

SISTEM PEMANTAUAN GETARAN PADA JALUR *SOFT TRACK* SECARA ONLINE

Erna Kusuma Wati¹, Hari Hadi S², Ayu Maharani³, Fraska Anagga⁴
Teknik Fisika, Universitas Nasional
ernakusuma.w@gmail.com

Submitted November 12, 2020; Revised December 1, 2020; Accepted December 2, 2020

Abstrak

Seiring dengan pengembangan infrastruktur jalan tol, perlu kita antisipasi dan melakukan pemantauan efek yang ditimbulkannya, terutama bagi penduduk yang tinggal disekitar jalur tol. Efek getaran yang ditimbulkan oleh lalu lalang kendaraan dapat mengganggu kesehatan penduduk, jika melewati Batas Ambang Maksimal. Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini akan merancang alat ukur getaran yang dapat dipantau secara online getaran (percepatan) tersebut. Alat ukur getaran telah dirancang dengan menggunakan sensor accelerometer MMA7361, Pengiriman data dilakukan secara online menggunakan modul WiFi ESP8266 dan menggunakan sumber WiFi hotspot portable dari telepon selular. Pengukuran dilakukan selama sekitar 30 menit di tepi ruas jalan tol Jakarta-Serpong tepatnya di Km-11. Dengan menggunakan 4 buah sensor pengukuran getaran maka dilakukan variasi jarak sensor terhadap ruas jalan tol, jarak masing-masing antar sensor adalah sejauh 3 meter. Hasil pengukuran dan pengujian terhadap getaran kendaraan yang melintas di jalan tol sepong-Jakarta pada keempat sensor menunjukkan nilai percepatan $<0,45\text{m/s}^2$. Hasil pengukuran terhadap getaran kendaraan yang melintas di jalan tol Jakarta-Serpong Km 11 menunjukkan nilai percepatan yang dihasilkan adalah $<0,45\text{m/s}^2$. berdasarkan tingkat resiko terhadap paparan getaran bagi kesehatan nilai percepatan tersebut berada dalam kategori rendah sehingga jarak jalur tol berada pada zona aman bagi kesehatan penduduk disekitar

Kata Kunci : soft track, accelerometer, MMA 7361, paparan getaran

Abstract

Along with the development of toll road infrastructure, we need to anticipate and monitor the effects it causes, especially for residents living around toll roads. The impact of vibrations caused by passing vehicles can disturb the health of the population if it crosses the Maximum Threshold. Based on this, during this research, we will design a vibration measuring device that can be monitored online by the vibration (acceleration). The vibration meter has been designed using the MMA7361 accelerometer sensor. Data transmission is carried out online using the ESP8266 WiFi module and using a portable WiFi hotspot source from a cellular phone. The measurement was carried out for about 30 minutes at the edge of the Jakarta-Serpong toll road, precisely at Km-11. By using four vibration measurement sensors, the sensor distance variations are carried out on toll roads, the distance between each sensor is as far as 3 meters. The results of measurement and testing of vehicle vibrations passing on the Sepong-Jakarta toll road on the four sensors show an acceleration value of $<0.45\text{m} / \text{s}^2$. The measurement results of the vibration of vehicles passing on the Jakarta-Serpong Km 11 toll road show that the resulting acceleration value is $<0.45\text{m} / \text{s}^2$. Based on the level of risk of exposure to vibration for health, the acceleration value is in a low category so that the toll lane distance is in a safe zone for the health of the surrounding population.

Key Words : soft track, accelerometer, MMA 7361

1. PENDAHULUAN

Jalan tol merupakan infrastruktur yang sedang berkembang saat ini untuk memudahkan dalam sarana transportasi

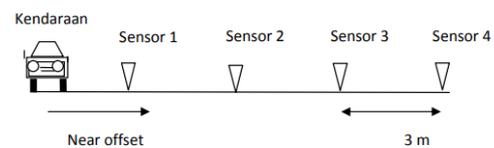
dalam kota, maupun lintas provinsi. Sehingga perlu kita antisipasi dan melakukan pemantauan efek yang ditimbulkannya, terutama bagi penduduk

yang tinggal disekitar jalur tol [1]. Efek getaran yang ditimbulkan oleh lalu lalang kendaraan dapat mengganggu kesehatan penduduk, jika melewati Batas Ambang Maksimal [2].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pada penelitian akan dilakukan perancangan dan pengukuran mengenai besarnya pengaruh percepatan getaran yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor disekitar tol [3] dengan menggunakan sensor getar accelerometer MMA7361. Penelitian ini juga merupakan pengembangan penelitian yang dilakukan dalam pemantauan getaran pada jalur kereta api *hard track* [4]. Pengukuran dilakukan berdasarkan pada kendaraan yang melintas dengan membawa muatan yang berat dan ringan disertai kecepatan yang tinggi, namun tepatnya berapa kecepatan dan berat yang sebenarnya tidak diketahui. Rencana pengukuran akan dilakukan pada area tepi bahu jalan tol yang terletak sekitar 3 m dari as lajur lambat. Pengiriman data akan dilakukan secara online menggunakan modul wifi ESP 8266 dan web server sebagai penampil data sehingga data hasil pengukuran dapat dipantau secara jarak jauh. Penyelidikan tanah tidak dilakukan dan hanya berlaku pada daerah penampang jalan tol yang direncanakan.

2. METODE PENELITIAN

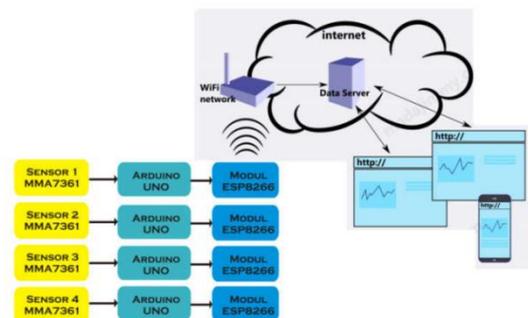
Pengambilan data dilakukan di Jl. Tol Jakarta-Serpong KM.11. Pengukuran dilakukan pada jarak paparan terdampak dan besarnya amplitudo getaran pada tanah akibat sumber getar yang berasal dari jalan Tol. Kendaraan sebagai sumber getaran, direkam level getarannya melalui beberapa accelerometer yang berjarak masing-masing 3 m seperti Gambar 1 berikut



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 1. Variasi Jarak pada Empat Buah Sensor saat Pengukuran

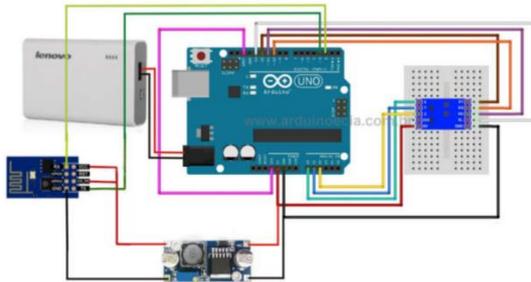
Skema perancangan sistem dalam penelitian yang ingin dibangun ditunjukkan pada Gambar 2. Parameter input yang berupa getaran akan terdeteksi oleh masing-masing sensor accelerometer.



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 2. Diagram Blok Sistem Pengukuran Getaran

Pada Gambar 2 ditunjukkan skema diagram blok sistem pemantauan getaran jalan tol menggunakan sensor accelerometer. Sensor accelerometer yang digunakan sebanyak 4 buah, setiap sensor accelerometer MMA7361 mengirimkan data hasil pengukuran kepada mikrokontroler Arduino Uno [5]. Rancang bangun sistem pemantau getaran di jalan tol menggunakan sensor accelerometer ini terdiri dari beberapa bagian utama yang sesuai dengan blok diagram pada Gambar 2 Blok diagram sistem terdiri dari sensor accelerometer MMA7361, Arduino Uno, dan PC. Perncangan hardware dalam penelitian ini ditunjukkan di Gambar 3 merupakan wiring diagram rangkaian keseluruhan sistem pemantau getaran.



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 3. Rangkaian Elektronik Keseluruhan sistem Pemantau Getaran

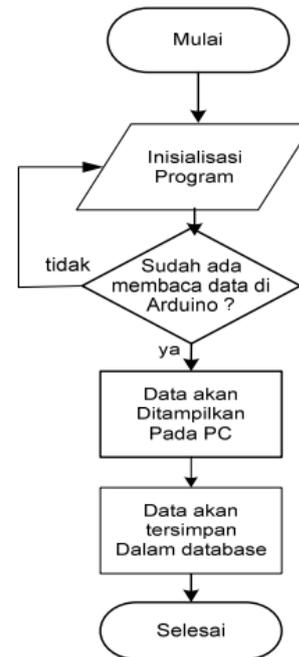
Objek yang akan diukur adalah getaran yang diakibatkan dari kendaraan bermotor yang melintas di jalan tol. Data yang telah diterima Arduino kemudian oleh modul ESP 8266 dikirim ke database MySQL melalui server yang dapat diakses menggunakan *web*. Hasil pemantauan kemudian ditampilkan *real time* secara online pada web server dan dapat diunduh ke dalam bentuk Microsoft excel.



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 4. Rangkaian Shield Controller Arduino

Untuk perancangan *software* dalam penelitian ini, secara detail akan ditampilkan dalam diagram alir berikut ini:



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 5. Diagram Alir Monitoring Getaran Secara Online

Pemantauan getaran secara *online* pada sistem ini menggunakan *web server*. Sistem antar muka yang digunakan berbasis *website*. Pengguna harus melakukan *login* sesuai dengan akun yang sudah didaftarkan. Sistem *login* ini bertujuan agar data yang dikirim pengguna bersifat rahasia dan hanya pengguna saja yang bisa melakukan akses data. Pengguna dapat mengatur jumlah data yang akan tersimpan didatabase. Rancangan tampilan antar muka saat pengguna *login* dan sesudah *login* terlihat seperti pada gambar 6 dan gambar 7 dibawah ini.



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 6. Rancangan Tampilan Login Pada Web Server

Pada saat login pengguna cukup memasukkan *username* dan *password* yang telah didaftarkan untuk mengakses data

yang telah direkam selama pengujian. Apabila *username* atau *password* yang dimasukkan tidak sesuai dengan yang telah ditulis diprogram atau belum terdaftar maka pengguna tidak dapat mengakses *web* tersebut.



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 7. Rancangan Tampilan Data Pengukuran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum sistem digunakan maka akan dilakukan pengujian terlebih dahulu, untuk mengetahui apakah sistem yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik. Selanjutnya pengujian terhadap selisih pembacaan pengukuran antar masing-masing sensor, dan kemudian dilakukan pengambilan data yang dilakukan selama 2 hari.

Pengujian Sensor

Tahap awal pengujian sistem adalah melakukan karakterisasi sensor accelerometer dengan menghubungkan sensor tersebut dengan mikrokontroler Arduino Uno. Sensor accelerometer diuji ketika dalam kondisi diam dan pada saat ada pergerakan. Keluaran sensor dalam bentuk tegangan dengan satuan mV dan percepatan gravitasi *g* dengan satuan *m/g*. Sensor tersebut diatur dengan sensitivitas 1,5*g*. Keluaran sensor accelerometer dalam bentuk tegangan saja yang digunakan dalam sistem yang dirancang. Setiap kenaikan 1*g* pada sensor accelerometer akan mengalami perubahan sekitar 200 mV yang sesuai dengan datasheet sensor yang digunakan yaitu 206 mV/1*g* pada sensitivitas 6*g* dan kenaikan 800 mV/*g* pada sensitivitas 1,5*g*. Sebelum sensor digunakan untuk pengujian lapangan maka sensor diuji dahulu dengan menghubungkan sensor dengan arduino UNO kemudian dijalankan sebuah program untuk mengetahui percepatan gravitasi dan tegangan keluaran

dalam mV pada sumbu *x*, *y*, dan *z* pada posisi horizontal.

Pengambilan data pada masing-masing sensor dilakukan selama beberapa menit untuk mendapatkan data hasil pengukuran pada saat alat tidak menerima informasi getaran (kondisi diam). Dari data yang diperoleh diambil 25 sampel data untuk dianalisa. Keluaran dari accelerometer yang diuji adalah nilai tegangan dari sumbu *z* (mV) dan nilai percepatan gravitasi (*m/s²*). Rata-rata besarnya nilai keluaran dari pengujian ditunjukkan pada data Tabel 1 berikut ini. Nilai rata-rata dari sensor pada kondisi diam ini akan digunakan sebagai acuan besarnya perubahan nilai percepatan gravitasi dan tegangan keluaran pada pengambilan data di jalan tol pada masing-masing sensor

Tabel 1. Rata-rata Hasil Pengujian Kondisi Diam pada Masing-masing Sensor

Parameter	Rata-rata nilai keluaran pada Sensor			
	1	2	3	4
Sumbu Z	769,20 mV	766,28 mV	770,84 mV	769,64 mV
Percepatan Gravitasi	10,06 <i>m/s²</i>	9,93 <i>m/s²</i>	10,10 <i>m/s²</i>	10,042 <i>m/s²</i>

Pengujian Kemiringan

Sensor Sebelum melakukan pengujian di jalan tol maka dilakukan pengujian kemiringan sensor. Pengujian ini untuk mengetahui nilai perubahan pada sumbu *Z* terhadap sudut kemiringan. Berikut adalah tabel hasil pengujian kemiringan sensor.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kemiringan Sensor

Sudut θ	Sensor	Sensor	Sensor	Sensor
	1	2	3	4
0°	9.7	9.73	9.79	9.8
15°	9.21	9.3	9.33	9.2
30°	8.33	8.39	8.29	8.3
45°	7.15	7.21	7.19	7.19
60°	5.1	5.2	4.9	5.12
75°	3.14	3.1	3.2	3.11
90°	0.2	0.19	0.33	0.2

Pengambilan Data Pada Jalan Tol

Data hasil pengukuran getaran pada jalan tol mengalami perubahan pada besarnya nilai tegangan keluaran pada sumbu *z* dan

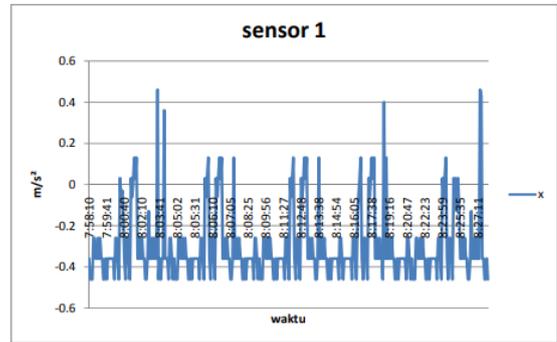
gravitasinya. Nilai dari sumbu z dan g pada pengukuran ini akan dikurangi dengan rata-rata pembacaan sensor dari pengujian pada kondisi diam sebelumnya sehingga dapat diketahui selisih pembacaan antara kondisi diam dan saat pengujian di pinggir tol. Berikut dibawah ini adalah data perbandingan dari masing-masing sensor antara nilai pada pengujian diam dan pengujian di jalan tol

Tabel 3. Perbandingan Rata-rata Nilai Percepatan Gravitasi pada Kondisi Diam dengan Pengujian di Jalan Tol

Pengujian	Rata-rata nilai keluaran pada Sensor			
	1	2	3	4
Kondisi Diam	10,06 m/s ² .	9,93 m/s ² .	10,10 m/s ² .	10,04 m/s ² .
di jalan tol	9,78 m/s ² .	10,12 m/s ² .	10,35 m/s ² .	10,16 m/s ² .

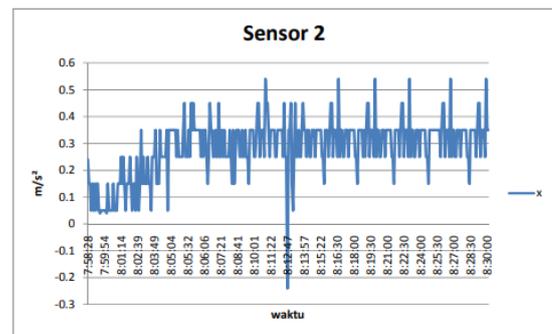
Pada Tabel 3 merupakan rata-rata nilai percepatan gravitasi pada pengujian kondisi diam, dan data pengambilan di jalan tol. Data tersebut untuk mengetahui besarnya nilai simpangan atau selisih pembacaan sensor pada saat pengujian dalam kondisi diam dan pada saat pengujian di jalan tol. Data hasil pengujian di jalan tol yang dianalisa diatas adalah data yang berhasil dikirim ke *web server* selama 30 menit (terdapat sebanyak 362 data). Pada Gambar 8 s/d Gambar 11 adalah grafik perubahan percepatan gravitasi pada g pada saat pengujian di jalan tol. Grafik tersebut merupakan hubungan antara waktu dan g pada masing-masing sensor.

Nilai x adalah nilai perubahan percepatan getaran yang terjadi, dimana hasil dari pengukuran di jalan tol dikurangi nilai percepatan masing-masing sensor pada pengujian kondisi diam. Dapat dianalisa dari data hasil pengujian diatas, bahwa penunjukkan nilai dari sensor ketika dalam kondisi diam dan pada saat berada di jalan tol mengalami perubahan nilai gravitasi.



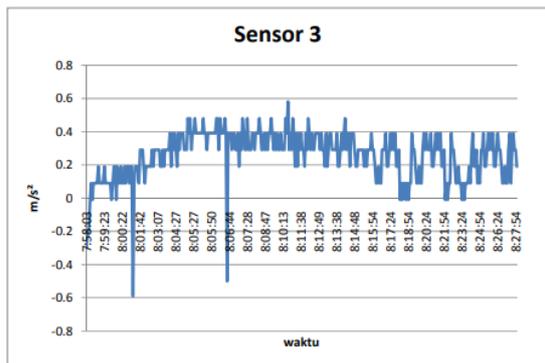
Gambar 8. Grafik Pengujian Sensor 1

Data yang berupa percepatan getaran pada sensor 1 dibandingkan dengan pengujian dalam kondisi diam sehingga diperoleh nilai perubahan gravitasi sebesar -0,29 m/s².



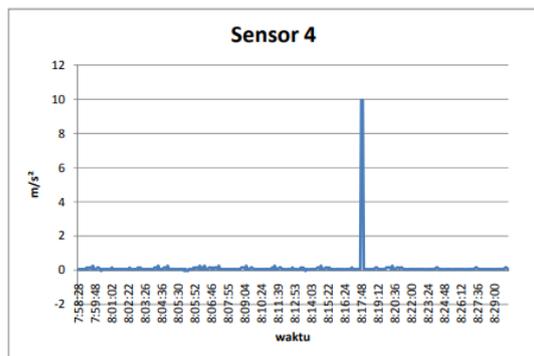
Gambar 9. Grafik Pengujian Sensor 2

Berdasarkan data hasil pengujian pada Gambar 9 diatas, bahwa penunjukkan nilai dari sensor ketika dalam kondisi diam dan pada saat berada di jalan tol mengalami perubahan nilai gravitasi. Nilai g rata-rata pada sensor 2 pada saat pengujian di jalan tol adalah sebesar 10,3 m/s². Sensor 2 berapa diposisi kedua setelah sensor 1 yaitu berada pada jarak 4 meter dari ruas jalan tol. Seperti yang terlihat diatas, nilai g mengalami perubahan rata-rata sebesar 0,28 m/s².



Gambar 10. Grafik Pengujian Sensor 3

Nilai g rata-rata pada sensor 3 pada saat pengujian dijalan tol adalah sebesar $10,3 \text{ m/s}^2$. Sensor 3 berapa diposisi kedua setelah sensor 1 yaitu berada pada jarak 7 meter dari ruas jalan tol. Seperti yang terlihat diatas, nilai g mengalami perubahan rata-rata sebesar $0,25 \text{ m/s}^2$.



Gambar 11. Grafik Pengujian Sensor 4

Sensor 4 accelerometer ini berada diposisi keempat setelah sensor 3 yaitu pada jarak 10 meter dari ruas jalan tol dan merupakan sensor terjauh dari luar ruas jalan tol. Seperti yang terlihat diatas, nilai g mengalami perubahan rata-rata sebesar $0,12 \text{ m/s}^2$.

Berdasarkan dari data pengujian yang telah dianalisa diatas maka didapatkan rata-rata nilai perubahan percepatan gravitasi dari masing-masing sensor dengan jarak yang sudah ditentukan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Rata-rata Perubahan Nilai Gravitasi Masing-masing Sensor

Sensor	Perubahan gravitasi (m/s^2)
Sensor 1	-0,29
Sensor 2	0,28
Sensor 3	0,25
Sensor 4	0,12

Perubahan gravitasi yang terjadi pada masing-masing sensor berdasarkan pengujian yang telah dilakukan relatif kecil. Seperti pada standard tingkatan getaran bagi kesehatan yang diijinkan Tabel 5.

Tabel 5. Tingkat Resiko Terhadap Paparan Getaran (ISO 2631-1)

Tingkat Resiko	Nilai percepatan getaran (m/s^2)	Keterangan
Rendah	$< 0,45$	Paparan getaran masih di bawah zona "Health Guidance Caution Zone (HGCV)". Kasus penyakit belum pernah ditemui pada nilai percepatan getaran ini.
Sedang	$0,45 - 0,90$	Paparan getaran berada di zona HGCV. Terdapat potensi resiko kesehatan.
Tinggi	$> 0,90$	Paparan getaran berada di atas zona HGCV. Resiko kesehatan sering terjadi pada tingkat ini.

Sumber: [2]

Berdasarkan Tabel 2 mengenai tingkat resiko terhadap paparan getaran bagi kesehatan, maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian dari masing-masing sensor dengan jarak yang berbeda semuanya masuk ke dalam kategori rendah [6] yaitu $< 0,45 \text{ m/s}^2$. Pengujian sensor 1 diperoleh hasil rata-rata dari simpangannya sebesar $-0,37 \text{ m/s}^2$, pada sensor 2 sebesar $0,16 \text{ m/s}^2$, sensor 3 sebesar $0,11 \text{ m/s}^2$, dan sensor 4 sebesar $0,07 \text{ m/s}^2$.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka telah berhasil dibuat alat pengukur getaran yang menggunakan modul WiFi ESP8266 sehingga pemantauan getaran dapat dilakukan secara online. Hasil pengukuran terhadap getaran kendaraan yang melintas di jalan tol Jakarta-Serpong Km 11

menunjukkan nilai percepatan yang dihasilkan adalah $<0,45\text{m/s}^2$. Berdasarkan tingkat resiko terhadap paparan getaran bagi kesehatan nilai percepatan tersebut berada dalam kategori rendah sehingga jarak jalur tol berada pada zona aman bagi kesehatan penduduk disekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Negara Pekerjaan Umum, *Mitigasi Dampak Kebisingan Akibat Lalu Lintas Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta, 2005.
- [2] K. N. L. Hidup., *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup*. 1996.
- [3] K. Wardika, I. G. P. Suparsa, and D. M. Priyantha, "Analisis Kebisingan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Arteri (Studi Kasus Jalan Prof. Dr. IB. Mantra Pada KM 15 s/d KM 16)," *J. Ilm. Elektron. Infrastruktur Tek. Sipil*, no. 15, pp. 1–8, 2010.
- [4] E. K. Wati and F. Anangga, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Getaran Kereta Rel Listrik Commuter Line Secara Online," *J. Teknol. Kedirgant.*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [5] T. Arduino, D. Cuartielles, G. Martino, T. Igoe, D. Mellis, and M. Banzi, "The Making of Arduino How five friends engineered a small circuit board that 's taking the DIY world by storm Photo: Massimo Banzi The Arduino team contracted with a company that can," pp. 2–4, 2015.
- [6] E. K. Wati, "Pengukuran Dan Analisis Kebisingan Permukiman Tepi Rel Kereta Listrik," *STRING*, vol. 4, no. 3, pp. 273–279, 2020.