

Perancangan Model Pengukur untuk Stel Tinggi Bogie Berbasis Android dan Firebase Manajemen

B. S. Rahayu Purwanti ¹⁾, Devina Annisa Putri ²⁾, Ahmad Faqih ³⁾

^{1),2),3)} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16425
Email: rahayu.purwanti@elektro.pnj.ac.id

Abstrak. Tindakan semi-perawatan akhir pada stel tinggi bogie termasuk jaminan bagian keselamatan penumpang. Salah satu upaya dengan stel keseragaman tinggi bogie pada 6 titik dengan toleransi pengukuran. Empat belas titik pada bogie diukur oleh teknisi maintenance, terbagi menjadi 3 (tiga) area ukur. Area 3 (tiga) area yaitu; 8 (delapan) titik ukur dari permukaan atas rel kereta ke bogie, 4 (empat) titik dari permukaan atas rel kereta ke permukaan bawah bodi kereta, 2 (dua) titik dari buffer (penyambung kereta) ke permukaan atas rel kereta. Saat ini pengukuran tinggi bogie dengan menggunakan peralatan sederhana, yaitu meteran, penyiku, alat tulis dan lembar Check sheet Laporan. Waktu untuk pengukuran 1 menit/titik atau 8 menit/bogie, atau ± 16 menit satu kereta (2 bogie). Timbullah ide untuk membuat alat pengujian ketinggian bogie terhubung secara realtime database. Penggunaan sensor ultrasonik sebagai deteksi tinggi bogie dengan ESP32 sebagai pemroses data deteksi sensor. Sebagai mikrokontroler, ESP32 memiliki modul Wifi yang dapat mengirimkan data melalui sambungan internet. Hasil proses data terkirim di realtime database firebase lalu tertampil pada aplikasi android. Data jarak dapat disimpan di database dan termonitor melalui website hosting. Dengan alat ini, data ukur lebih presisi dan check sheet laporan dapat dilihat secara online.

Kata Kunci: application, ESP32, firebase, measuring, report, sheet.

1. Pendahuluan

Ide penelitian artikel ini, diperoleh dari perusahaan kereta api satu-satunya di Indonesia tentang perawatan dan tindakan sesuai periode waktu. Sesuai ketentuan dalam [1], Pasal 5 ayat 2 huruf c, penanganan bogie termasuk tindakan perawatan pada peralatan perangkai, peralatan keselamatan, dan kelistrikan. Menurut ketentuan perawatan P24 adalah perawatan 2 tahunan untuk *Maintenance Operation* (MO), P48 adalah perawatan untuk periode waktu 4 tahunan *Genset Operation* (GO). Salah satu perawatan pada P24 dan P48 adalah pengukuran stel tinggi bogie, untuk memastikan kerataan tinggi bogie tetap seimbang saat kereta bergerak. Hal tersebut untuk menjamin keselamatan, keamanan, dan kenyamanan penumpang sepanjang perjalanan sampai tujuan. Data dan informasi dalam penelitian ini diperoleh dari UPT Balai Yasa Manggarai, PT Kereta Api Indonesia (KAI). Sisi-sisi bogie diukur secara bergantian, hasil ukur dicatat dalam laporan pengujian yang tersedia dengan ukuran standar 705-725mm. Pengukuran tinggi bogie saat ini masih konvensional, teknisi berkeliling ke setiap titik bogie. Selain sangat tidak praktis, waktu yang pengukuran relative lama. Waktu untuk pengukuran 1 menit/titik atau 8 menit/bogie, atau ± 16 menit satu kereta (2 bogie). Hasil ukur besar kemungkinan tidak tepat akibat penyiku menurun di satu titik, atau kemiringan meteran.

Informasi salah satu teknisi di PT Balai Yasa Manggarai, potensi gangguan berasal dan kesalahan cara pengukuran, ketidaktepatan pembacaan skala pada meteran oleh teknisi, atau secara umum sebagai human error dari petugas pencatat/teknisi pengukur. Peralatan konvensional lainnya untuk pengukuran tinggi bogie adalah kapur tulis untuk mencatat hasil ukur sementara agar tidak terlupa untuk dipindahkan ke notes kecil yang dibawa teknisi. Oleh karena itu, saatnya membuat inovasi teknologi untuk pengukuran tinggi bogie pada kereta. Fungsi bogie sebagai menyangga gerbong barang atau ruang penumpang saat kereta berjalan. Selain kekuatan, keseimbangan faktor utama adalah ketahanan terhadap guncangan/getaran akibat kecepatan tinggi. Perawatan bogie berkaitan erat dengan pelayanan kepada para

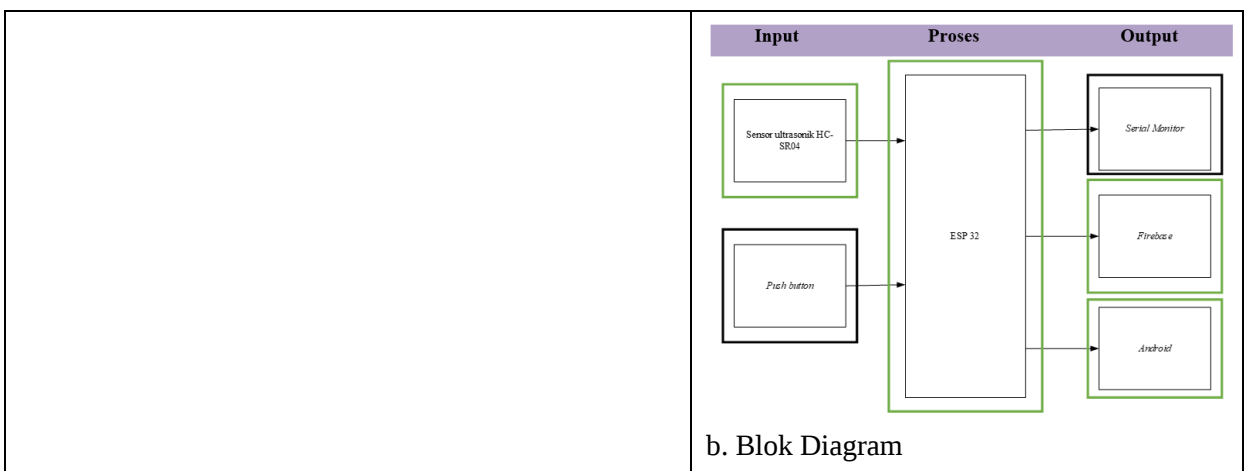
pengguna jasa transportasi massal [2]. [3]. Seluruh proses perawatan pada bogie mulai dari pengukuran ketinggian sampai dengan setel ketinggiannya masih dilakukan dengan alat konvensional.

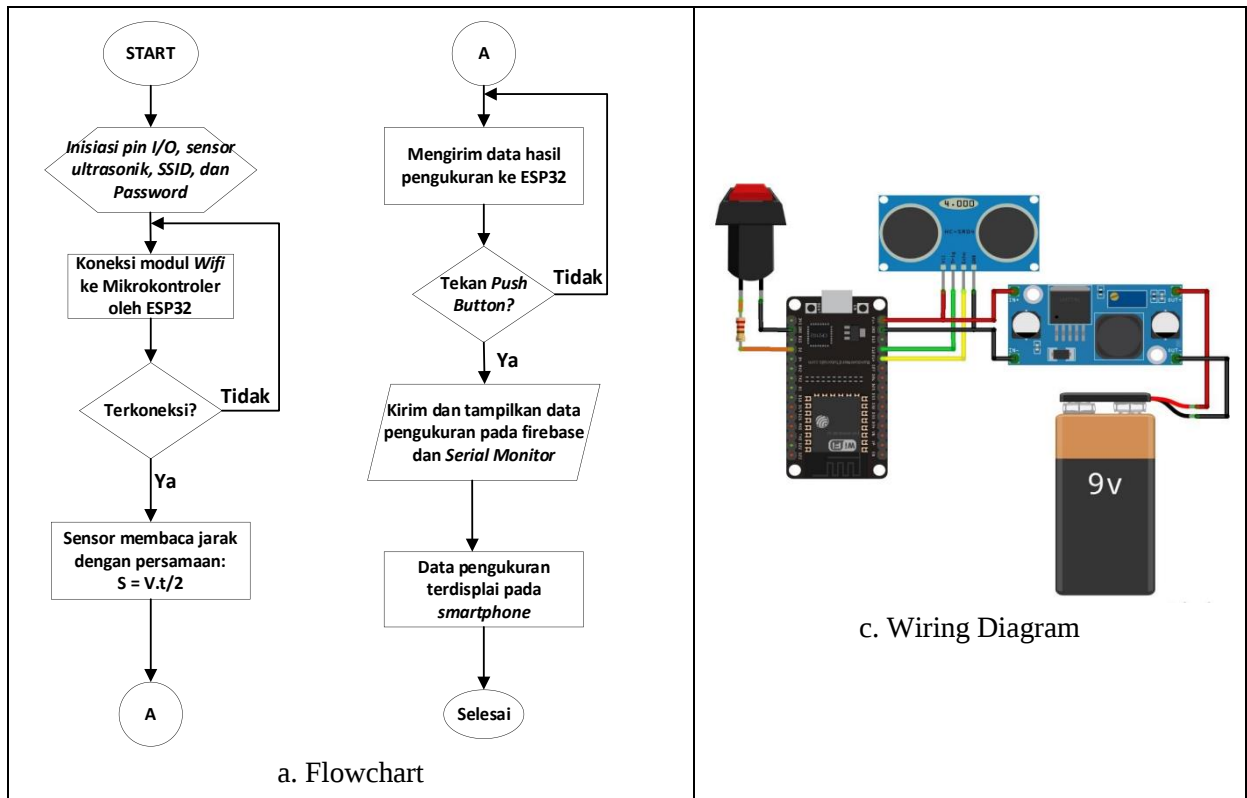
Berkaitan dengan pengukuran jarak/tinggi telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, membahas sensor HC-SR04 untuk mendeteksi waktu tempuh gelombang datang-pantul [4], [5]. Rentang jarak ukur dengan HC-SR04 (3cm–3m) yang sebanding dengan panjang output panjang pulsa atau jarak objek. Koneksi sensor ini ke mikrokontroler memerlukan 2 pin I/O mikrokontroler, yaitu trigger echo dan pengaktif HC SRF04. Pulsa positif dikirim melalui pin trigger, minimal 10 μ s, selanjutnya HC SRF04 mengirimkan pulsa positif melalui pin ECHO selama 100 μ s hingga 18 ms. Kedua peneliti belum membahas konversi deteksi sensor yaitu dari waktu ke jarak sebagai hasil ukur.

Konversi data waktu menjadi jarak tempuh (m) dilakukan oleh mikrokontroler [6]. Waktu pengiriman sebanding dengan jarak objek [6] dan konversi datanya menjadi jarak sensor ke benda. Gelombang datang dari transmitter sensor ultrasonik HC-SR04 dan menerima kembali pantulan gelombang ultrasonik [7], [8]. Gelombang dipancarkan oleh *transmitter* (T), frekuensi gelombang 40 KHZ. Gelombang pantul diterima oleh *receiver* (R), sementara mikrokontroler telah memuat program *counter* waktu per mikrodetik. Hasil deteksi waktu inilah yang dikonversi menjadi jarak oleh mikrokontroler.

Komunikasi jarak jauh diperlukan dalam pembangunan sistem, koneksi antar modul komunikator melalui *Wifi* dengan program instruksi dan penyimpanan data mikrokontroler [9] dan modul *wifi* ESP32 yang menyatu pada mikrokontroler, berbasis *Internet of Things* (IoT) [10]. Keunggulan modul dapat dikembangkan pada *firebase* [11] untuk fitur *authentication*, *cloud firestore*, *realtime database*, *storage*, *hosting*..Aplikasi *online* untuk *website* MIT *App Inventor* pada *android* dapat menyimpan dan menampilkan data deteksi sensor. Selain itu, dapat menambahkan *experimental* kode *Uniform Resource Locator* (URL) pada *firebase*. Kode URL *firebase* untuk sinkronisasi data input ke *App Inventor* dan penggunaan koneksi mikrokontroler ke *firebase*. Selain itu, agar data deteksi dan konversi pengukuran sensor dapat dikirim secara *realtime*, cepat, dan diakses dari jarak jauh melalui *smartphone* [12].

Berdasarkan permasalahan pencatatan dan pengukuran ketinggian *bogie* kereta dibuatlah sebuah alat pendeteksi dan pencatat yang terkoneksi ke diplay. Tujuan penelitian adalah mengganti alat ukur tinggi bogie, dari manual dengan meteran ke penggunaan sensor yang dilengkapi pengiriman data melalui *firebase* di *android*. Oleh karena itu perlu mendata informasi lebih dulu terkait dengan fungsi dan cara pengukuran ketinggian *bogie*. Khususnya titik-titik tempat pengukuran yang berkaitan dengan peran *bogie* keseimbangan kereta.





Gambar 1 Flowchart Keseluruhan Sistem (a) dan Diagram Blok (b), Wiring Diagram (c)

Selanjutnya uji fungsi alat pengukur dan setel tinggi pada beberapa titik pada *bogie* yang biasanya diukur/disetel. Realisasi alat/sistem fokus pada;

- 1) Instalasi mikrokontroler ESP32 ke sensor ultrasonik (Gambar 1 a),
- 2) pemrograman transmisi data menggunakan *firebase*,
- 3) perancangan display dan input, proses, dan output pada *android* (Gambar 1 b),
- 4) eksekusi data ukur dengan menampilkan di aplikasi *android* dengan MIT App Inventor 2 (AI2) ke *firebase* seperti pada Flowchart sebagai berikut:
 - a. Wiring diagram (Gambar 1c) merupakan proses untuk menghubungkan pin sensor ke mikrokontroler sesuai inisialisasi pada program yang telah dibuat.
 - b. Ketelitian pembuatan wiring, antisipasi kesalahan pada wiring dapat mengakibatkan jalur tidak terhubung sempurna dan short pada komponen.

Langkah-langkah pengujian Sensor:

Setelah menyiapkan alat dan bahan yang digunakan, tahapan selanjutnya adalah:

- 1) koneksi sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan Vin, D12, D14 dan GND pada GPIO ESP32 Devkit.
- 2) hubungkan ESP32 Devkit dengan Step Down DC-to-DC LM2569 untuk menurunkan tegangan menjadi 5V yang tegangan sebelumnya dari baterai 9V.
- 3) hubungkan ESP32 Devkit dengan Wifi Router untuk mendapatkan jaringan internet.
- 4) Membuka *database server online*.
- 5) Menjalankan fungsi tertentu pada aplikasi *android* dan *web*
- 6) Mengamati hasil dari setiap fungsi yang diuji pada aplikasi *android* dan *web*.

Langkah-langkah pengujian delay time:

- 1) Sambungkan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan ESP32.
- 2) Sambungkan pin Trigger sensor ultrasonik HC-SR04 ke pin D14 pada ESP32.
- 3) Sambungkan pin Echo sensor ultrasonik HC-SR04 ke pin D12 pada ESP32.
- 4) Siapkan box tepat di bawah titik-titik yang telah ditetapkan oleh Balai Yasa Manggarai.
- 5) Aktivasi alat dengan menekan tombol switch yang ada pada sisi depan kotak.

- 6) Hubungkan ESP32 Devkit dengan WiFi untuk mendapatkan jaringan internet.
- 7) Membuka *database firebase* secara *online*.
- 8) Lihat hasil pengukuran dengan sensor ultrasonik pada *firebase*.
- 9) Mengukur *bandwidth* dan mengamati keberhasilan waktu pengiriman data ukur.
- 10) Menghitung waktu *delay* setiap perubahan data ukur.

2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian alat pengukuran ketinggian bogie menggunakan model bogie kereta dengan rasio ketinggian 1:2. Alat deteksi ketinggian bogie (Gambar 1) memanfaatkan sensor ultrasonik dibandingkan dengan hasil pengukuran di data sheet. Update metode dan penyimpanan data pengukuran stel tinggi bogie di Balai Yasa Manggarai. Dari semula, masing-masing masih menggunakan meteran dan pencatatan manual diubah dengan penggunaan sensor dan data pengukuran terkirim secara *realtime* ke *Firestore* Manajemen.

2.1. Realisasi Model Pengukur Ketinggian Bogie

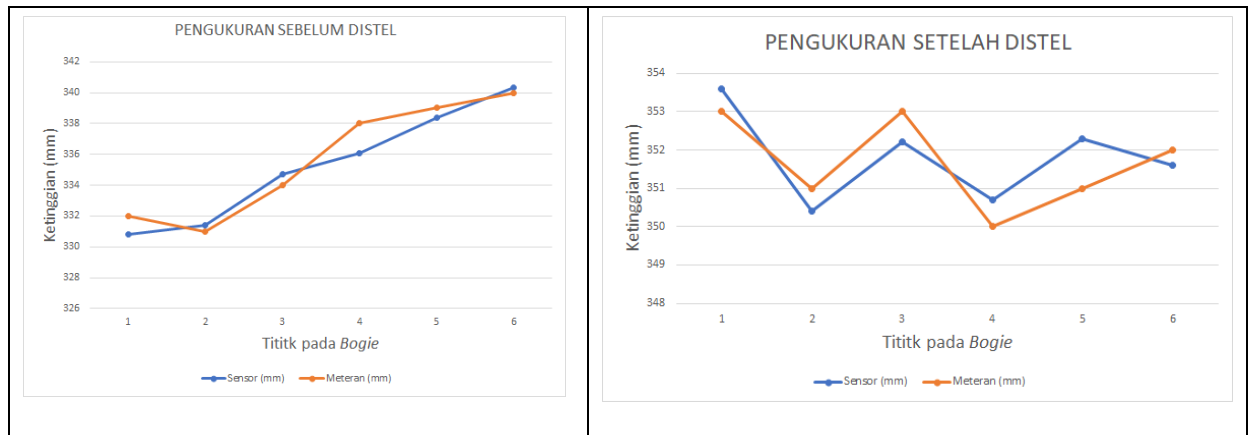


Gambar 2. Model Alat Pengukur Ketinggian *Bogie*

Desain yang dibuat berdasarkan permasalahan direalisasikan dalam bentuk model pengukur ketinggian bogie kereta (Gambar 2). Bagian kiri adalah seluruh modul/komponen yang diinstal dalam satu box casing, agar aman dari korosi. Keseluruhan model pengukur tinggi bogie (gambar tengah), sedangkan hasil deteksi sensor ultrasonic ditampilkan dalam display menggunakan MIT App dengan *firebase*.

2.2. Uji Fungsi Sensor untuk Pengukuran Tinggi *Bogie*

Berdasarkan data ketinggian bogie (Gambar 2) menunjukkan bahwa, tren sebelum distel kecenderungan naik pada setiap pengukuran. Sementara itu tren setelah distel hasil pengukuran relatif bervariasi sesuai posisi titiknya.



Gambar 2. Pengukuran Tinggi Enam Titik pada Model Bogie Kereta Sebelum (kiri) Dan Setelah (kanan) Distel

2.3. Pengukuran Jarak dan Bandwidth

Tabel 1. Pengaruh *Bandwidth* terhadap Waktu Pengiriman Data ke *Firestore* titik 1 dan 2

Titik bogie 1	Hasil Sensor Terkirim (mm)	Bandwidth (Mbps)	Stopwatch (second)	Titik bogie 2	Hasil Sensor Terkirim (mm)	Bandwidth (Mbps)	Stopwatch (second)
1	304	1.6	00.03.59	1	301	3.8	00.00.65
2	303	5	00.00.17	2	303	2.9	00.01.32
3	302	4.8	00.00.85	3	301	3.8	00.00.97
4	303	4.3	00.00.80	4	302	4.3	00.00.58
5	301	1.2	00.01.78	5	301	2.5	00.01.90
6	304	4.9	00.00.60	6	302	4.5	00.00.27
7	302	4.7	00.00.80	7	301	4.6	00.00.25
8	301	4.2	00.00.76	8	302	5.8	00.00.20
9	303	1.4	00.03.50	9	303	4.7	00.00.21
10	305	2.2	00.02.02	10	301	2.7	00.01.70

Rata-rata pengukuran untuk 6 titik adalah 330,8mm (sensor HC-SR04) dan 335,7mm (dengan meteran) sebelum stel tinggi bogie, atau kesalahan deteksi sensor 1,45%. Rata-rata pengukuran untuk 6 titik adalah 353,6mm (sensor HC-SR04) dan 351,2mm (dengan meteran) sesudah stel tinggi bogie, atau kesalahan deteksi sensor 0,68%.

Persen error hasil deteksi sensor ultrasonik HC-SR04 semakin efektif setelah stel tinggi bogie, hasil ukur semakin minimal kesalahannya atau hampir tepat. Hasil perhitungan persentase dari perbandingan hasil pengukuran ketinggian bogie kereta dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dibandingkan dengan meteran. Error rata-rata kecil (1%), sehingga sensor HC-SR04 dapat menggantikan alat pengukuran (meteran).

Memperhatikan data pada Tabel 2 kiri perubahan rata-rata *bandwidth* di titik 3 sebesar 3.53 Mbps dengan waktu pengiriman data 1.443 detik. Tabel 2 kanan perubahan rata-rata *bandwidth* di titik 4 *bogie* sebesar 2.64 Mbps dengan waktu pengiriman data 2.012 detik.

Tabel 3 kiri perubahan rata-rata *bandwidth* di titik 5 *bogie* sebesar 3.63 Mbps dengan waktu pengiriman data 1.231 detik. Tabel 3 kanan, perubahan rata-rata *bandwidth* di titik 6 *bogie* sebesar 2.45 Mbps dengan waktu pengiriman data 2.254 detik.

Tabel 2. Pengaruh *Bandwidth* terhadap Waktu Pengiriman Data ke *Firestore* titik ke-3 dan ke-4

Titik <i>bogie</i> 3	Hasil Sensor Terkirim (mm)	<i>Bandwidth</i> (Mbps)	<i>Stopwatch</i> (second)	Titik <i>bogie</i> 4	Hasil Sensor Terkirim (mm)	<i>Bandwidth</i> (Mbps)	<i>Stopwatch</i> (second)
1	312	3.7	00.01.52	1	310	1.2	00.02.64
2	309	2.3	00.01.65	2	307	1.1	00.02.51
3	315	2.4	00.01.69	3	308	2.1	00.02.24
4	314	5.8	00.00.26	4	309	4.7	00.01.09
5	318	5.1	00.00.51	5	302	4.2	00.01.52
6	311	3.2	00.01.45	6	311	3.8	00.01.54
7	316	2.9	00.02.39	7	313	4.2	00.01.42
8	305	3.3	00.01.90	8	314	1.1	00.02.66
9	307	4	00.01.42	9	316	2.6	00.02.17
10	319	2.6	00.01.64	10	313	1.4	00.02.33

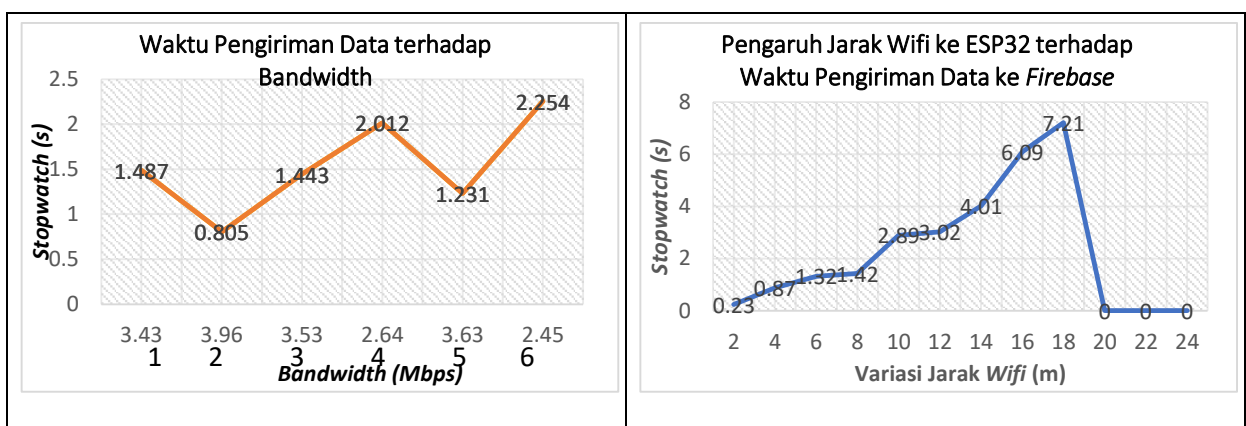
Rata-rata waktu pengiriman data ke *Firestore* yaitu 1.53 detik dengan kapasitas *bandwidth* >3.27 Mbps. Dalam pengiriman data ke *database* berjalan baik, kondisi internet yang tidak selalu stabil mempengaruhi waktu pengiriman dan penerimaan data.

Tabel 3. Pengaruh *Bandwidth* terhadap Waktu Pengiriman Data ke *Firestore* titik ke-5 dan ke-6

Titik <i>bogie</i> 5	Hasil Sensor Terkirim (mm)	<i>Bandwidth</i> (Mbps)	<i>Stopwatch</i> (second)	Titik <i>bogie</i> 6	Hasil Sensor Terkirim (mm)	<i>Bandwidth</i> (Mbps)	<i>Stopwatch</i> (second)
1	312	3.7	00.01.50	1	316	2.1	00.01.72
2	309	2.7	00.01.28	2	314	1.7	00.03.88
3	309	4	00.00.79	3	317	1.2	00.03.91
4	312	2.4	00.02.50	4	314	2.7	00.01.32
5	307	4.6	00.00.40	5	316	2.6	00.01.62
				6	316	3.6	00.00.82

6	309	4.1	00.00.76	7	314	1.1	00.03.92
7	310	3.9	00.00.79	8	314	4.4	00.00.64
8	311	4.1	00.00.79	9	317	1.7	00.03.84
9	307	3.7	00.01.60	10	317	3.4	00.00.87
10	307	3.1	00.01.90				

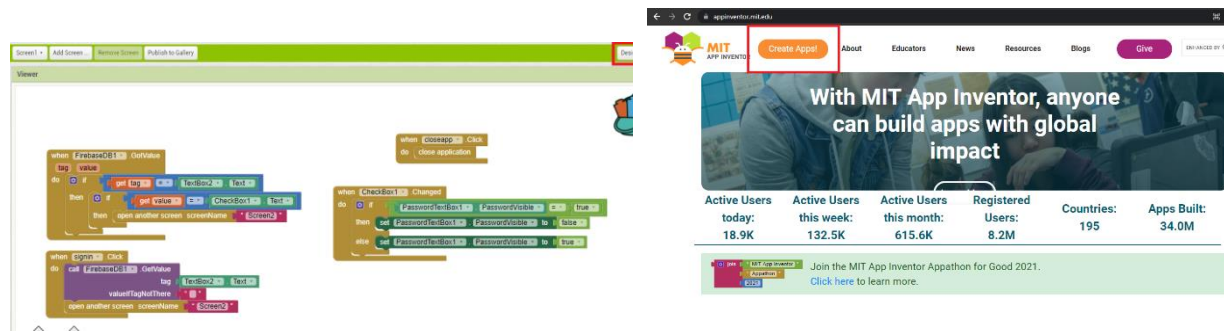
Gambar 3; terlihat bahwa untuk jarak Wifi ke ESP32 > 18 m, data yang tidak berhasil terkirim, Jarak Wifi ke ESP32 mempengaruhi waktu pengiriman data ke *Firestore*, alat tidak merespon, diiringi penurunan penggunaan *Bandwidth*.



Gambar 3. *Bandwidth* terhadap Waktu Pengiriman Data ke *Firestore*

Tabel 4, menunjukkan bahwa jarak maksimal pengiriman data antara Wifi ke mikrokontroler ESP32 adalah 18 meter. Jarak melebihi 19 meter koneksi terputus, sehingga pengiriman data gagal. Waktu pengiriman terlama data 7.21 detik pada jarak Wifi 18 m dan tercepat 0.23 detik pada jarak Wifi 2 meter. Data deteksi sensor relatif stabil (304-309) mm, walaupun perubahan jarak wifi ke mikrokontroler berbeda signifikan. Setelah jarak > 18 m alat tidak dapat mengirimkan data, hal ini menunjukkan bahwa range pengiriman data maksimum adalah 18m. Tabel 4. Deteksi Ketinggian pada Sensor Berpengaruh terhadap Jarak Wifi dan *Bandwidth*

Stopwatch (second)	Jarak Deteksi Sensor (mm)	Jarak Wifi ke ESP32 (m)	Bandwidth (Mbps)	Ket
00.00.23	305	2	5.6	terkirim
00.00.87	306	4	5.1	terkirim
00.01.32	304	6	4.8	terkirim
00.01.42	305	8	4.7	terkirim
00.02.89	309	10	4,0	terkirim
00.03.02	308	12	3.2	terkirim
00.04.01	304	14	3.1	terkirim
00.06.09	305	16	2.1	terkirim
00.07.21	304	18	1.7	terkirim



Gambar 4 Blok Program Aplikasi di App Inventor (kiri) Website MIT Firebase

Blok Program App Inventor (Gambar 4, kiri) memuat perintah penggunaan aplikasi berdasarkan algoritma. Blok program dikatakan berhasil, input data pada aplikasi terkirim ke *Firebase* secara realtime (Gambar 4, kanan). Seluruh data dan informasi dikelola dari jarak jauh selamat terdapat jaringan internet aplikasi MIT Firebase., manajemen berbasis web tidak terikat jarak dan waktu.

3. Simpulan

Ketentuan error toleransi pengukuran di PT Balai Yasa adalah 2mm, hasil deteksi sensor ultrasonik HC-SR04 maksimal 1,8mm. Error pengukuran rendah; 0,23% (0.8mm), pengukuran 300-360mm dengan pembanding alat ukur meteran. Pengujian sistem menggunakan model *bogie* dengan rasio ketinggian 1:2. Pengukuran ketinggian *bogie* dan pengirim data deteksi sensor ke *firebase* pada aplikasi di *android*. Nilai rata-rata waktu *delay* dipengaruhi oleh *bandwidth* dan jarak terhadap ESP32.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan untuk Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UP2M) Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) yang telah memberikan dana penelitian kepada tim. Disampaikan terima kasih juga kepada UPT Balai Yasa Manggarai, PT Kereta Api Indonesia (KAI) yang telah menyediakan sarana uji untuk pengambilan data penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 18 Tahun 2019 Tentang Standar Tempat Dan Peralatan Perawatan Sarana Perkeretaapian
- [2] Surasno, S., & Tjahjohartoto, B. 2019. Analisa Kegagalan Dongkrak Rel Kereta Api Kapasitas 10 Ton. *J. Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 4(1), 35-42.
- [3] Diniardi, E., Nelfiyanti, N., Mahmud, K. H., Basri, H., & Ramadhan, A. I. 2019. Analysis of the Tensile Strength of Composite Material from Fiber Bags. Fatigue: Analysis Aluminium 6063-TF on the Rotary Bending Testing Machine. *Journal of Applied Sciences Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 2(2), 39-48.
- [4] Arasada, Bakhtiyar dan Bambang Suprianto. 2017. Aplikasi Sensor Ultrasonik untuk Deteksi Posisi Jarak pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2):137-145
- [5] Puspasari, Fitri, Imam Fahrurrozi, Trias Prima Satya dan Galih Setyawan. 2019. Sensor Ultrasonik HC SR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, vol .15 n. 2, pp: 36-39.
- [6] Andayani, Martial, Indrasari, Widya, Ningrum, dan Iswanto, Bambang. 2016. Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Pendeteksi Jarak pada Prototipe Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, vol. 5, pp: 43-46.
- [7] Starry, Zaikiy Ni, Tedi Gunawan dan Gita Indah Hapsari. 2019. Perancangan dan Implementasi Mikrokontroler pada Troli Pengikut Otomatis. *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 5 n. 2:1326-1334.
- [8] Pratama, A. B., Rozaq, Fadli, dan Surjanto. 2019. Pembuatan Alat Bantu Pelepas Pin Swing Link Pada Bolster Bogie Kereta Api. *Jurnal Transportasi*, vol. 19 n. 3, pp: 195-204

- [9] Santoso, R. P., Kurniawan, Wijaya, dan Setyawan, G. E. 2017. Perancangan Sistem Pemetaan Ruang Secara Dua Dimensi Menggunakan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.vol. 1 n. 3: 192-205
- [10] Ilhami, Mirza. 2017. Pengenalan Google Firebase untuk Hybrid Mobile Apps Berbasis Cordova. *Jurnal IT CIDA*, 3(1):16-29
- [11] Susilawati, Tati dan Awaludin, Iwan. 2019. Eksplorasi Sensor, GPS, dan Moda Komunikasi Nirkabel Internet of Things. *Jurnal IKRA-ITH Informatika*. 3(2): 96-103
- [12] Utomo, Ary Sulisty, Erda Hermono P. N. dan Mohamad Sofie. 2019. Monitoring Heart Rate dan Saturasi Oksigen melalui Smartphone. *Jurnal Simetris*, 10(1): 319-324.