



Prototype Monitoring Kelayakan Tower Base Transceiver Station (BTS) Berbasis Android

Sam Benjamin¹, Yandhika Surya Akbar Gumilang^{1*}, Nachrowie¹, Wahyu Dirgantara¹

¹Universitas Merdeka Malang

*Email Penulis: yandhika.gumilang@unmer.ac.id

(Artikel diterima: Desember 2022, direvisi: Mei 2023)

ABSTRAK

Tower Base Transceiver Station (BTS) adalah fasilitas telekomunikasi yang berperan penting dalam menyediakan komunikasi nirkabel antara perangkat komunikasi (klien) dan jaringan operator. Biasanya, BTS dibangun di daerah pemukiman yang padat untuk memastikan distribusi sinyal telekomunikasi yang efektif. Namun, mengingat lokasinya yang berada di daerah padat penduduk, perawatan tower BTS menjadi sangat penting. Tujuan dari perawatan ini adalah untuk memastikan tower BTS dapat beroperasi secara optimal dan mengurangi risiko keruntuhan. Dalam pengembangan prototipe, beberapa komponen digunakan, seperti sensor MPU-6050, layar LCDNodeMCU ESP8266 dan Arduino Uno. Sensor MPU-6050 digunakan untuk mendeteksi kemiringan sudut sebuah tower BTS. Setelah melakukan 10 pengujian sudut pitch dan roll, sistem prototype kelayakan BTS menghasilkan rerata kesalahan sebesar 1,077 sudut derajat untuk sudut pitch dan 1,703 sudut derajat untuk sudut roll. Meskipun terdapat kesalahan, hasil tersebut masih dianggap valid dalam memonitoring kemiringan tower BTS. Namun, dalam pengujian pengiriman data ke aplikasi Android pada prototype, terdapat keterlambatan antara NodeMCU dan aplikasi Android. Sensor MPU-6050 menghasilkan data dengan resolusi hingga mikrodetik, sehingga membutuhkan koneksi internet yang cepat untuk mengirimkan data tersebut.

Kata kunci: Tower BTS; Telekomunikasi; Sensor MPU-6050; Firebase; Android;

I. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia sedang mengupayakan menuju Indonesia emas 2045, yang melibatkan pembangunan infrastruktur sebagai salah satu fokus utama. Infrastruktur telekomunikasi merupakan bagian penting dari upaya tersebut [1]. Indonesia telah mencapai kemajuan signifikan dalam bidang telekomunikasi, termasuk dalam digitalisasi semua aspek kehidupan. Salah satu contohnya adalah migrasi dari sinyal televisi analog ke sinyal digital, di mana sistem digital dianggap lebih baik daripada analog. Perkembangan telekomunikasi juga memberikan dampak positif pada sektor lain, seperti perekonomian. Komunikasi yang lebih lancar memfasilitasi transaksi dan memungkinkan komunikasi jarak jauh yang lebih efektif dan mencakup wilayah yang lebih luas. Hal ini dapat dicapai berkat peningkatan jumlah tower Base Transceiver Station (BTS) yang tersebar di seluruh Indonesia [2].

Base Transceiver Station (BTS) adalah sebuah perangkat atau stasiun telekomunikasi yang berfungsi utama untuk menyediakan komunikasi nirkabel antara perangkat komunikasi pengguna (klien) dan jaringan operator. Tower BTS berperan sebagai penghubung antara perangkat

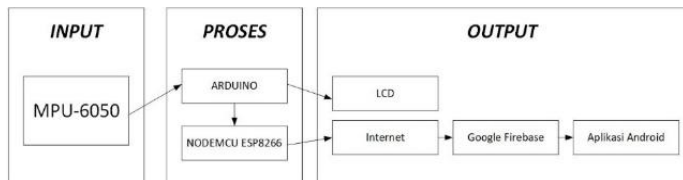
komunikasi pengguna dengan jaringan yang menuju ke arah lain [2], [3]. Tugas utama tower BTS adalah menerima kemudian mengirimkan sinyal seluler dari perangkat komunikasi masyarakat, seperti telepon rumah dan ponsel. Sinyal radio tersebut kemudian dikonversi menjadi sinyal digital dan dikirimkan ke terminal sebagai pesan atau data. Dari beberapa sumber [4][5][6][7] keruntuhan tower BTS dapat merugikan bahkan merusak lingkungan sekitarnya serta menimbulkan kerugian finansial dan material. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memungkinkan penanganan saat tower BTS miring dan berpotensi roboh oleh petugas. Monitoring dan pemeliharaan tower BTS diperlukan untuk mencegah kondisi tidak sesuai dengan desain, termasuk ketahanan terhadap gempa, beban perangkat yang melebihi kapasitas tower, korosi pada struktur tower, foot plate, atau kabel penahan pada mast, goyangan yang berlebihan pada tower, kekurangan komponen struktur, dan kelonggaran baut penghubung. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan serius pada tower dan membahayakan lingkungan sekitarnya [8].

Dalam era Society 5.0 yang sedang berkembang, teknologi telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan

manusia. Hampir semua aspek kehidupan bergantung pada kemajuan teknologi, dan internet memainkan peran sentral dalam hal ini. Internet memiliki kemampuan untuk mempermudah tugas manusia dalam berbagai aktivitas. Salah satu konsep yang terkait erat dengan era ini adalah Internet of Things (IoT), di mana berbagai perangkat terhubung dan saling berkomunikasi melalui internet. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini dirancang sebagai alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada. Fokus penelitian ini adalah menciptakan prototipe sistem kontrol yang dapat digunakan untuk memantau kemiringan tower BTS. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dalam menjaga dan memelihara tower BTS. Keunggulan dari pendekatan ini adalah pemanfaatan teknologi IoT, yang memungkinkan petugas pemeliharaan untuk memonitor kemiringan tower BTS secara real-time, tanpa perlu melakukan kunjungan lapangan secara terus-menerus. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan teknologi dalam pemeliharaan tower BTS, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan infrastruktur telekomunikasi tersebut.

II. METODOLOGI

A. Blok Diagram Sistem



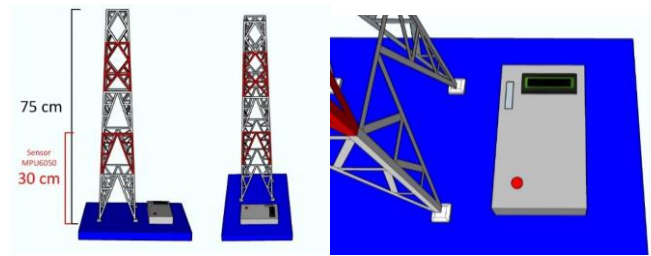
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Dalam sistem ini, terdapat penggunaan Sensor MPU 6050 yang terhubung dengan Arduino Uno. Data yang dihasilkan oleh sensor tersebut dikirimkan melalui Arduino Uno ke NodeMCU ESP8266. Selanjutnya, data pengukuran kemiringan tersebut dikirimkan melalui jaringan nirkabel WiFi yang terhubung ke internet. Penting untuk dicatat bahwa data hanya akan dikirimkan jika terdapat koneksi internet yang tersedia. Apabila tidak ada koneksi internet, data tidak akan dikirimkan. Apabila terdapat koneksi internet yang tersedia, data pengukuran kemiringan akan dikirimkan ke platform Google Firebase. Data tersebut akan disimpan dan dapat diakses melalui aplikasi android yang terhubung ke Google Firebase.

B. Model Prototype

Prototype alat yang dibuat memiliki dimensi tinggi 75 cm. Posisi sensor MPU-6050 pada prototype tersebut ditempatkan 30 cm dari bagian bawah. Perlu dicatat bahwa tinggi sebenarnya dari tower BTS adalah 75 meter [9]. Skala yang digunakan dalam pembuatan *prototype* ini adalah 1:100 dibandingkan dengan ukuran sebenarnya dari tower BTS. Selain itu, prototype alat dilengkapi dengan sebuah box

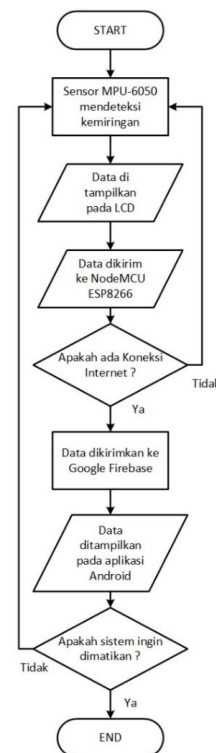
kontrol yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan komponen-komponen yang diperlukan.



Gambar 2. Model Prototype

C. Diagram Alur Prototype

Selain merancang perangkat keras, prototype untuk monitoring kemiringan BTS ini juga terhubung dengan aplikasi android. Berikut adalah diagram alur (flowchart) yang menggambarkan cara kerja prototype untuk monitoring kemiringan BTS. Sistem prototype monitoring kemiringan BTS dimulai dengan sensor kemiringan MPU-6050 yang mengambil data kemiringan BTS. Data tersebut kemudian dikirimkan melalui koneksi serial ke NodeMCU ESP8266. Jika NodeMCU ESP8266 telah terhubung ke internet, maka data akan dikirimkan ke Firebase. Namun, jika NodeMCU ESP8266 tidak terhubung ke internet, maka data tidak akan terkirim. Aplikasi android akan mengambil data dari Firebase. Sistem akan terus melakukan pengulangan (looping) secara berkelanjutan sampai catu daya pada box kontrol sistem monitoring BTS dimatikan, yang akan menghentikan sistem. Diagram alur proses prototype ini dapat dilihat pada Gambar 3.



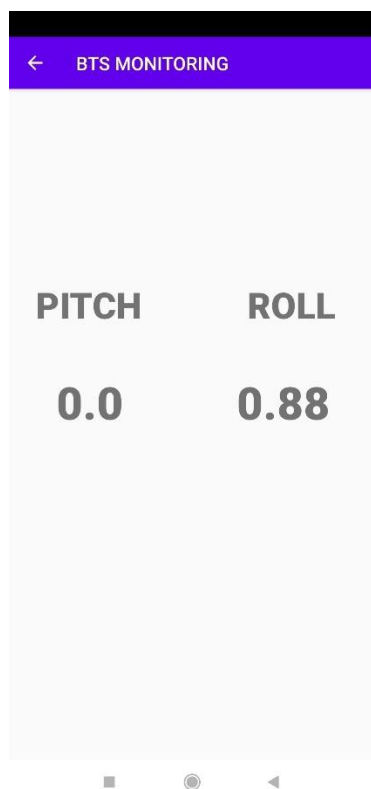
Gambar 3. Diagram alir Prototype

D. Aplikasi Android

Prototype tower BTS dilengkapi dengan aplikasi Android. Aplikasi Android digunakan untuk memantau kemiringan tower BTS melalui *internet of things*. Aplikasi Android memiliki nama aplikasi “BTS Monitor”. Aplikasi Android BTS monitor memiliki spesifikasi minimal sistem operasi Android 7.0 (Nougat). Berikut ini merupakan tampilan icon dan tampilan aplikasi android.



Gambar 4. Icon Aplikasi Android



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Android

Pada layout tampilan aplikasi android BTS Monitor terdiri dari nilai data kemiringan sensor yang diukur pada sensor MPU-6050.

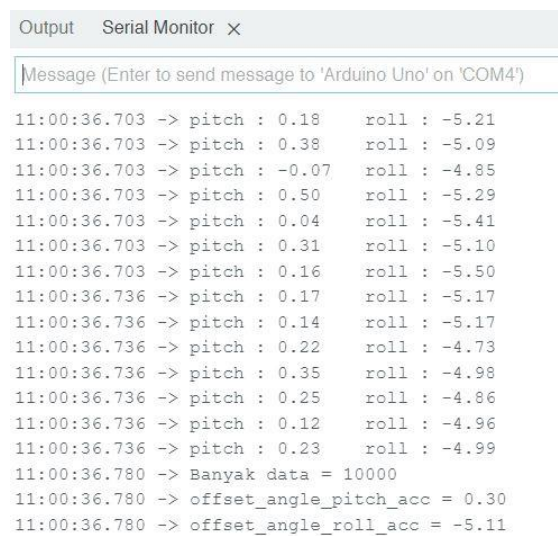
III. HASIL DAN ANALISA

A. Kalibrasi Sensor MPU-6050

Untuk mengkalibrasi sensor MPU-6050, dilakukan pengambilan 10.000 data kemiringan pitch dan roll saat sensor berada pada posisi awal 0°. Dari data kalibrasi tersebut, diperoleh nilai offset yang digunakan untuk mengkompensasi

sudut kemiringan pitch dan roll. Kalibrasi menjadi penting karena sensor MPU-6050 sangat sensitif, sehingga nilainya dapat dengan mudah berubah akibat gerakan yang sangat kecil. Bahkan getaran yang kecil dapat mengakibatkan perubahan nilai sensor bahkan hanya dengan pergeseran sudut 1°. Faktor manusia seperti pegangan yang tidak stabil dan faktor lingkungan juga berkontribusi terhadap getaran tersebut. Oleh karena itu, kalibrasi dilakukan untuk mengatur nilai offset sudut agar mencapai 0. Idealnya, kalibrasi dilakukan pada permukaan datar [10], [11].

Kalibrasi dilakukan di meja laboratorium telekomunikasi Universitas Merdeka Malang. Saat dilakukan kalibrasi di tempat lain didapatkan nilai berbeda, karena perbedaan kemiringan meja. Gambar berikut ini merupakan hasil dari kalibrasi sensor MPU-6050.



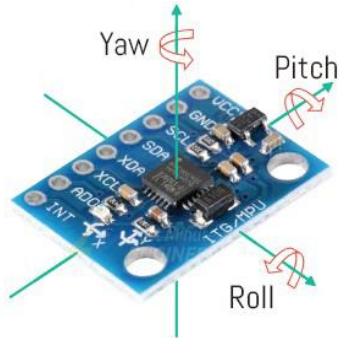
Gambar 6. Kalibrasi Sensor MPU-6050

Untuk mendapatkan nilai offset, dilakukan perhitungan rata-rata dari 10.000 data yang diambil ketika perangkat berada pada posisi 0 sudut. Proses pengambilan data tersebut memakan waktu sekitar 2 menit 20 detik. Menggunakan jumlah data yang lebih besar dalam proses kalibrasi dapat menghasilkan nilai yang lebih akurat, namun memerlukan waktu kalibrasi yang lebih lama. Hasil kalibrasi menghasilkan nilai offset sebesar 0,30 untuk sudut pitch dan -5,11 untuk sudut roll. Nilai offset tersebut kemudian dimasukkan ke dalam basis program Arduino untuk mendeteksi sudut pitch dan roll dengan akurasi yang lebih baik.

B. Pengujian Sensor MPU-6050

Sensor MPU-6050 ditempatkan pada model prototype kemiringan tower BTS. Untuk menguji sensor MPU-6050, prototype tersebut dimiringkan sesuai dengan berbagai sudut derajat. Sensor MPU-6050 memiliki kemampuan untuk mengukur sudut pitch, roll, dan yaw. Namun, dalam konteks penelitian ini, hanya sudut pitch dan roll yang diperhatikan pada prototipe kemiringan BTS. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa sudut yaw jarang terjadi pada kemiringan gedung atau tower, kecuali ada pergeseran tanah yang signifikan. Untuk

memberikan gambaran visual, berikut ini adalah ilustrasi yang menggambarkan sudut pitch, roll, dan yaw yang dapat diukur oleh sensor MPU-6050.



Gambar 7. Ilustrasi sudut Sensor MPU-6050

Filter komplementer digunakan pada sensor MPU-6050. Pada penelitian ini digunakan filter komplementer dengan nilai 0,91 untuk sudut pitch dan 0,87 untuk sudut roll, sebagaimana dijelaskan dalam referensi [12]. Untuk menguji sensor ini, digunakan busur protaktor sebagai alat ukur acuan sudut kemiringan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan keluaran sudut kemiringan pada LCD prototipe dengan alat ukur busur protactor. Metode pengujian sensor MPU-6050 ditunjukkan pada Gambar 8. Metode pengujian dilakukan dengan memiringkan prototipe tower BTS dengan berbagai sudut kemiringan. Hasil pengujian sensor MPU-6050 untuk sudut pitch ditunjukkan dalam Tabel 1, sementara hasil pengujian untuk sudut roll ditunjukkan dalam Tabel 2.



Gambar 8. Pengujian Sensor MPU-6050

Tabel 1. Pengujian Sensor MPU-6050 sudut Pitch

No.	Busur Protactor	LCD pada Prototype	Error
1.	5°	5,2°	0,2
2.	10°	11,4°	1,4
3.	20°	19,3°	0,7
4.	30°	32,12°	2,12
5.	40°	40,52°	0,52
6.	50°	51,21°	1,21
7.	60°	59,52°	0,48
8.	70°	70,2°	0,2
9.	80°	81,45°	1,45
10.	90°	87,51°	2,49
Rerata Error			1,077

Tabel 2. Pengujian Sensor MPU-6050 sudut Roll

No.	Busur Protactor	LCD pada Prototype	Error
1.	5°	6,1°	1,1
2.	10°	9,7°	0,3
3.	20°	21,7°	1,7
4.	30°	31,78°	1,78
5.	40°	42,14°	2,14
6.	50°	50,97°	0,97
7.	60°	63,72°	3,72
8.	70°	71,11°	1,11
9.	80°	78,45°	1,55
10.	90°	87,31°	2,69
Rerata Error			1,706

Berdasarkan data yang tertera pada Tabel 1 dan 2, ditemukan nilai error sebesar 1,077 untuk sudut pitch dan 1,706 untuk sudut roll. Error tersebut dapat terjadi karena adanya ketebalan pada alas prototipe yang menyebabkan pengukuran terkadang berada di atas dan terkadang berada di bawah. Meskipun begitu, nilai kesalahan tersebut masih dianggap valid karena tidak melebihi 2 derajat kesalahan.

C. Pengujian LCD

Dilakukan pengujian terhadap komponen LCD untuk memastikan kemampuannya dalam menampilkan teks dengan akurat. Pada LCD tersebut terdapat tiga output yang dapat ditampilkan, yaitu "AMAN", "Perlu Penanganan", dan "BAHAYA". Ketika sudut kemiringan berada di bawah 10 derajat, LCD akan menampilkan teks "AMAN". Jika sudut kemiringan berada di antara 10 hingga 20 derajat, maka teks yang ditampilkan adalah "Perlu Penanganan". Sementara itu, jika sudut kemiringan melebihi 20 derajat, teks yang ditampilkan adalah "BAHAYA". Pengujian LCD I2C memberikan hasil yang memperlihatkan bahwa komponen tersebut mampu menampilkan output yang sesuai dengan kondisi sudut kemiringan yang diukur. Hal ini menunjukkan

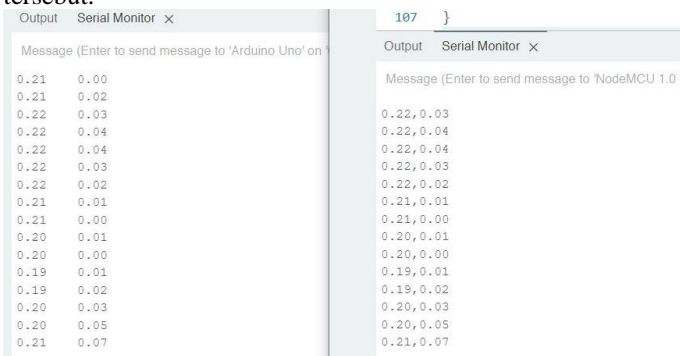
keberhasilan dalam fungsi dan kinerja LCD dalam prototype monitoring kemiringan BTS.



Gambar 9. Pengujian LCD

D. Pengujian Komunikasi Serial antara NodeMCU ESP8266 dengan Arduino Uno

Dilakukan pengujian komunikasi serial antara Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 dengan tujuan untuk memastikan akurasi transfer data antara kedua perangkat tersebut.



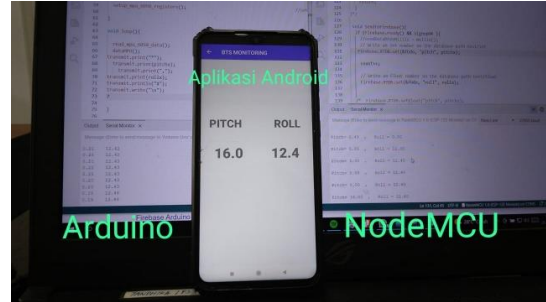
Gambar 10. Pengujian Komunikasi Serial

Pada gambar 10, terlihat data yang dikirimkan oleh Arduino Uno (di sebelah kiri) dan data yang diterima oleh NodeMCU ESP8266 (di sebelah kanan). Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa data yang dikirimkan oleh Arduino Uno berhasil diterima oleh NodeMCU ESP8266 tanpa adanya perubahan atau kesalahan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi serial antara kedua perangkat berjalan dengan baik. Setelah data berhasil diterima oleh NodeMCU ESP8266, langkah selanjutnya adalah mengirimkan data tersebut ke Firebase untuk proses lebih lanjut. Proses pengiriman data ke Firebase akan memungkinkan pengolahan dan analisis lebih lanjut terkait data kemiringan yang diukur oleh prototype monitoring kemiringan BTS.

E. Pengujian Firebase dan Aplikasi Android

Setelah menyelesaikan pengujian komunikasi serial, langkah selanjutnya adalah menguji integrasi antara Firebase dan aplikasi Android. Pada tahap ini, setelah NodeMCU ESP8266 menerima data dari Arduino, data tersebut akan dikirimkan ke Firebase. Selanjutnya, aplikasi Android akan mengambil data dari Firebase untuk digunakan dalam proses selanjutnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diterima oleh NodeMCU ESP8266 dengan data yang tersedia di Firebase dan diakses oleh aplikasi Android. Dalam pengujian ini, kami memastikan bahwa pengiriman data dari NodeMCU ESP8266 ke Firebase berjalan dengan baik dan data dapat diakses secara akurat oleh aplikasi Android. Berikut adalah hasil pengujian integrasi Firebase dan

aplikasi Android untuk memverifikasi kelancaran dan keakuratan proses tersebut..



Gambar 11. Pengujian Firebase dan Aplikasi Android

Setelah melakukan pengujian, ditemukan adanya sedikit error. Error tersebut terjadi karena terdapat delay antara pengiriman data dari NodeMCU ke Firebase. Sensor MPU-6050 menghasilkan data dengan presisi hingga ke tingkat microdetik. Karena kepresisian sensor MPU-6050 tersebut maka diperlukan koneksi internet yang mumpuni. Dalam sistem prototype monitoring kemiringan BTS menggunakan koneksi Wi-Fi yang terhubung internet, maka koneksi internet yang handal dan cepat sangat penting untuk menjaga keakuratan dan keandalan pengiriman data secara real-time. Namun, jika terdapat keterbatasan pada koneksi internet yang digunakan, seperti kecepatan yang tidak mencukupi, maka terjadilah error dan delay dalam proses pengiriman data. Dengan memiliki koneksi internet yang stabil dan cepat, diharapkan error yang terjadi dapat diminimalisir, sehingga sistem prototype dapat berjalan dengan optimal dan akurat dalam memonitoring kemiringan BTS.

IV. KESIMPULAN

- 1) Penggunaan sensor MPU-6050 pada prototype kemiringan BTS telah dilakukan dengan melakukan kalibrasi terlebih dahulu. Proses kalibrasi ini melibatkan pengambilan rata-rata dari 10.000 data pada posisi awal untuk mendapatkan nilai offset sudut pitch dan roll. Dari hasil kalibrasi, diperoleh nilai offset sebesar 0,30 untuk sudut pitch dan -5,11 untuk sudut roll, yang kemudian diimplementasikan dalam kode Arduino.
- 2) Prototype kemiringan BTS juga berhasil diintegrasikan dengan Internet of Things (IoT) menggunakan layanan Google Firebase. Dengan adanya integrasi ini, prototype dapat mengirim data kemiringan secara real-time melalui jaringan internet. Aplikasi Android kemudian dapat mengambil data tersebut dari Firebase untuk keperluan monitoring.
- 3) Melalui proses pengujian yang dilakukan, ditemukan bahwa prototype kemiringan BTS memiliki rata-rata kesalahan sebesar 1,077 untuk sudut pitch dan 1,703 untuk sudut roll. Meskipun terdapat kesalahan dalam pengukuran, hasil tersebut masih dianggap valid dalam melakukan pemantauan kemiringan BTS. Dalam implementasi nyata, prototype ini dapat memberikan informasi yang akurat dan membantu dalam memantau kemiringan tower BTS secara efektif.

Dengan demikian, penggunaan sensor MPU-6050 yang telah dikalibrasi dan integrasi dengan teknologi IoT melalui Google Firebase membuktikan kehandalannya dalam mendukung monitoring kemiringan BTS. Pengembangan lebih lanjut pada prototype ini dapat memberikan manfaat yang lebih besar dalam memelihara dan menjaga kestabilan tower BTS dan dapat diimplementasikan secara nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Hasudungan and Y. Kurniawan, "Meningkatkan Kesadaran Generasi Emas Indonesia Dalam Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0 Melalui Inovasi Digital Platform [www. indonesia2045. org](http://www.indonesia2045.org)," in *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin*, 2018, pp. 51–58.
- [2] H. Hamuda, "Perencanaan Kebutuhan Base Transceiver Station (BTS) Dan Optimasi Penempatan Tower Bersama Telekomunikasi," 2014.
- [3] E. A. Mamarimbing, B. D. Handono, and M. D. J. Sumajouw, "PERENCANAAN STRUKTUR TOWER BTS TIPE SELF-SUPPORTING TOWER," *JURNAL SIPIL STATIK*, vol. 8, no. 5, 2020.
- [4] M. Indrayati Galugu, Y. Abadi, and M. Iswandi, "Kajian Dampak Pengembangan BTS (Base Transceiver Station) terhadap Kondisi Wilayah dan Lingkungan di Kota Kendari".
- [5] Y. E. Simorangkir, "PERTANGGUNGJAWABAN HUKUM PEMILIK TOWER TELEKOMUNIKASI TERHADAP PEMILIK BANGUNAN ATAS TIMBULNYA KERUGIAN AKIBAT FORCE MAJEURE (STUDI PUTUSAN MA RI NO. 1144K/PDT/2012)," *PREMISE LAW JURNAL*, vol. 18, 2017.
- [6] I. Sawaleo, "Perjanjian Penggunaan Rooftop antara Perusahaan Telekomunikasi dengan Pemilik Bangunan di Kota Medan," *Premise Law Journal*, vol. 3, p. 14166, 2016.
- [7] U. Saragih, "Penggantian Kerugian Bagi Masyarakat Yang Terkena Dampak Buruk Tower BTS," 2019.
- [8] A. Windharto and A. Setiawan, "Multi operator BTS aesthetic tower design for metropolitan city," in *Proceedings of the 1st CIRP Industrial Product-Service Systems (IPS2) Conference*, 2009.
- [9] "Menengok Bukit Tempat Telkomsel Dilahirkan." <https://tekno.kompas.com/read/2019/11/28/14220047/menengok-bukit-tempat-telkomsel-dilahirkan> (accessed Nov. 08, 2022).
- [10] B. Firman, "Implementasi Sensor IMU MPU6050 Berbasis Serial I2C pada Self-Balancing Robot," *Jurnal Teknologi Technoscientia*, pp. 18–24, 2016.
- [11] A. A. Rafiq, W. N. Rohman, and S. D. Riyanto, "Development of a simple and low-cost smartphone gimbal with MPU-6050 sensor," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 1, no. 4, pp. 136–140, 2020.
- [12] "Mengakses Sensor MPU-6050 (Accelerometer dan Gyroscope) Menggunakan Arduino – Blog elektro code." <https://elektrocode2018.wordpress.com/2020/02/26/mengakses-sensor-mpu-6050-accelerometer-dan-gyroscope-menggunakan-arduino/> (accessed Dec. 04, 2022).