

# **Pengukuran Kedalaman dan Koordinat Jalan Berlubang Menggunakan Sensor Ultrasonik dan GPS Berbasis *Internet Of Things* (IoT)**

Phisca Aditya Rosyady<sup>\*</sup>, Fadil Fajeri, M. Andika Agustian  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan  
Yogyakarta

<sup>\*</sup> email: phisca.aditya@te.uad.ac.id

## ***Abstract***

*The development of the world of transportation in Indonesia is growing very rapidly, especially in the field of land transportation. This can be seen from the number of motorized vehicles, both cars, and motorcycles in Indonesia, which continues to increase from year to year. According to data from Badan Pusat Statistik (BPS), the number of motorized vehicles reached 126,508,776 units, the data increased 5.9 percent from the previous year 2017 wherein that year the number of motorized vehicles was 118,922,708 units. The problem that still often occurs for land transportation infrastructure is that there are still many damaged roads such as potholes, so prevention is needed by recording road damage data such as the depth of holes during manual recording, so in this study, we discuss how to measure these holes using ultrasonic sensors integrated with GPS data to record the location of potholes. The result is that the measurement error using ultrasonic is 4.9 %. Meanwhile, for the results of testing the GPS data, the error in latitude data is 0.00061 %, the data for longitude error is 0.00004 %.*

*Keywords* — Road, Pothole, Ultrasonic, GPS, ThingSpeak

## **1. Pendahuluan**

Perkembangan dunia transportasi di Indonesia sangatlah pesat khususnya dalam bidang transportasi darat. Hal tersebut dapat dilihat dari jumlah kendaraan bermotor baik mobil maupun sepeda motor yang ada di Indonesia yang terus naik dari tahun ke tahun. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Jumlah kendaraan bermotor mencapai 126.508.776 unit data tersebut naik 5, 9 persen dari tahun sebelumnya 2017 di mana pada tahun tersebut jumlah total kendaraan bermotor adalah 118.922.708 unit [1].

Dengan laju perkembangan kendaraan motor yang sangat pesat tentu harus diimbangi dengan infrastruktur yang memadai. Salah satu jenis infrastruktur yang sangat vital perannya adalah jalan. Jalan memiliki peranan penting dan berdampak positif dalam sektor ekonomi [2], karena berperan untuk mendistribusikan faktor produksi barang dan jasa selain itu dengan adanya jalan yang memadai kegiatan mobilitas manusia sebagai pelaku ekonomi juga bisa berjalan dengan baik dan lancar [3]. Permasalahan yang masih sering terjadi untuk infrastruktur transportasi darat salah satunya adalah masih banyaknya jalanan yang rusak seperti jalanan yang berlubang [4]. Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa penyebab kecelakaan lalu lintas tahun 2013 akibat jalan yang rusak atau berlubang mencapai angka 26 persen [5].

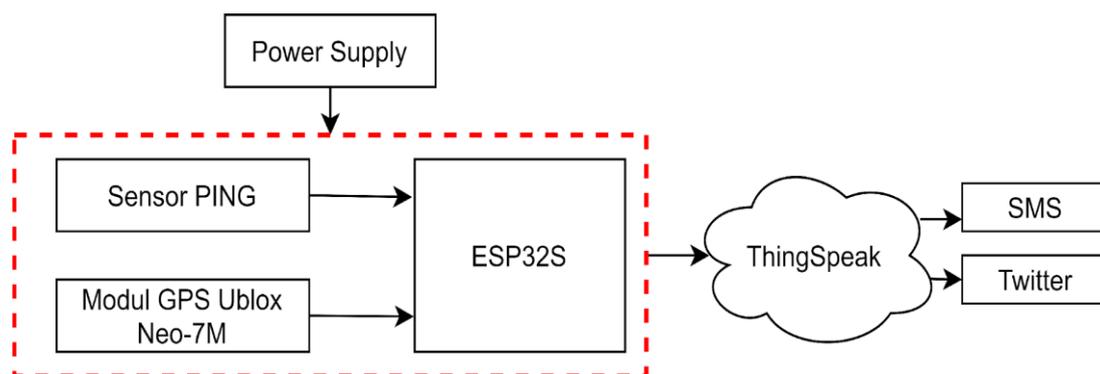
Pada puncak musim penghujan seperti pada bulan Januari sampai Februari tentu membuat jalan rusak dan berlubang semakin parah, hal tersebut karena banyak genangan air pada aspal sehingga perlu pemetaan dan pendataan jalan yang rusak. Selama ini khususnya di wilayah Yogyakarta survei yang dilakukan masih menggunakan metode manual dalam pendataan jalan yang rusak. Proses pencatatan dan pendeteksian yang manual dapat membuat pekerjaan semakin lama dan kurang efektif [6]. Dalam penelitian sebelumnya sudah sering

dibahas tentang deteksi luas lubang jalan akan tetapi untuk kedalaman lubang masih sedikit yang meneliti padahal kedalaman lubang jalan juga merupakan data yang penting dalam pencatatan kerusakan jalan. Selain itu deteksi koordinat lokasi keberadaan lubang jalan juga menjadi hal yang penting untuk melacak lokasi-lokasi jalan berlubang. Penelitian sebelumnya melaporkan kerusakan jalan secara otomatis dengan memanfaatkan akselerometer dan GPS pada smartphone. Aplikasi pendeteksi jalan rusak memanfaatkan akselerometer dan GPS untuk mengumpulkan data jalan, kemudian menganalisis data yang terkumpul untuk mendapatkan informasi titik-titik kerusakan [7].

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Diagram Blok

Dalam diagram blok pada Gambar 1, menunjukkan sistem secara keseluruhan. Pada sistem tersebut ESP32 berfungsi sebagai pemroses utama, sedangkan sensor ping berfungsi untuk mengukur kedalaman lubang. Prinsipnya adalah sensor ping tersebut akan mengirimkan gelombang frekuensi tertentu yang melebihi jangkauan pendengaran manusia. Frekuensi yang dipancarkan sensor ping nilainya sebesar 40 kHz [8][9] dan ketika ada objek yang terkena gelombang tersebut maka gelombang tersebut akan dipantulkan dan akan diterima kembali oleh sensor, proses pemantulan inilah yang dimanfaatkan untuk mendapatkan jarak antara sensor dengan objek tersebut.

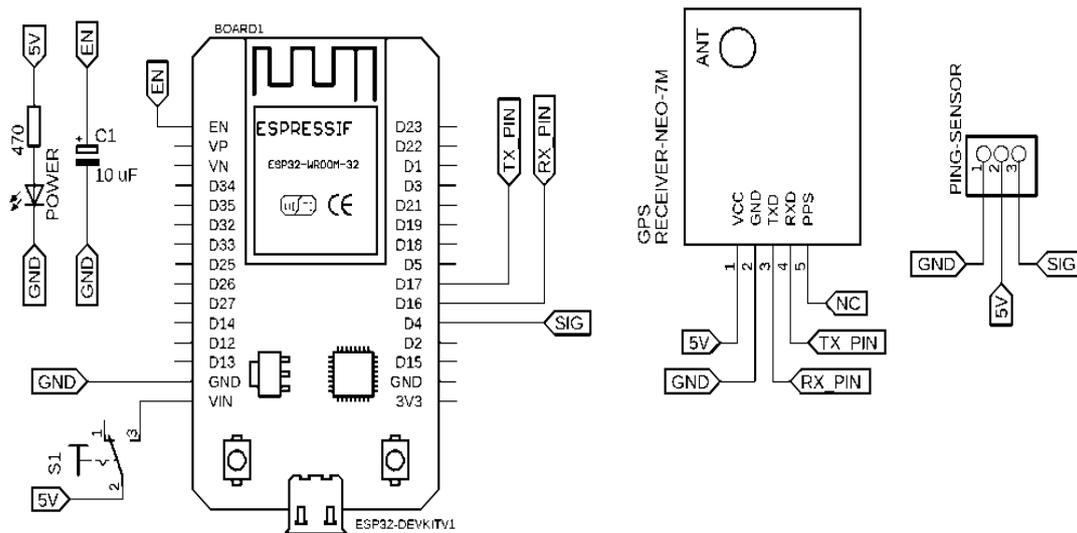


Gambar 1. Diagram Blok

Sensor ping memiliki kemampuan membaca jarak dengan tanpa kontak langsung dengan rentang pengukuran 2 cm sampai 300 cm [10][11]. Modul GPS ublox Neo-7M berfungsi sebagai penerima (*receiver*) sinyal GPS (*Global Positioning System Receiver*) dalam menangkap dan memproses sinyal dari satelit, sehingga dapat mendeteksi lokasi suatu objek. Data dari sensor akan dikirim ke internet dengan menggunakan platform ThingSpeak. Dalam perancangan ini, penulis memanfaatkan *platform* ThingSpeak untuk menyimpan data dan menampilkan dalam bentuk grafik, untuk notifikasi ketika ada lubang yang terdeteksi sistem akan mengirimkan pesan melalui SMS (*Short Message Service*). Selain itu, sistem juga akan otomatis melakukan *tweet* dengan akun *twitter* yang telah diintegrasikan dengan ThingSpeak.

### 2.2. Skematik Rangkaian

Pada sistem pengkabelan (*wiring*) yang dijelaskan pada Gambar 2, modul GPS Neo-7M dihubungkan dengan ESP32 pada modul tersebut ada 4 *pin* (*vcc*, *gnd*, *rx* dan *tx*) pada *vcc* modul GPS dihubungkan *pin vin* ESP32, sedangkan untuk *gnd* dihubungkan ke *pin ground* dan untuk *pin rx* dihubungkan pada *pin D16* kemudian pada *pin tx* dihubungkan pada *pin D17*.



Gambar 2. Wiring diagram

Konfigurasi ESP dengan GPS Neo-7M ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Konfigurasi ESP dengan GPS Neo-7M**

ESP32	Modul GPS Neo-7M
VIN	5 V
GND	GND
D16 (RX2)	TX_PIN
D17 (TX2)	RX_PIN

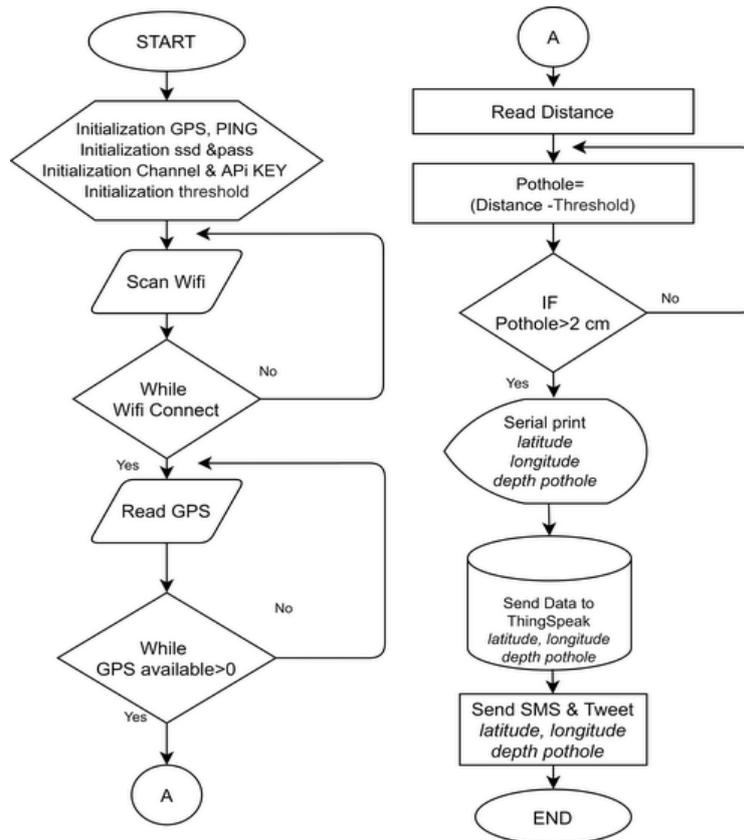
Sedangkan Ping memiliki 3 pin gnd (*ground*, 5V (*vcc*) dan *signal* [12]. Untuk penyambungan pin gnd dihubungkan ke pin ground pada ESP32, 5v dihubungkan pada pin vin, sedangkan untuk pin sig dapat disambungkan dengan pin D4 pada ESP32. Konfigurasi ESP dengan sensor PING ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Konfigurasi ESP dengan PING**

ESP32	Sensor PING
VIN	5 V
GND	GND
D4	SIG

### 2.3. Perancangan *Flowchart*

Diagram alir atau sering disebut dengan *flowchart* berfungsi untuk menjelaskan alur kerja dari suatu sistem atau untuk menjabarkan algoritma proses dari sebuah mesin yang dibuat dengan simbol-simbol tertentu yang dihubungkan dengan anak panah sehingga membentuk sebuah alur proses atau alur kerja. Diagram alir dari sistem deteksi kedalaman lubang dengan ultrasonik dan GPS ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3 bahwasanya sistem ini menggunakan wifi untuk terkoneksi ke jaringan internet, apabila sistem tidak terkoneksi ke jaringan internet maka proses berikutnya tidak akan bisa berjalan, sehingga ESP akan melakukan *scanning* wifi secara terus-menerus sampai wifi yang ada di sekitar terdeteksi dan terhubung dengan ESP32. Pada saat ESP sudah terkoneksi dengan wifi maka GPS Neo-7M akan dibaca oleh mikrokontroler dalam hal ini adalah ESP32-S, ketika GPS neo-7m ini sudah menerima sinyal yang ditandai dengan *indikator* hijau yang berkedip dengan interval tertentu artinya GPS sudah bisa diakses oleh ESP32. Proses tersebut akan berulang sampai sinyal GPS sudah aktif. Biasanya sinyal GPS akan susah aktif di lokasi yang dikelilingi gedung tinggi atau daerah dengan banyak pepohonan yang rimbun di sekitarnya. Pada saat wifi terhubung dan GPS aktif maka sistem akan memerintahkan sensor ping untuk membaca jarak. Prinsipnya adalah sensor ping tersebut akan mengirimkan gelombang frekuensi tertentu dan ketika ada objek yang terkena gelombang tersebut maka gelombang tersebut akan dipantulkan dan akan diterima kembali oleh sensor, proses pemantulan inilah yang dimanfaatkan untuk mendapatkan jarak antara sensor dengan objek tersebut. Persamaan untuk mendapatkan jarak dengan sensor ping dapat dicari menggunakan Persamaan (1) dan (2) [13].

$$Range (cm) = \frac{Time\ of\ Flight}{Speed\ of\ Sound} \quad (1)$$

$$Range (cm) = \frac{Time\ of\ Flight}{58,8\ \mu s} \quad (2)$$

- *Time of Flight* adalah waktu yang dibutuhkan gelombang pada saat dipancarkan sampai gelombang tersebut diterima kembali.

- Kecepatan ultrasonik yang merambat di udara adalah 344.424 m/s [14], sehingga untuk 1 cm memerlukan 0,0000294 s (29,4  $\mu$ s). Karena proses tersebut terdapat *transmit-receive* atau memancarkan dan menerima maka waktu yang dibutuhkan adalah 2 kali, sehingga untuk memperoleh jarak 1 cm diperlukan waktu  $29,4 \mu\text{s} * 2 = 58,8 \mu\text{s}$ .

Kemudian, untuk memperoleh kedalaman lubang sensor, dapat dicari dengan rumus nilai hasil jarak pembacaan sensor ping dikurangi dengan nilai *threshold*. Nilai *threshold* pada penelitian ini adalah 13 cm, nilai ini didapatkan dari nilai jarak antara sensor dengan *ground* (aspal/tanah). Pada sistem ini akan mengirimkan data *Latitude* dan *Longitude* dan kedalaman lubang ke ThingSpeak apabila terdeteksi kedalaman lubang. Selain mengirimkan data pada ThingSpeak sistem juga akan mengirimkan data berupa data *Latitude* dan *Longitude* serta kedalaman lubang melalui SMS ke nomor yang sudah diset dalam program dan untuk notifikasi tidak hanya melalui SMS, akan tetapi juga melalui *tweet* di aplikasi twitter dengan akun yang sudah dibuat khusus untuk penelitian ini.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, jalan berlubang untuk menguji sistem berjumlah 10 lokasi yang dipilih secara random di wilayah Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta.

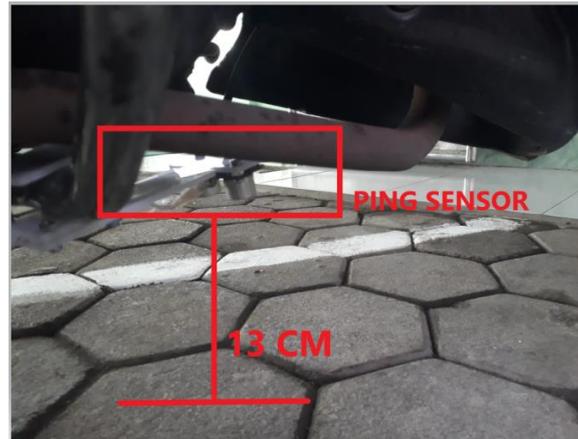
#### 3.1 Implementasi Alat

Pada pengujian ini *hardware* ditempatkan pada sepeda motor, sehingga untuk pengujiannya sepeda motor akan melewati lubang lubang jalan kemudian sensor akan mendeteksi kedalaman lubang jalan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Implementasi alat

Pada Gambar 4, sensor ultrasonik di tempatkan di bawah mesin menggunakan bracket acrylic. Penempatan di bawah mesin dan posisinya di tengah-tengah sepeda motor berfungsi untuk mendapatkan hasil yang optimal dari pembacaan sensor, ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Threshold* sensor dengan ground

### 3.2 Pengujian Kedalaman Lubang

Pengujian ini untuk menentukan kedalaman sebuah jalan yang berlubang yang dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik ping sensor sebagaimana Gambar 6. Data pengukuran tersebut akan dibandingkan dengan pengukuran manual dengan mistar sebagai nilai referensi, sehingga dapat diketahui persentase kesalahan dari pengukuran kedalaman lubang.



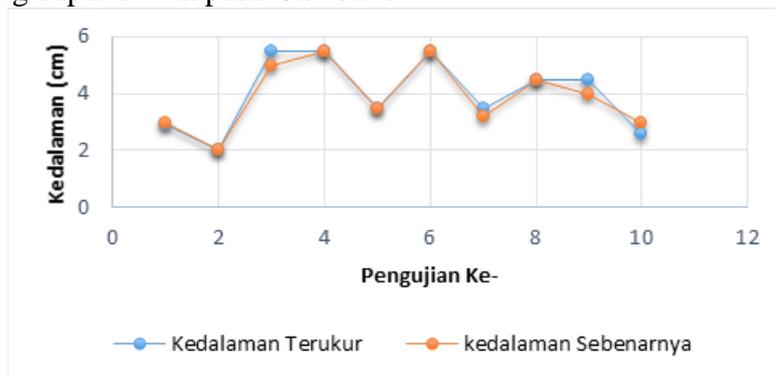
Gambar 6. Pengujian kedalaman lubang

Pengukuran kedalaman lubang dilakukan dalam posisi diam untuk menentukan kedalaman sebuah jalan yang berlubang yang dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik ping sensor. Data pengukuran tersebut akan dibandingkan dengan pengukuran manual dengan mistar sebagai nilai referensi, sehingga dapat diketahui persentase kesalahan dari pengukuran ke dalam lubang yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran Kedalaman Lubang dalam Posisi Diam

No	Pengukuran Ultrasonik (cm)	Pengukuran Mistar (cm)	Error (%)
1	2,89	3	3,62
2	2,02	2	0,89
3	5,50	5	10
4	5,50	5,5	0
5	3,50	3,5	0,01
6	5,50	5,5	0,002
7	3,50	3,2	9,38
8	4,50	4,5	0,0002
9	4,50	4	12,5
10	2,61	3	13,006
Jumlah rata-rata error = $\frac{\sum Error\ data}{Banyak\ data}$			4,94

Pada pengukuran kedalaman lubang dengan sensor ultrasonik (ping sensor), hasilnya didapatkan *error* atau persentase kesalahan rata-rata sebesar 4,94%. Grafik hasil pengujian kedalaman lubang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil pengujian kedalaman lubang

### 3.3 Pengujian Modul GPS data *Latitude* dan *Longitude*

Hasil pengujian Modul GPS data *Latitude* yang ditunjukkan dalam Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Data Latitude

Pengujian ke-	Latitude Modul GPS (°)	Latitude Google Maps (°)	Error (%)
1	-7.770980	-7.7709685	0,000147987
2	-7.762779	-7.7627124	0,000857948
3	-7.762895	-7.7628832	0,000152005
4	-7.763368	-7.7634264	0,000752245
5	-7.763626	-7.7635872	0,000499769
6	-7.763895	-7.7640313	0,001755531
7	-7.764050	-7.7640784	0,000365787
8	-7.767836	-7.7678577	0,000279356
9	-7.767972	-7.7680329	0,000783982
10	-7.768146	-7.7681887	0,000549678
Jumlah Rata-Rata Error = $\frac{\sum Error\ data}{Banyak\ data}$			0,000614429

Kemudian, hasil pengujian Modul GPS data *Longitude* ditunjukkan pada Tabel 5.

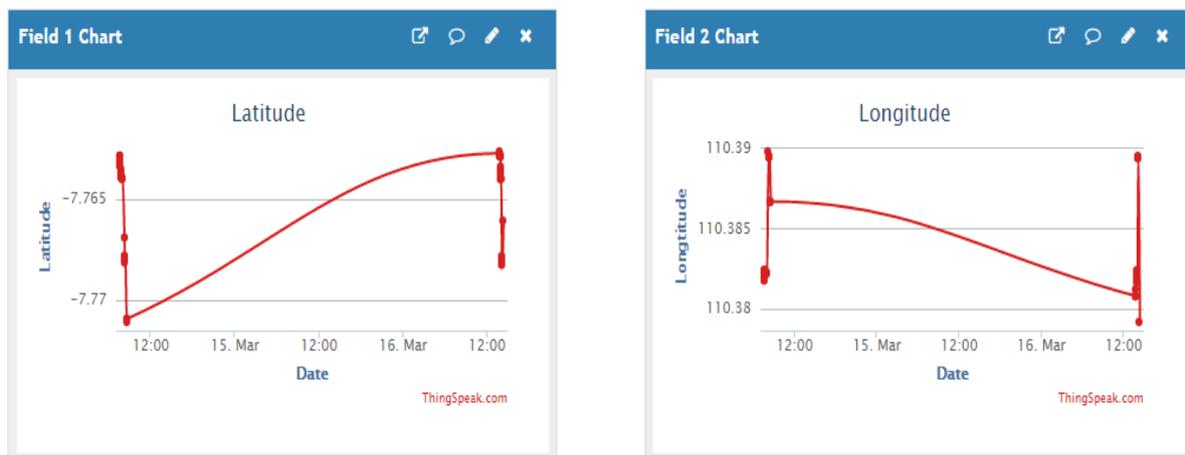
Tabel 5. Data *Longitude*

Pengujian ke-	Longitude Modul GPS (°)	Longitude Google Maps (°)	Error (%)
1	110.386638	110.3866263	0,0000105991
2	110.381272	110.3812472	0,0000224676
3	110.381775	110.381812	0,0000335200
4	110.382396	110.3823827	0,0000120490
5	110.382260	110.3822829	0,0000207461
6	110.382106	110.3821904	0,0000764616
7	110.382169	110.3821142	0,0000496457
8	110.389445	110.3894042	0,0000369601
9	110.389419	110.3894635	0,0000403118
10	110.389386	110.3892826	0,0000936685
Jumlah Rata-Rata Error = $\frac{\sum \text{Error data}}{\text{Banyak data}}$			0,0000396430

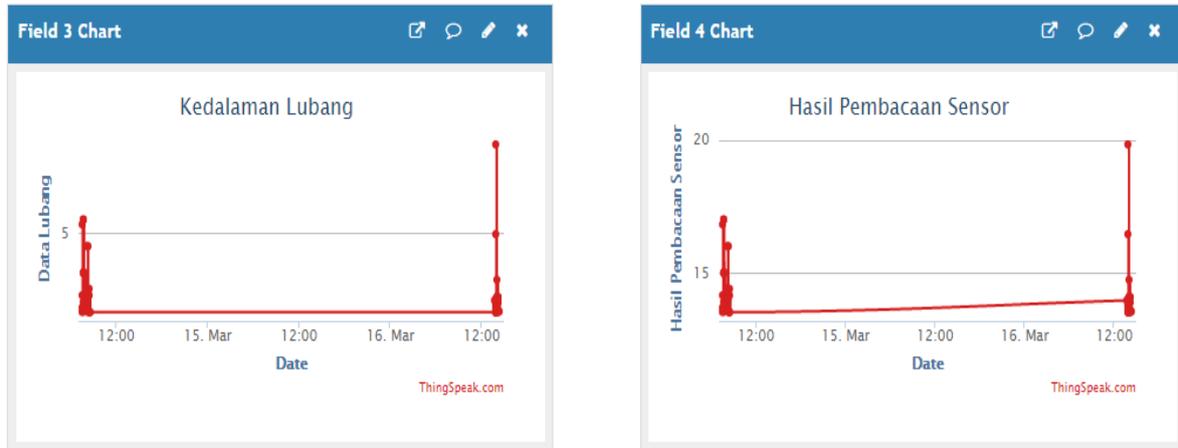
Pada pengujian ini, didapatkan *Latitude* dan *Longitude* yang merupakan data sistem koordinat geografis yang berfungsi untuk menentukan suatu lokasi di permukaan bumi. Berdasarkan pengujian modul GPS didapatkan *error* untuk data *Latitude* sebesar 0,000614429%, sedangkan *error* pada data *Longitude* sebesar 0,0000396430%. Sehingga, modul GPS dalam hal ini adalah Ublox Neo-7m hasilnya cukup akurat.

### 3.4 Pengujian dengan ThingSpeak

ThingSpeak adalah sebuah platform *Internet of Things* (IoT) dan API yang dapat digunakan untuk menyimpan, memvisualisasi serta menganalisis data dengan memanfaatkan protokol HTTP melalui internet atau jaringan area lokal [15]. Dalam perancangan ini, penulis memanfaatkan platform ThingSpeak untuk menyimpan data dari sensor ultrasonik dan modul GPS dan menampilkan dalam bentuk grafik, ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Dalam menghubungkan ESP dengan ThingSpeak maka dibutuhkan sebuah Write API Key. Kode tersebut dapat didapatkan ketika sudah berhasil membuat *channel* pada ThingSpeak.



Gambar 8. Tampilan data *Latitude* dan *Longitude* pada ThingSpeak



Gambar 9. Tampilan kedalaman lubang dan data pembacaan sensor pada ThingSpeak

### 3.5 Notifikasi dengan Twitter dan SMS

Sistem akan mendeteksi lubang secara otomatis dengan menggunakan sensor ping, apabila ada lubang yang terdeteksi maka secara otomatis sistem akan mengirimkan notifikasi melalui twitter dan SMS. Pada sistem ini lubang yang akan di kirimkan ke twitter dan SMS adalah lubang yang terdeteksi lebih dari 2 cm hal tersebut karena di jalanan khususnya di Yogyakarta tidak semua jalanan benar-benar rata namun seringkali terdapat jalan yang bergelombang atau kontur yang tidak rata. Berikut adalah tampilan twitter dari sistem ketika mendeteksi adanya lubang jalan, ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Notifikasi pada Twitter

Selain menggunakan twitter, sistem juga mengirimkan notifikasi melalui SMS. Tampilan pesan sistem ketika mendeteksi adanya lubang jalan ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Notifikasi pada SMS

#### 4. Kesimpulan

Dalam pengujian ini di dapatkan *threshold* jarak antara sensor dengan *ground* atau aspal sebesar 13 cm. Tidak semua lubang yang terdeteksi akan disimpan dan ditampilkan datanya, karena dalam sistem ini hanya lubang yang lebih dari 2 cm yang akan diolah datanya. Berdasarkan pengujian kedalaman lubang jalan dalam penelitian ini menggunakan ping sensor didapatkan didapatkan *error* sebesar 4,94 %. Nilai error GPS Ublox Neo-7M untuk data *latitude* adalah 0,0006 %, sedangkan data *longitude* 0,00004 %. Ketika terdapat lubang yang terdeteksi maka selain ditampilkan dalam *dashboard* ThingSpeak, sistem juga akan memberikan notifikasi melalui SMS (*Short Message Service*) serta secara otomatis akan melakukan *tweet* (posting) dengan akun twitter yang sudah didaftarkan pada akun ThingSpeak.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas peran serta dalam penelitian ini kepada Tim Riset di Laboratorium Telekomunikasi dan Frekuensi Tinggi, Prodi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan dan dukungan dana Bappeda Pemerintah Kota Yogyakarta melalui skema Penelitian Tematis 2021.

#### Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik (2018). Statistik Transportasi Darat 2018. *Diambil dari Jakarta: BPS RI/BPS-StatisticsIndonesia: <https://www.bps.go.id/publication/2019/11/27/7fdd3379108b4a60e046f4c8/statistik-transportasi--darat--2018>*.
- [2] Irefan, S., & Adry, M. R. (2018). Pengaruh Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *ECOsains: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Pembangunan*, 7(1), 57-66.
- [3] Rusmusi, I. M. P., & Handayani, D. R. (2018). Pengaruh Investasi Infrastruktur Jalan, Air, dan Pendidikan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Jawa Tengah Tahun 2011-2015. *Jurnal Ekonomi, Bisnis, dan Akuntansi*, 20(3).
- [4] Budiarto, P. Y., & Sutikno, S. (2017). Deteksi Objek Lubang pada Citra Jalan Raya menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Komputer Terapan*, 3(2), 109-118.
- [5] Djaja, S., Widyastuti, R., Tobing, K., Lasut, D., & Irianto, J. (2016). Gambaran kecelakaan lalu lintas di Indonesia Tahun 2010-2014. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 15(1), 30-42.
- [6] Hidayatullah, P., Ferizal, F., Ramadhan, R. H., Qadarsih, B., & Mulyawan, F. (2012). Pendeteksian Lubang di Jalan Secara Semi-Otomatis. *Sigma-Mu (Jurnal Penelitian & Gagasan Sains Dan Matematika Terapan)*, 4(1), 41-51.
- [7] Hartono, Rudi & Wibisono, Yudi & Sukamto, Rosa. (2017). Damropa (Damage Roads Patrol): Aplikasi Pendeteksi Jalan Rusak Memanfaatkan Accelerometer pada Smartphone. [10.31219/osf.io/yekpr](https://doi.org/10.31219/osf.io/yekpr).
- [8] Siswono, H. (2020). Glasses for the blind using ping ultrasonic, ATMEGA8535 and ISD25120. *Telkonnika*, 18(2).
- [9] Kuantama, E., Mardjoko, P., & Saraswati, M. A. (2013, November). Design and Construction of Early flood warning system through SMS based on SIM300C GSM modem. In *2013 3rd International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology and Biomedical Engineering (ICICI-BME)* (pp. 115-119). IEEE.
- [10] Stănescu, T., Moldovan, E. C., & Dolga, V. (2014). Effects Of The Environment Temperature on The Characteristic of Parallax Ping Ultrasonic Sensor. *Robotica & Management*, 19(2).

- [11] Hnat, T. W., Griffiths, E., Dawson, R., & Whitehouse, K. (2012, November). Doorjamb: unobtrusive room-level tracking of people in homes using doorway sensors. In *Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems* (pp. 309-322).
- [12] Tarulescu, R. (2013). Usage of Parallax ultrasonic sensors in distance measurements. *tc*, 500, 1.
- [13] Pratama, H., Haritman, E., & Gunawan, T. (2012). Akuisisi data kinerja sensor ultrasonik berbasis sistem komunikasi serial menggunakan mikrokontroler atmega 32. *electrans*, 11(2), 36-43.
- [14] Yuliandoko, H., Wardhany, V. A., Pramono, S. H., & Siwindarto, P. (2017, November). Design of flooding detection system based on velocity and water level DAM with ESP8266. In *2017 2nd International conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)* (pp. 396-401). IEEE.
- [15] Chwalisz, M. (2016). ThingSpeak Documentation. *SL ThingSpeak*.