda belakang

motor mengenai polisi tidur. Berdasarkan analisa ini maka pendeteksian *bump* dapat menggunakan algoritma *Z-Threshold*, yaitu mendeteksi terjadinya *bump* ketika nilai akselerometer pada sumbu z telah melewati nilai *threshold* tertentu.



Gambar 7 Grafik data akselerometer pada polisi tidur

Tabel 2.
Tata cara pengujian

Lokasi Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> Perumahan Galaksi Klampis (2.61km). Total <i>bump</i> = 12. Jenis jalan <i>paving</i>. Perumdos Blok U, dari Jalan Teknik Mesin sampai Blok U (1.11 km). Total <i>bump</i> = 10. Jenis jalan <i>paving</i>. Jalan Semolowaru (1.47 km). Total <i>bump</i> = 7. Jenis jalan aspal.
Metode yang Diuji	<ol style="list-style-type: none"> Z-<i>Thresh</i> <i>Decision tree</i>
Posisi Peletakan Smartphone	<ol style="list-style-type: none"> Kantong baju Tas Dipegang
Kecepatan Kendaraan	<ol style="list-style-type: none"> Pelan (5-15 km/jam) Sedang (15-30 km/jam) Cepat (lebih dari 35 km/jam)

C. Pengujian Akurasi

Uji coba akurasi deteksi polisi tidur dilakukan untuk mengetahui akurasi aplikasi dalam mendeteksi *bump*. Tata cara pengujian akurasi dijelaskan pada Tabel 2.

Pada Tabel 3 dapat dilihat skenario pengujian yang dilakukan. Skenario pengujian P-01 sampai P-09 diujikan untuk mengetahui pengaruh posisi *smartphone* terhadap akurasi aplikasi.

Pengujian P-15 sampai P-24 untuk mengetahui pengaruh kecepatan (cepat, sedang dan pelan) terhadap akurasi. Pengujian P-10 sampai P-15 dilakukan untuk mencari *threshold* yang lebih akurat.

Pengujian P-25 sampai P-30 dilakukan untuk menguji metode klasifikasi *decision tree* dapat meningkatkan akurasi atau tidak. Lokasi GK adalah Galaksi Kelampis sedangkan JS adalah Jalan Semolowaru.

Tabel 3.
Skenario pengujian

Pengujian	Lokasi	Z- <i>Thresh</i>	<i>Decision tree</i>	Kecepatan	Peletakan Smartphone
P-01	G. K.	18/2	-	sedang	k. baju
P-02	G. K.	18/2	-	sedang	tas
P-03	G. K.	18/2	-	sedang	k. baju
P-04	J. S.	18/2	-	sedang	k. baju
P-05	J. S.	18/2	-	sedang	tas
P-06	J. S.	18/2	-	sedang	dipegang
P-07	Blok-U	18/2	-	sedang	k. baju
P-08	Blok-U	18/2	-	sedang	tas
P-09	Blok-U	18/2	-	sedang	dipegang
P-10	G. K.	18/2	-	sedang	k. baju
P-11	G. K.	17/3	-	sedang	k. baju
P-12	J. S.	18/2	-	sedang	k. baju
P-13	J. S.	17/3	-	sedang	k. baju
P-14	Blok-U	18/2	-	sedang	k. baju
P-15	Blok-U	17/3	-	sedang	k. baju
P-16	G. K.	17/3	-	cepat	k. baju
P-17	G. K.	17/3	-	sedang	k. baju
P-18	G. K.	17/3	-	pelan	k. baju
P-19	J. S.	17/3	-	cepat	k. baju
P-20	J. S.	17/3	-	sedang	k. baju
P-21	J. S.	17/3	-	pelan	k. baju
P-22	Blok-U	17/3	-	cepat	k. baju
P-23	Blok-U	17/3	-	sedang	k. baju
P-24	Blok-U	17/3	-	pelan	k. baju
P-25	G. K.	17/3	-	sedang	k. baju
P-26	G. K.	17/3	✓	sedang	k. baju
P-27	J. S.	17/3	-	sedang	k. baju
P-28	J. S.	17/3	✓	sedang	k. baju
P-29	Blok-U	17/3	-	sedang	k. baju
P-30	Blok-U	17/3	✓	sedang	k. baju

Tabel 4.
Hasil uji coba

Kode Pengujian	<i>True Positives</i>	<i>False Positives</i>	<i>False Negatives</i>	Presisi	Sensitivitas
P-01	10	0	2	100,00%	83,33%
P-02	12	3	4	80,00%	75,00%
P-03	5	2	7	71,43%	41,67%
P-04	6	0	0	100,00%	100,00%
P-05	6	1	0	85,71%	100,00%
P-06	6	5	0	54,55%	100,00%
P-07	9	0	1	100,00%	90,00%
P-08	9	4	1	69,23%	90,00%
P-09	4	0	5	100,00%	44,44%
P-10	10	0	2	100,00%	83,33%
P-11	12	1	0	92,31%	100,00%
P-12	6	0	0	100,00%	100,00%
P-13	6	0	0	100,00%	100,00%
P-14	9	0	1	100,00%	90,00%
P-15	10	2	0	83,33%	100,00%
P-16	11	3	1	78,57%	91,67%
P-17	12	1	0	92,31%	100,00%
P-18	7	0	5	100,00%	58,33%
P-19	5	1	1	83,33%	83,33%
P-20	6	0	0	100,00%	100,00%
P-21	5	0	1	100,00%	83,33%
P-22	8	1	2	88,89%	80,00%
P-23	10	2	0	83,33%	100,00%

Kode Pengujian	True Positives	False Positives	False Negatives	Presisi	Sensitivitas
P-24	6	1	4	85,71%	60,00%
P-25	12	1	0	92,31%	100,00%
P-26	12	0	0	100,00%	100,00%
P-27	6	0	0	100,00%	100,00%
P-28	6	0	0	100,00%	100,00%
P-29	10	2	0	83,33%	100,00%
P-30	9	0	1	100,00%	90,00%

Hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel 4. Pada skenario pengujian P-01 sampai P-09 menunjukkan *smartphone* yang diletakkan pada kantong baju dan tas memiliki akurasi relatif 20,76% lebih besar dibandingkan ketika *smartphone* dipegang. Akurasi yang paling baik pada skenario ini adalah ketika *smartphone* diletakkan di kantong baju yaitu 12,30% lebih besar dibandingkan ketika *smartphone* diletakkan di dalam tas.

Sensitivitas aplikasi ketika dipegang berkurang karena posisi tangan yang stabil (mempertahankan titik seimbang) saat guncangan terjadi sehingga vibrasi tidak sebesar dibandingkan pengujian aplikasi jika *smartphone* diletakkan di tas atau kantong baju. Presisi juga dapat berkurang apabila kondisi tangan tidak stabil (bergerak) saat memegang *smartphone* sehingga dapat menimbulkan lebih banyak *false positif*.

Pada skenario pengujian P-10 sampai P-15 menunjukkan akurasi (sensitivitas) *threshold* 17/3 relatif 8,12% lebih besar dibandingkan *threshold* 18/2. Sedangkan presisi pada *threshold* 17/3 lebih rendah 8,80% dibandingkan dengan *threshold* 18/2.

Pada skenario pengujian P-16 sampai P-24 menunjukkan akurasi rata-rata aplikasi pada kecepatan sedang dan cepat lebih besar 8,89% dibandingkan dengan akurasi pada kecepatan pelan. Akurasi pada kecepatan sedang memiliki akurasi relatif 11,64% lebih baik dibandingkan pada kecepatan cepat. Pada skenario pengujian P-25 sampai P-30 menunjukkan klasifikasi *decision tree* meningkatkan rata-rata akurasi (presisi) sebesar 12,18%.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Sensor pada *smartphone* Android dapat digunakan untuk mendeteksi *bump*.
- Peta digital dapat menampilkan lokasi *bump* dan mengestimasi posisinya menggunakan metode *clustering* pada titik-titik koordinat yang berdekatan
- Kecepatan dengan akurasi yang baik berdasarkan uji coba adalah pada kecepatan sedang atau cepat.
- Peletakan posisi *smartphone* didalam kantong atau tas memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan jika *smartphone* dipegang karena posisi tangan yang stabil (mempertahankan titik seimbang) saat guncangan terjadi sehingga vibrasi lebih kecil.
- Algoritma pendeteksi *bump* yang digunakan adalah *Z-Threshold* dengan nilai *threshold* dengan akurasi terbaik sebesar 17 pada batas atas dan 3 pada batas bawah.
- Dari kombinasi kedua metode tersebut diperoleh nilai akurasi rata-rata sebesar 89,48%.

DAFTAR PUSTAKA

- J. Eriksson, L. Girod, B. Hull, R. Newton, S. Madden and H. Balakrishnan, "The Pothole Patrol: Using a Mobile Sensor Network for Road Surface Monitoring," *The Sixth Annual International conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys 2008)*, pp. 29-39, 2008.
- K. Chen, G. Tan, M. Lu and J. Wu, "CRSM: a practical crowdsourcing-based road surface monitoring system," *Wireless Networks*, pp. 765-779, 2016.
- R. Bhoraskar, N. Vankadhara, B. Raman and P. Kulkarni, "Wolverine: Traffic and road condition estimation using smartphone sensors," *2012 Fourth International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS 2012)*, pp. 1 - 6, 2012.
- A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris and G. Kanonirs, "Real time pothole detection using Android smartphones with accelerometers," *2011 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops (DCOSS)*, pp. 1-6, 2011.
- T. Zhang, R. Ramakrishnan and M. Livny, "BIRCH: An Efficient Data Clustering Method for Very Large Databases," *Proceedings of the 1996 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, pp. 103-114, 1996.
- L. Breiman, J. Friedman, R. Olshen and C. J. Stone, *Classification and Regression Tree*, Pacific California: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1984.