

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PERGESERAN TANAH
PADA JALUR KERETA API HILIR AIRTUBA BERBASIS *Internet of
Things* (IoT) DENGAN *WIRELESS SENSOR NETWORK* (WSN)**

(Skripsi)

Oleh

DIAN NURBUDI LEKSONO

2015031047



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PERGESERAN TANAH PADA JALUR KERETA API HILIR AIRTUBA BERBASIS *Internet of Things* (IoT) DENGAN *WIRELESS SENSOR NETWORK* (WSN)

Oleh

DIAN NURBUDI LEKSONO

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring pergeseran tanah pada jalur kereta api hilir Airtuba dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *Wireless Sensor Network* (WSN). Latar belakang penelitian ini adalah pentingnya keamanan dan keselamatan perjalanan kereta api di Indonesia, khususnya di daerah rawan bencana seperti Sumatera Selatan. Sistem ini menggunakan sensor akselerometer ADXL345 dan sensor tegangan DC untuk mendeteksi perubahan sudut kemiringan tanah dan tegangan baterai secara *real-time*, yang kemudian dikirimkan secara *wireless* dan ditampilkan melalui platform Blynk. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Terpadu Universitas Lampung dan jalur kereta api hilir Airtuba dari Januari hingga Mei 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi pergeseran tanah dengan akurasi yang baik dan mengidentifikasi pengaruh kondisi Line of Sight (LOS) dan Non-Line of Sight (N-LOS) terhadap *Quality of Service* (QoS) dari jaringan sensor. Data dari sensor akselerometer menunjukkan stabilitas tanah saat tidak ada kereta melintas, namun fluktuasi yang lebih besar saat kereta melintas, menunjukkan perubahan akibat getaran kereta. Sistem monitoring ini diharapkan dapat memberikan peringatan dini terhadap potensi longsor dan tanah amblas, sehingga mengurangi risiko kecelakaan kereta api. Penelitian ini memberikan landasan bagi pengembangan sistem monitoring yang lebih canggih di masa depan, dengan peningkatan kualitas layanan (QoS) dan penambahan sensor yang mampu mengukur jarak perpindahan tempat.

Kata kunci : Sistem Monitoring, Pergeseran Tanah, *Internet of Things* (IoT), *Wireless Sensor Network* (WSN), Sensor Akselerometer, Sensor Tegangan DC, *Line of Sight* (LOS), *Non-Line of Sight* (N-LOS), *Quality of Service* (QoS), dan Blynk

ABSTRACT

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PERGESERAN TANAH PADA JALUR KERETA API HILIR AIRTUBA BERBASIS *Internet of Things* (IoT) DENGAN *WIRELESS SENSOR NETWORK* (WSN)

By

DIAN NURBUDI LEKSONO

This research aims to design and build a soil shift monitoring system on the Airtuba downstream railway line using Internet of Things (IoT) technology and Wireless Sensor Network (WSN). The background of this research is the importance of the security and safety of train travel in Indonesia, especially in disaster-prone areas such as South Sumatra. The system uses ADXL345 accelerometer sensors and DC voltage sensors to detect changes in the angle of the ground slope and battery voltage in real-time, which are then transmitted wirelessly and displayed through the Blynk platform. The research was carried out at the Integrated Electrical Engineering Laboratory of the University of Lampung and the Airtuba downstream railway line from January to May 2024. The results show that the developed system is able to detect ground shifts with good accuracy and identify the influence of Line of Sight (LOS) and Non-Line of Sight (N-LOS) conditions on the Quality of Service (QoS) of the sensor network. Data from the accelerometer sensor shows the stability of the ground when no train is passing, but the greater fluctuation when the train is passing, shows changes due to the vibration of the train. This monitoring system is expected to provide early warning of potential landslides and landslides, thereby reducing the risk of train accidents. This research provides a foundation for the development of more sophisticated monitoring systems in the future, with improved quality of service (QoS) and the addition of sensors capable of measuring distance from place to place.

Keywords: *Monitoring System, Land Shift, Internet of Things (IoT), Wireless Sensor Network (WSN), Accelerometer Sensor, DC Voltage Sensor, Line of Sight (LOS), Non-Line of Sight (N-LOS), Quality of Service (QoS), and Blynk*

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PERGESERAN TANAH
PADA JALUR KERETA API HILIR AIRTUBA BERBASIS *Internet of
Things (IoT)* DENGAN *WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)***

Oleh

DIAN NURBUDI LEKSONO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM
MONITORING PERGESERAN TANAH PADA
JALUR KERETA API HILIR AIRTUBA
BERBASIS *Internet of Things* (IoT) DENGAN
WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)**

Nama Mahasiswa : **Dian Nur Budi Leksono**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015031047

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197105251999031001

Syaiful Alam, S.T., M.T.
NIP. 196904161998031004

2. Mengetahui

Ketua Jurusan

Ketua Program Studi

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 197103141999032001

Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 197311042000031001

MENGESAIKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D.



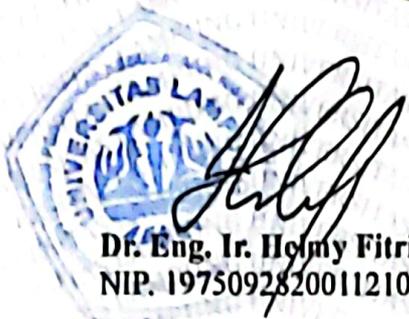
Sekretaris : Syaiful Alam, S.T., M.T.



Penguji : Yetti Yuniati, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Holmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)
NIP. 197509282001121002**

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 Agustus 2024

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang telah disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Agustus 2024



Dian NurBudi Leksono

NPM. 2015031047

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bekri pada tanggal 24 November 2002 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, putra dari pasangan Bapak Siswadi dan Ibu Zuraidah. Riwayat pendidikan formal yang penulis tempuh dan selesaikan adalah TK YWKA pada tahun 2007, SD N 7 OKU pada tahun 2008 hingga 2014, SMPN 2 OKU pada tahun 2014 hingga 2017 dan SMAN 4 OKU 2017 hingga 2020.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi pada Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung sebagai Anggota Departemen Komunikasi Dan Informasi pada periode 2021 dan 2022. Kemudian Penulis juga aktif berorganisasi pada Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) Universitas Lampung sebagai Legislator Muda periode 2020. Selain proses perkuliahan, penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT. Lampung Jasa Utama (Perseroda) dengan membahas topik tentang “Rancang Desain Project FIBER TO THE HOME (FTTH) PT. LAMPUNG JASA UTAMA (PERSERODA)”.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'allamin, Puji Syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa dan Maha Besar atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta Solawat kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi WaSallam yang selalu menjadi suri tauladan bagi kehidupan

KUPERSEMBAHKAN DENGAN TULUS KARYA INI TERUNTUK:

"Ibunda Tercintaku Alm. Zuraidah dan Ayahanda Tercintaku Siswadi sebagai wujud nyata ketulusan cinta dan kasih sayang yang telah diberikan. Juga tidak lupa kepada Mas Azis dan Mas Imam atas doa dan motivasi yang selalu diberikan."

"Dosen Pembimbing dan Penguji serta Civitas Akademik Jurusan Teknik Elektro, terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan ilmu yang sangat banyak selama perkuliahan serta pengerjaan skripsi ini."

"Tak lupa kepada teman-teman Angkatan 2020, terimakasih telah menemani, membantu, dan pembelajaran kepada saya selama duduk dibangku perkuliahan. "

MOTTO

*"Orang yang terlalu memikirkan akibat dari sesuatu keputusan atau tindakan,
sampai kapan pun dia tidak akan menjadi orang berani."*

(Ali bin Abi-Thalib)

*"Apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang
ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu."*

(Umar Bin Khatab)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan Allah Subhannahu Wata'ala atas segala karunia, rahmat, dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam tidak lupa juga penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan yang baik seluruh umat manusia dan senantiasa mengharapkan syafaatnya di yaumul akhir kelak.

Skripsi dengan judul “**Rancang Bangun Sistem Monitoring Pergeseran Tanah Pada Jalur Kereta Api Hilir Airtuba Berbasis *Internet of Things (IoT)* Dengan *Wireless Sensor Network (WSN)***” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT sebagai Zat yang selalu memberikan rahmat, karunia, serta sebagai nikmat-Nya yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua Orangtuaku tercinta Bapak Siswadi dan Ibu Zuraidah, terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan, ridho dan doa pada setiap jalan perjuangan selama ini yang tiada hentinya.
3. Saudara-saudaraku Tersayang Mas Azis dan Mas Imam yang menjadi penyemangat dan memberikan doa untuk penulis, semoga kelak kita menjadi orang yang sukses agar dapat membahagiakan dan membanggakan Orangtua kita.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung. 5. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

6. Bapak Misfa Susanto, S.T.,M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan motivasi dan pandangan kehidupan, mengarahkan dan membimbing dengan tulus dan penuh kesabaran.
7. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran, bimbingan, dan arahan dengan baik dan ramah.
8. Bapak Yetti Yuniati, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan, kritik, dan arahan.
9. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc., selaku dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, bimbingan dengan baik dan tulis bagi penulis selama perkuliahan.
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan pengarahan dan pandangan hidup selama perkuliahan.
11. Staff administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
12. Kepada member Ultramen Gusti, Affan, Fadhil, Irham, Sandro, dan Sidik terimakasih atas segala canda tawa, dan saling supportnya.
13. Keluarga besar HELLIOS Angkatan 2020, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
14. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
15. Semua pihak yang terlibat dalam proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini penulis ucapkan terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
16. Seseorang yang pernah ada dalam hidup penulis, yang menjadi motivasi penulis untuk mengerjakan skripsi.
17. Kepada diri penulis sendiri, terimakasih banyak karna sudah yakin dan mau bertahan untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai dan selalu yakin bahwa Allah tidak akan memberikan ujian melebihi batas kemampuan hambanya. Semoga Allah SWT membalas semua perbuatan dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis sampai dengan terselesaikannya Skripsi

ini. Penulis xii menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan masyarakat pada umumnya.

Bandar Lampung, 09 September 2024
Penulis



Dian NurBudi Leksono
NPM. 2015031047

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN

RIWAYAT HIDUP

MOTTO

PERSEMBAHAN

SANWACANA

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

Halaman

BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Tanah Longsor.....	9
2.3 Wireless Sensor Network (WSN).....	10
2.4 Mikrokontroler	10
2.5 Arduino IDE.....	11

2.6 Mikrokontroler ESP 8266.....	12
2.7 Sensor Akselerometer ADXL 345.....	13
2.8 SEN-0052	14
2.9 <i>Solar Charge Controller</i>	15
2.10 Baterai <i>Lead Acid</i>	16
2.11 Blynk	17
2.12 USB Modem <i>Wifi</i>	17
2.13 <i>Wireshark</i>	18
2.15 <i>Quality of Service (QoS) Pada Wireless Sensor Network (WSN)</i>	19
2.15.1 <i>Delay</i>	19
2.15.2 <i>Throughput</i>	20
2.15.3 <i>Packet Loss</i>	20
2.16 <i>Line of Sight (LOS)</i>	20
2.17 <i>Non Line of Sight (N-LOS)</i>	21
2.18 Arduino Uno.....	22
2.19 nRF24L01	22
2.20 <i>Intermediate Node</i>	23
2.21 Panel Surya	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3. 2 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3. 3 Tahapan Penelitian	29
3.3.1 Studi Literatur	31
3.3.2 Bimbingan	31
3.3.3 Pembuatan Arsitektur Komponen	31
3.3.4 Uji Lapangan	34
3.3.5 Diagram Alir Proses Pembuatan Desain dan Fabrikasi Sistem	35
3.3.6 Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor.....	37
3.4 Desain dan Proses Pengiriman Data Sistem Monitoring Pergeseran Tanah di Jalur Kereta Api	38
3.4.1 Desain.....	38
3.4.2 Proses Pengiriman Data.....	41

3.5 Rancangan Penempatan Sistem Monitoring Pergeseran Tanah Pada Jalur Kereta Api.....	42
3.6 Skema Pengambilan Data	43
3.6.1 Skema Pengujian Pada Jalur Kereta Api	44
3.7 Parameter Pengujian Kinerja Sistem.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Impementasi dan Pengujian Sistem.....	50
4.1.1 Implementasi Sistem	50
4.1.2 Pengujian Akurasi Kalibrasi Sensor ADXL 345.....	54
4.1.3 Pengujian Akurasi Kalibrasi Sensor Tegangan DC SEN-0052	55
4.1.4 Pengujian Stabilitas Data.....	56
4.1.5 Pengujian Daya Tahan Baterai.....	57
4.2 Data Hasil Sistem Monitoring Pergeseran Tanah	57
4.2.1 Data Hasil Saat Tidak Ada Kereta	58
4.2.2 Data Hasil Saat Kereta Melintas	60
4.3 Data Hasil QoS Jaringan Sistem Monitoring Pergeseran Tanah.....	62
4.4 Tampilan dari Blynk	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran.....	71
Daftar Pustaka	72

Daftar gambar

	Halaman
Gambar 2. 1 Tanah Longsor Pada Jalur Kereta Api	8
Gambar 2. 2 Wireless Sensor Network (WSN)	9
Gambar 2. 3 Mikrokontroler	10
Gambar 2. 4 Software Arduino IDE	11
Gambar 2. 5 Mikrokontroler ESP 32S	12
Gambar 2. 6 Sensor ADXL345	12
Gambar 2. 7 Ilustrasi Penentuan Sudut Kemiringan Menggunakan Percepatan Gravitasi	13
Gambar 2. 8 Sensor Tegangan DC	15
Gambar 2. 9 Modul BMS	16
Gambar 2. 10 Baterai Lithium	17
Gambar 2. 11 Blynk	17
Gambar 2. 12 USB Modem <i>Wifi</i>	18
Gambar 2. 13 Icon Wireshark	19
Gambar 2. 14 Line of Sight (LOS).....	21
Gambar 2. 15 Non Line of Sight(N-LOS)	21
Gambar 2. 16 Arduino Uno	22
Gambar 2. 17 Modul nRF24101	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Arsitektur Umum node server	32
Gambar 3. 3 Arsitektur Umum <i>Sensor node</i>	33
Gambar 3. 4 Jalur Kereta Api Hilir km 212+8/9 Airtuba	34
Gambar 3. 5 Diagram Alir Proses Desain dan Fabrikasi Alat	35
Gambar 3. 6 Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor	37

Gambar 3. 7 Desain Sistem Node Server	38
Gambar 3. 8 Desain Sistem <i>Sensor node</i>	39
Gambar 3. 9 Proses Pengiriman Data	40
Gambar 3. 10 Rancangan Penempatan <i>Sensor node</i> Sistem Monitoring Pergeseran Tanah Pada Jalur Kereta Api	41
Gambar 3. 11 Situasi Saat Kereta Lewat	43
Gambar 3. 12 Situasi Saat Tidak Ada Kereta Lewat	44
Gambar 4. 1 Intermediate Node	52
Gambar 4. 2 <i>Sensor node</i>	53
Gambar 4. 3 Alat ukur inclinometer digital.....	54
Gambar 4. 4 Multimeter Digital	55
Gambar 4. 5 Data hasil Sudut X ketika tidak ada kereta melintas	58
Gambar 4. 6 Data hasil Sudut Y ketika tidak ada kereta melintas.....	58
Gambar 4. 7 Data hasil tegangan <i>sensor node</i> ketika tidak ada kereta melintas...	59
Gambar 4. 8 Data hasil tegangan intermediate node Ketika tidak ada kereta melintas	59
Gambar 4. 9 Data Hasil Sudut X Saat kereta Melintas.....	60
Gambar 4. 10 Data Hasil Sudut Y Saat Kereta Melintas	60
Gambar 4. 11 Data hasil tegangan <i>sensor node</i> saat kereta melintas	61
Gambar 4. 12 Data hasil tegangan intermediate node saat kereta melintas	62
Gambar 4. 13 Tampilan login.....	65
Gambar 4. 14 Tampilan Dashboard Blynk.....	66
Gambar 4. 15 Tampilan Data pada Web Blynk	67
Gambar 4. 16 Tampilan Blynk pada Android.....	69
Gambar 4. 17 Interpretasi hasil pengukuran sudut.....	65

Daftar Tabel

	Halaman
Tabel 3. 1 Daftar Spesifikasi Komponen	28
Tabel 3. 2 Daya Maksimum dan Rentang Kerja Alat yang digunakan	36
Tabel 3. 3 Kalibrasi Sensor.....	37
Tabel 4.1 Peralatan yang digunakan dalam penelitian.....	50
Tabel 4.2 Pengujian Sensor ADXL 345	54
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Tegangan DC SEN-0052.....	55
Tabel 4. 4 Pengujian Stabilitas Data Sensor ADXL 345.....	56
Tabel 4. 5 Pengujian daya tahan baterai.....	57
Tabel 4. 6 <i>Throughput</i>	63
Tabel 4. 7 Packet Loss.....	63
Tabel 4. 8 Delay	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang sangat penting dan sering digunakan di banyak negara salah satunya Negara Indonesia. Keamanan dan keselamatan perjalanan kereta api merupakan faktor yang sangat krusial dalam operasional kereta api. Salah satu masalah yang terkadang muncul adalah risiko longsor dan tanah amblas pada jalur rel kereta api, yang dapat menyebabkan kecelakaan serius dan kerusakan pada infrastruktur kereta api.

Sebanyak 27 titik jalur kereta api di Sumatera Selatan rawan bencana banjir dan longsor. PT Kereta Api Indonesia (KAI) melakukan pemetaan menyusul peningkatan intensitas hujan. Berdasarkan pemetaan PT. KAI terdapat beberapa jalur yang masuk dalam daerah rawan longsor, di antaranya petak jalur Niru - Blimbing Pendopo - Gunung Megang (Kabupaten Muara Enim), Banjarsari - Sukacinta (Kabupaten Lahat), Saungnaga-Tebing Tinggi (Kabupaten Empat Lawang) dan titik-titik daerah rawan lainnya [15].

Pada hari Jumat, 18 April 2023 Jalur rel kereta api antara Martapura - Baturaja di Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU), Provinsi Sumatera Selatan tertimbun longsor. Adapun tanah tempat tumpuan rel kereta api di petak jalan Stasiun Gilas KM 206+0/2 mengalami amblas. Akibat terjadinya longsor tersebut, perjalanan kereta api tujuan Kertapati-Tanjungkarang Lampung terganggu [16].

Risiko longsor dan tanah amblas di jalur rel kereta api di Sumatera Selatan adalah masalah serius yang harus diatasi untuk memastikan keamanan dan keselamatan perjalanan kereta api. Faktor cuaca, khususnya hujan lebat, sering menjadi pemicu

utama dari kejadian-kejadian ini. Oleh sebab itu untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan pendekatan yang lebih daripada yang telah digunakan sebelumnya.

Beberapa publikasi sebelumnya hanya berkonsentrasi pada sistem peringatan tanah longsor menggunakan sensor akselerometer [3]. Namun, dalam penelitian ini, penulis mencoba untuk mengembangkan menjadi sistem monitoring dengan penambahan sensor tegangan DC yang berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan Blynk sebagai antarmuka untuk penggunaannya sehingga membentuk *Internet of Things* (IoT).

Sensor akselerometer digunakan untuk mendeteksi pada tanah karena Sensor ADXL 345 merupakan sensor percepatan yang mampu mengukur percepatan linier dalam tiga sumbu (x, y, dan z). Prinsip kerjanya berdasarkan pada efek kapasitif, di mana perubahan kapasitansi pada setiap sumbu akibat percepatan akan diukur untuk menentukan besar dan arah percepatan yang diterapkan, kemudian sensor tegangan DC digunakan untuk mendeteksi sisa baterai atau tegangan yang digunakan oleh sistem.

Dengan mengintegrasikan beberapa jenis sensor, sistem monitoring ini akan memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi longsor dan amblas tanah sebelum kejadian yang lebih serius terjadi. Selain itu, sistem ini akan mampu memberikan data *real-time* berupa sudut pergeseran tanah dan tegangan baterai.

Dengan solusi ini, diharapkan sistem monitoring ini akan memberikan pemberitahuan dini terhadap risiko longsor dan amblas tanah di jalur rel kereta api Sumatera Selatan, sehingga perjalanan kereta api dapat berlangsung dengan lebih aman dan terkoordinasi dan juga parameter penting pada WSN adalah kestabilan dalam mengirimkan data yang didapatkan melalui transmisi *wireless* atau tanpa kabel menggunakan aplikasi *wireshark* agar dapat menghitung parameter QoS dengan dua kondisi, yaitu *Line Of Sight* (LOS) dan *Non-Line of Sight* (N-LOS).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada Penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara merangkai *sensor node* yang dapat memonitor pergeseran tanah pada jalur kereta api
2. Bagaimana cara mendesain sistem yang dapat menampilkan data dari modul sensor *accelerometer* menjadi data sudut.
3. Bagaimana cara mendesain sistem yang dapat menampilkan data dari modul sensor tegangan.
4. Bagaimana cara mendesain antarmuka *Internet of Things* (IoT) yang dapat menampilkan data pergeseran tanah dan tegangan penggunaan baterai.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Fokus pada pembuatan sistem monitoring dan pengujian hanya di jalur rel kereta api Airtuba.
2. Penggunaan sensor dibatasi hanya pada sensor tegangan DC SEN – 0052 dan sensor ADXL 345.
3. Sistem hanya dapat digunakan pada tempat yang memiliki akses Internet.
4. Kondisi pengukuran kinerja jaringan adalah pada saat *Line Of Sight* (LOS) dan *Non-Line Of Sight* (N-LOS).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mampu membuat Sistem *Wireless sensor network* yang dapat membaca pergeseran tanah pada jalur kereta api.
2. Menganalisis pengaruh *Line Of Sight* (LOS) terhadap *Quality of Service* (QoS) pada jaringan sensor.
3. Menganalisis pengaruh *Non-Line Of Sight* (N-LOS) terhadap *Quality of Service* (QoS) pada jaringan sensor.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari Penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan jaringan sensor yang mampu mengukur pergeseran tanah pada jalur kereta api.
2. Menjadi Landasan pada penelitian selanjutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan pada penelitian ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang penelitian-penelitian sebelumnya pada tinjauan pustaka, dan dasar-dasar teori dari penelitian pengembangan dan implementasi IoT dan WSN.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan waktu, tempat, alat dan bahan, dan metode penelitian beserta tahapannya mengenai pembuatan sistem dan implementasinya pada jalur kereta api.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan bagaimana proses pelaksanaan penelitian dan juga hasil yang didapatkan pada penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Memaparkan kesimpulan apa saja yang didapat dari proses pelaksanaan penelitian dan memberikan saran untuk dilakukan pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisikan referensi dari penulisan dan pelaksanaan riset.

Lampiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian dari skripsi ini mengacu pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu literatur yang membahas mengenai monitoring Pergeseran Tanah Jalur Kereta Api di Jalur hilir km 212+8/9 Airtuba dengan perbedaannya terletak pada permasalahan yang dibahas didalam-Nya dan adanya beberapa tambahan dari jurnal sebelumnya.

Penelitian yang dijadikan referensi pertama berjudul “SISTEM PERINGATAN TANAH LONGSOR PADA JALUR KERETA API” Oleh Abdul Aziz Hartalita, Dr. Eng. Ahmad Sugiana, S.Si, M.T., dan Angga Rusdinar, S.T.,M.T., Ph.D. Pada tahun 2018. Pada penelitian ini merancang dan pembuatan sistem peringatan tanah longsor. Sistem ini aktif ketika sensor akselerometer mendeteksi kemiringan di atas ambang batas yang ditentukan. Setiap sensor akan saling berkomunikasi secara *wireless* yang kemudian *microcontroller* mengolah data dan akan langsung dikirim ke stasiun pusat menggunakan SMS dan ditampilkan dimonitor pada stasiun tersebut [1].

Penelitian yang dijadikan referensi selanjutnya berjudul “DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENDETEKSI DINI BENCANA LONGSOR PINGGIR SUNGAI MENGGUNAKAN SENSOR ADXL345 BERBASIS LORA SEBAGAI MEDIA KOMUNIKASI” Oleh Rasyid Efendi Lubis, Umar Ali Ahmad, dan Randy Erfa Saputra. Pada tahun 2022. Pada penelitian ini membahas desain dan implementasi sistem deteksi dini bencana tanah longsor di pinggiran sungai. Sistem ini menggunakan sensor ADXL345 dan teknologi LoRa untuk

komunikasi. Metode ini bertujuan untuk mengukur kemiringan tanah dan getaran, yang merupakan indikator utama terjadinya longsor. Sistem ini memberikan peringatan dini melalui notifikasi SMS dan mencatat data di *website*, sehingga memungkinkan tindakan pencegahan dan penanggulangan yang lebih cepat dan efektif terhadap bencana longsor [2].

Penelitian yang dijadikan referensi selanjutnya berjudul “*Development of Vibration Spectrum Analyzer Using the Raspberry Pi Microcomputer and 3-Axis Digital MEMS Accelerometer ADXL345*” Oleh Marek Iwaniec, Andriy Holovatyy, Vasyl Teslyuk, Mykhaylo Lobur, Kostyantyn Kolesnyk, dan Marta Mashevka. Penelitian ini membahas tentang pengembangan analisistor spektrum getaran menggunakan mikrokomputer *Raspberry Pi* dan Akselerometer ADXL345. Fokus utamanya adalah memantau dan menganalisis percepatan getaran di berbagai bidang seperti elektronik semikonduktor, mikroelektronika, teknik mesin, dan lainnya. Sistem ini mencakup *driver* akselerometer untuk *Raspberry Pi*, perangkat lunak untuk akuisisi data dan pemrosesan, serta konversi sinyal getaran dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan Transformasi Fourier Diskrit (DFT). Tujuan penelitian ini adalah untuk menyediakan solusi untuk pemantauan getaran dan analisis spektrum pada objek teknis [3].

Penelitian yang dijadikan referensi selanjutnya berjudul “*Design and Realization of A Low Cost Clinometer based on ADXL345 Sensor, Ultrasonic Sensor, and Android based Smartphone*” Oleh A Najmurokhman, Kusnandar, U Komarudin, A M Annas, R Rahim. Penelitian ini membahas tentang desain dan realisasi klinometer berbiaya rendah berbasis sensor ADXL345 dan sensor ultrasonik HC-SR04, yang terhubung dengan *smartphone* berbasis Android. Sistem ini mampu mengukur jarak horizontal dan sudut elevasi untuk menghitung ketinggian bangunan. Hasil eksperimental menunjukkan bahwa alat ini dapat menghitung ketinggian bangunan dengan cepat dan akurasi kesalahan sekitar 2,5%. Jarak maksimum dari alat ke bangunan adalah 1,75 meter [4].

Penelitian yang dijadikan referensi selanjutnya berjudul “*Performance evaluation of accelerometers ADXL345 and MPU6050 exposed to random vibrational input*” Oleh João Victor Oliveira Rodrigues, Marcos Paulo Gonçalves Pedroso, Flávio

Fernandes Barbosa Silva, dan Reginaldo Gonçalves Leão Junior. Penelitian ini membahas tentang evaluasi kinerja Akselerometer ADXL345 dan MPU6050 yang terpapar sinyal getaran acak berintensitas rendah. Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi kemampuan perangkat tersebut sebagai sensor getaran mekanis untuk mesin berputar. Analisis dilakukan pada pergeseran *offset* sensor akibat medan gravitasi Bumi, serta analisis spektrum getaran dan kesalahan penyearahan di bawah berbagai kondisi. Data menunjukkan bahwa respons MPU6050 lebih seragam dibandingkan ADXL345 ketika terpapar sinyal mekanis yang sama. Kesalahan penyearahan MPU6050 konsisten dengan yang dilaporkan dalam literatur, sementara ADXL345 menunjukkan beberapa anomali perilaku. Penelitian ini menyarankan bahwa metodologi yang digunakan dapat memprofil perilaku sensor, tetapi tidak cukup untuk membenarkan ketidakakuratan secara aman, sehingga diperlukan pengujian pada jumlah sensor yang secara statistik representatif dari berbagai produsen dan batch [5].

Penelitian yang dijadikan referensi selanjutnya “*DESCRIPTIVE STATISTICAL CALIBRATION METHOD OF TRIAXIAL DIGITAL ACCELEROMETER ADXL345 AS EARTHQUAKES SENSOR*” Oleh Nur Nazleen Johari, Chee Fuei Pien, Siti Rahayu Mohd Hashim, Bailon Golutin, dan Jedol Dayou. Penelitian ini membahas tentang metode kalibrasi statistik deskriptif dari Akselerometer digital triaksial ADXL345 sebagai sensor gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkalibrasi sensor ADXL345 yang diperlukan sebagai komponen pendeteksi dalam sistem pemantauan gempa bumi yang terjangkau dengan menggunakan Sistem Penanda Aras Gempa Bumi (PAG) yang tersedia di inventaris Departemen Mineral dan Geosains Malaysia Sabah. Getaran tanah dalam arah timur-barat (EW atau sumbu x), utara-selatan (NS atau sumbu y), dan atas-bawah (UD atau sumbu z) selama gaya acak mengenai permukaan direkam oleh kedua akselerometer. Magnitudo percepatan yang direkam oleh PAG dan ADXL345 diekstraksi dan dilakukan eksplorasi data. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan analisis statistik deskriptif untuk menghasilkan persamaan numerik untuk operasi koreksi data. Penerapan fungsi matematika pada ADXL345 untuk mengamati pergerakan tanah dalam arah EW, NS, dan UD menghasilkan penurunan nilai rentang

pembacaan *output*. Aproksimasi magnitudo pergerakan tanah yang lebih tinggi dengan sistem PAG dicapai [6].

2.2 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah suatu bentuk erosi di mana terjadi pergerakan atau pemindahan massa tanah dalam volume besar pada suatu waktu. Fenomena ini, yang juga dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan, atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng baik yang alami maupun buatan. Secara umum, tanah longsor merupakan proses alamiah yang terjadi ketika lingkungan mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor-faktor tertentu yang mempengaruhi. Gangguan ini dapat menyebabkan penurunan kuat geser dan peningkatan tegangan geser pada tanah, yang pada akhirnya memicu pergerakan tanah secara signifikan, termasuk jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah . [1]. **Gambar 2.1** merupakan gambar dari kejadian tanah longsor pada jalur kereta api.

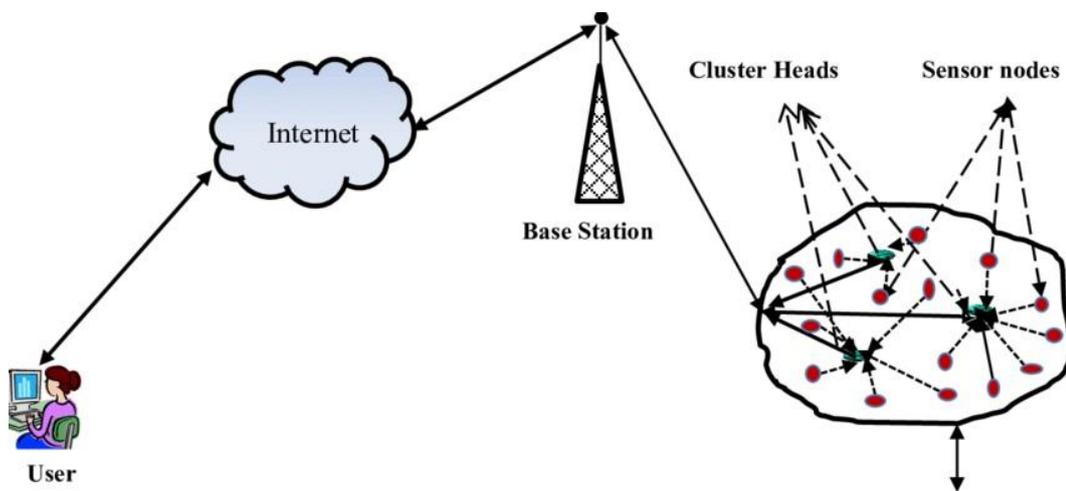


Gambar 2. 1 Tanah Longsor Pada Jalur Kereta Api

Kemiringan massa tanah merupakan salah satu peristiwa geologi di mana volume tanah atau batuan dalam satu area tertentu mengalami perubahan posisi dari keadaan awalnya. Kemiringan tersebut dapat diakibatkan oleh adanya faktor pemuain massa tanah akibat kadar air yang berlebih, ataupun akibat dari perbedaan jenis dan struktur batuan penyusun tanah sehingga dengan kondisi lereng yang curam dapat memicu terjadinya kemiringan tanah yang cenderung mengarah ke bagian bawah akibat pengaruh gravitasi.

2.3 Wireless Sensor Network (WSN)

Wireless sensor network terdiri atas sekumpulan sensor (alat pendeteksi) yang tersebar dan memiliki kemampuan untuk melingkupi area atau wilayah geografis tertentu yang disebut area sensor, di mana pada area sensor itu terdapat banyak sekali parameter – parameter yang dapat dideteksi. Sensor – sensor ini dirancang dengan sedemikian rupa sehingga berkemampuan untuk dapat merasakan (*sensing*), penghitungan, dan elemen-elemen komunikasi yang memberikan kemampuan kepada *administrator* untuk mengukur, mengobservasi, dan memberikan reaksi kepada suatu *event* (kejadian) dan fenomena pada lingkungan tertentu, memproses data hasil dari pengumpulan informasi, serta dapat melakukan komunikasi baik secara horizontal (sesama sensor), maupun vertikal (dengan *base station*) tanpa menggunakan kabel untuk media transmisinya (*wireless*) [1]. **Gambar 2.2** merupakan proyeksi dari WSN.



Gambar 2. 2 *Wireless Sensor Network (WSN)*

Ketika *wireless sensor network* (WSN) dihubungkan ke *gateway* yang memiliki akses *internet*, jaringan ini dapat diakses dan bekerja sama dengan sistem lain, memungkinkan integrasi yang lebih luas.

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip berbentuk IC (*Integrated Circuit*) yang berfungsi untuk menerima sinyal *input*, memprosesnya, dan mengeluarkan sinyal

output sesuai dengan program yang telah diinput ke dalamnya. Sinyal *input* yang diterima oleh mikrokontroler berasal dari sensor yang mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitar, sementara sinyal *output* diarahkan ke aktuator yang mempengaruhi lingkungan tersebut. Dengan kata lain, mikrokontroler dapat dianggap sebagai otak dari sebuah perangkat atau produk yang mampu berinteraksi secara langsung dengan lingkungan sekitarnya. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu *chip*, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih lambat dibandingkan dengan PC. Mikroprosesor pada PC saat ini dapat beroperasi dengan kecepatan mencapai orde GHz, sedangkan mikrokontroler umumnya beroperasi pada kecepatan antara 1 hingga 16 MHz. Selain itu, kapasitas RAM dan ROM pada PC dapat mencapai ukuran Gbyte, sementara pada mikrokontroler kapasitasnya hanya berkisar pada orde byte atau Kbyte. Mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman *assembly* yang didasarkan pada kaidah digital dasar, sehingga pengoperasian sistem menjadi lebih mudah dilakukan sesuai dengan logika yang diinginkan. Gambar 2.3 menunjukkan salah satu contoh mikrokontroler [7]. **Gambar 2.3** menunjukkan salah satu contoh mikrokontroler



Gambar 2. 3 Mikrokontroler

2.5 Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat dan mengedit program, atau *sketch*, yang akan diunggah ke *board* yang ingin diprogram. Dengan Arduino IDE, pengguna dapat membuat, mengedit, dan mengunggah kode program ke *board* yang dipilih. Perangkat lunak ini dibuat menggunakan bahasa

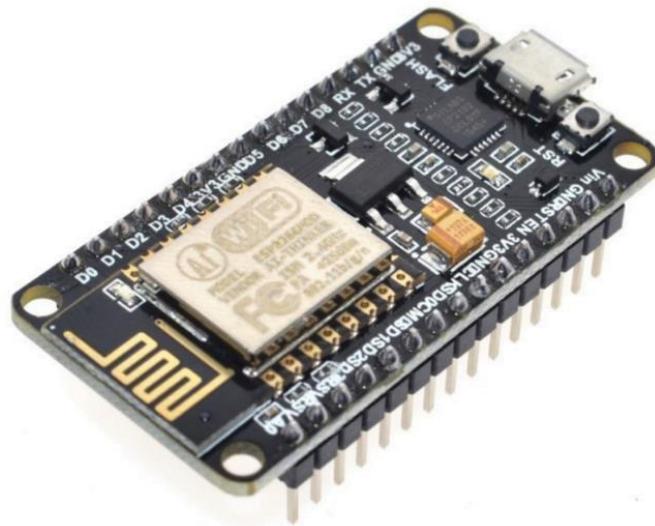
pemrograman JAVA dan dilengkapi dengan *library* C/C++ (*wiring*) yang mempermudah operasi *input/output*. Arduino IDE juga memungkinkan pemodelan sifat parameter rangkaian analog dan digital. Dengan kemampuan yang dimilikinya, Arduino IDE memungkinkan pengguna untuk memodelkan berbagai desain rangkaian, menguji rangkaian dengan berbagai komponen yang mungkin, serta memeriksa sifat keseluruhan rangkaian melalui analisis AC/DC atau transient. [8]. **Gambar 2.4** merupakan *software* arduino IDE.



Gambar 2. 4 *Software Arduino IDE*

2.6 Mikrokontroler ESP 8266

ESP 8266 adalah sebuah *chip* yang sudah lengkap dimana didalam-nya sudah termasuk prosesor, memori dan juga akses ke GPIO. Hal ini membuat ESP8266 mampu menggantikan Arduino secara langsung, dengan tambahan kemampuan untuk mendukung koneksi *WiFi* secara *built-in*. Seiring perkembangan *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler dan modul yang berbasis *ethernet* maupun *WiFi* terus berkembang, termasuk berbagai modul seperti *Wiznet*, *Ethernet shield*, dan yang paling terbaru adalah modul *WiFi* seperti ESP8266. Di pasaran, terdapat beberapa varian ESP8266, namun yang paling umum dan mudah ditemukan di Indonesia adalah tipe ESP-01, ESP-07, dan ESP-12. Meskipun fungsinya serupa, perbedaan antar tipe ini terletak pada jumlah GPIO pin yang tersedia [9]. **Gambar 2.5** merupakan ESP 8266 yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. 5 Mikrokontroler ESP 8266

2.7 Sensor Akselerometer ADXL 345

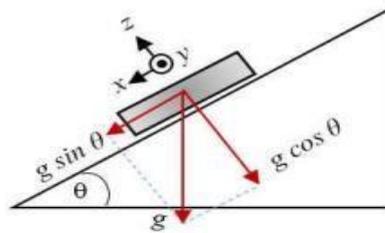
Modul sensor ADXL345 merupakan modul yang kecil, tipis, rendah daya, dan dapat mengukur akselerasi pada tiga sumbu dengan resolusi yang tinggi. Modul ini juga mampu mengukur akselerasi sampai dengan ± 16 g. *Output* data keluaran terformat sebagai 16 bit dan dapat diakses melalui SPI atau dengan *Inter-Integrated Circuit* (I2C) antarmuka digital [10]. Bentuk dari modul sensor ADXL345 dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 6 Sensor ADXL345

Pada dasarnya sensor akselerometer merupakan sensor percepatan, namun dengan beberapa konversi (perhitungan), tegangan keluaran yang merupakan fungsi percepatan dapat dikonversi menjadi fungsi kemiringan. Konversi keluaran sensor Akselerometer yang merupakan fungsi percepatan menjadi fungsi kemiringan dapat dilakukan dengan memanfaatkan percepatan gravitasi. Hal ini dapat terjadi

karena ketika kemiringan sensor berubah terhadap arah percepatan gravitasi, percepatan yang dialami sensor pada salah satu sumbu juga berubah. Kondisi di mana percepatan gravitasi yang dialami sensor dapat dijadikan parameter sudut kemiringan dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2. 7 Ilustrasi Penentuan Sudut Kemiringan Menggunakan Percepatan Gravitasi

Untuk mengubah nilai akselerometer ke nilai sudut dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [11].

$$\text{Sudut } X = \arctan2(a, b) \times \frac{180}{\pi} \quad (2.1)$$

$$\text{Sudut } y = \arctan 2(-a, \sqrt{b + c}) \times \frac{180}{\pi} \quad (2.2)$$

Arctan2 merupakan fungsi matematika yang digunakan untuk menghitung arctangen dari dua variabel, biasanya direpresentasikan sebagai koordinat kartesian (y, x). Fungsi ini mengembalikan sudut antara sumbu x positif dan titik (y, x) dalam radian, dengan rentang nilai dari $-\pi$ hingga π .

Pada **persamaan (2.1)** dan **persamaan (2.2)**, **a** merupakan percepatan pada sumbu X (m/s^2), **b** merupakan percepatan pada sumbu Y (m/s^2), dan **c** merupakan percepatan pada sumbu Z (m/s^2).

2.8 SEN-0052

SEN-0052 (Sensor tegangan DC) merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Modul sensor tegangan DC ini mampu untuk mengukur tegangan hingga 25 V. Pada modul sensor tegangan DC yang ditunjukkan pada **Gambar 2.8** terdapat tiga pin. Pin S merupakan pin *output* sensor yang akan dihubungkan ke ADC arduino nano, pin + disambungkan ke 5

V arduino dan pin – dihubungkan ke *ground* Arduino [12]. **Gambar 2.8** merupakan Sensor Tegangan DC yang digunakan.



Gambar 2. 8 Sensor Tegangan DC

2.9 Solar Charge Controller

Solar charge controller pada dasarnya berfungsi sebagai pengatur tegangan dan arus untuk melindungi baterai dari pengisian yang berlebihan. Alat ini mengontrol tegangan dan arus yang berasal dari panel surya sebelum dialirkan ke baterai. Pengisian yang berlebihan dapat memperpendek umur baterai. *Solar charge controller* menggunakan metode *pulse width modulation* (PWM) dan *maximum power point tracking* (MPPT) untuk mengoptimalkan proses pengisian baterai serta pengaturan aliran arus dari baterai ke beban [13]. Panel surya 12 V biasanya menghasilkan tegangan *output* antara 16 hingga 21 V. Tanpa *solar charge controller*, tegangan yang berlebihan dan ketidakstabilan tegangan ini dapat merusak baterai. Baterai umumnya diisi pada tegangan 14 hingga 14,7 V. Beberapa fungsi utama dari *solar charge controller* antara lain: 1) Mengatur arus pengisian ke baterai untuk mencegah *overcharging* dan *overvoltage*, 2) Mengontrol arus yang diambil dari baterai agar tidak menyebabkan baterai habis total, dan 3) Memantau suhu baterai. Seperti disebutkan sebelumnya, *solar charge controller* yang baik memiliki kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Ketika baterai sudah penuh, pengisian arus dari panel surya akan otomatis dihentikan. Deteksi ini dilakukan melalui pemantauan tegangan baterai. Untuk memaksimalkan daya yang diperoleh dari sel *fotovoltaik*, sistem ini menggunakan metode *maximum power point tracking* (MPPT). *Solar charge controller* umumnya memiliki tiga koneksi utama: satu *input* yang terhubung ke *output* panel surya, satu *output* yang terhubung ke baterai atau aki, dan satu *output* yang

terhubung ke beban. Arus listrik DC dari baterai tidak dapat kembali ke panel surya karena biasanya terdapat dioda penyearah yang hanya memungkinkan arus listrik DC mengalir dari panel surya ke baterai, dan bukan sebaliknya. **Gambar 2.9** merupakan modul *Solar Charge Controller*.



Gambar 2. 9 Modul *Solar Charge Controller*

2.10 Baterai *Lead Acid*

Baterai *lead acid* atau aki adalah sel listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Proses elektrokimia reversibel dalam baterai mengacu pada kemampuan untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya, mengubah energi listrik menjadi energi kimia (proses pengisian). Proses pengisian kembali ini dilakukan dengan meregenerasi elektroda-elektroda yang digunakan, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel [13]. **Gambar 2.10** merupakan *Lead Acid* yang digunakan.



Gambar 2. 10 Baterai *Lead Acid*

2.11 Blynk

Blynk adalah platform aplikasi untuk perangkat *mobile* (iOS dan Android) yang dirancang untuk mengendalikan modul seperti Arduino, *Raspberry Pi*, ESP8266, WEMOS D1, dan modul serupa lainnya melalui Internet. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah membuat antarmuka grafis untuk proyek mereka menggunakan metode *drag and drop widget*, menjadikannya sebagai alat yang kreatif dan intuitif [14]. Logo aplikasi ini adalah sebagaimana pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2. 11 Blynk

2.12 USB Modem *Wifi*

USB modem *Wifi* adalah perangkat keras yang dirancang untuk mengubah sinyal data dari jaringan seluler menjadi sinyal *Wifi* yang dapat digunakan oleh perangkat

lain untuk terhubung ke internet. Perangkat ini biasanya berbentuk kecil dan dapat disambungkan ke port USB pada komputer atau perangkat lainnya.

USB modem *Wifi* memanfaatkan jaringan seluler (seperti 4G atau 5G) untuk mengakses internet. Saat terhubung ke jaringan seluler, perangkat ini mampu memancarkan sinyal *Wifi*, sehingga perangkat lain di sekitarnya dapat terhubung ke internet tanpa kabel, hanya dengan menggunakan koneksi *Wifi* yang dibuat oleh USB modem tersebut. **Gambar 2.12** merupakan USB modem *Wifi*.



Gambar 2. 12 USB Modem *Wifi*

2.13 *Wireshark*

Wireshark yaitu *Network Protocol Analyzer*, termasuk juga ke dalam satu diantara *network analysis tool* atau *packet sniffer*. *Wireshark* memungkinkan pengguna untuk memonitor data dari jaringan yang sedang beroperasi atau dari data yang sudah tersimpan di *disk*. Pengguna dapat dengan cepat melihat dan menyortir data yang tertangkap, mulai dari informasi ringkas hingga detail lengkap tentang setiap paket, termasuk *header* penuh dan jumlah data yang tersedia [15]. **Gambar 2.13** merupakan ikon dari *Software Wireshark*.



Gambar 2. 13 Ikon *Wireshark*

2.15 Quality of Service (QoS) Pada Wireless Sensor Network (WSN)

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth*, mengatasi *jitter* dan *Delay*. Parameter QoS mencakup *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*, MOS, dan *echo cancellation*. QoS sangat dipengaruhi oleh kualitas jaringan yang digunakan [15]. Kinerja jaringan komputer dapat bervariasi karena berbagai masalah, seperti *bandwidth*, *latency*, dan *jitter*, yang dapat berdampak signifikan pada banyak aplikasi. Misalnya, video *streaming* dapat menyebabkan frustrasi bagi pengguna jika aplikasi tersebut berjalan dengan *bandwidth* yang tidak memadai, *latency* yang tidak stabil, atau *jitter* yang berlebihan. Beberapa fitur QoS dapat mengatasi masalah-masalah tersebut dengan mengurangi *latency* melalui pengaturan pengiriman paket data dan membatasi jenis paket tertentu. Selain itu, *jitter* dapat dikendalikan dan disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi yang digunakan dalam jaringan tersebut. Tingkat dari QoS diukur berdasarkan parameter-parameter QoS itu sendiri yaitu:

2.15.1 Delay

Delay adalah waktu tunda yang disebabkan oleh proses transmisi dari sebuah titik menuju titik yang lain yang menjadi tujuannya. *Delay* dinyatakan sebagai rata-rata perbedaan antara waktu penerimaan dengan waktu pengiriman paket. Dengan rata-rata *delay* dapat didapat dari **Persamaan 2.5**.

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\text{Jumlah delay}}{\text{Jumlah paket total yang diterima}} \quad (2.5)$$

2.15.2 Throughput

Throughput adalah nilai dari jumlah paket yang sukses dikirimkan dibagi dengan waktu total yang diperlukan untuk pengiriman, satuan dari *Throughput* adalah *bit per second* (bps). Rata-rata *Throughput* didapat dari perbandingan keseluruhan *Throughput* dengan waktu total pengiriman data tersebut. Kemudian persamaan rata-rata *Throughput* dituliskan seperti pada **Persamaan 2.6**.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah Bytes}}{\text{Time Span}} \quad (2.6)$$

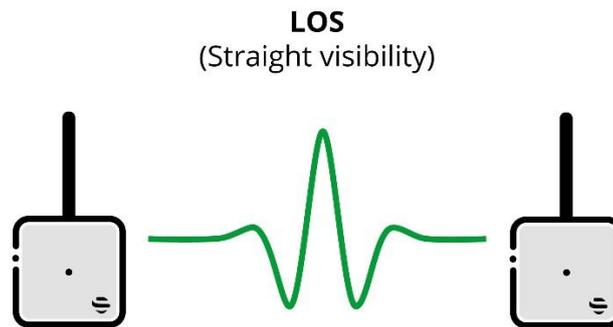
2.15.3 Packet Loss

Packet Loss adalah nilai yang menyatakan jumlah paket yang gagal dikirimkan menuju ke tujuannya pada sebuah transmisi. Terjadinya *packet loss* dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti degradasi sinyal pada kanal jaringan, paket yang rusak, antrean paket pada jaringan, kegagalan *routing*, dan lainnya. Persentase dari *packet loss* dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2.7**.

$$\begin{aligned} \text{Presentase Packet Loss} & \quad (2.7) \\ & = \frac{\text{Jumlah paket dikirim} - \text{jumlah paket sampai}}{\text{Jumlah Paket Dikirim}} \end{aligned}$$

2.16 Line of Sight (LOS)

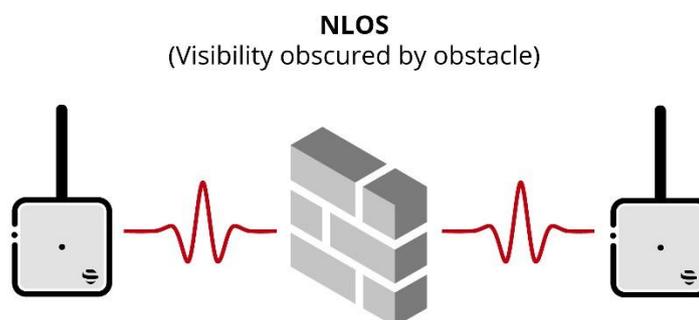
LOS (*Line Off Sight*) adalah suatu kondisi di mana antara pengirim (Tx) dengan penerima (Rx) dapat saling melihat tanpa ada penghalang. Propagasi gelombang pada frekuensi di atas 30 MHz memanfaatkan gelombang langsung dan gelombang pantul oleh permukaan bumi. **Gambar 2.14** merupakan gambar proyeksi dari LOS.



Gambar 2. 14 *Line of Sight (LOS)*

2.17 *Non Line of Sight (N-LOS)*

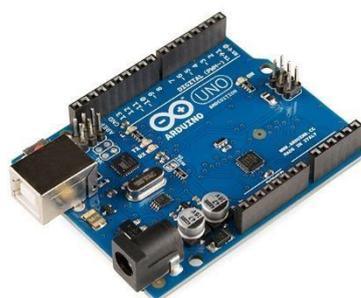
Non Line of Sight (N-LOS) adalah transmisi radio yang melintasi jalur yang sebagian terhalang, biasanya oleh objek fisik di area sekitar. Banyak jenis transmisi radio bergantung, dalam berbagai tingkatan, pada *line of sight (LOS)* antara pemancar dan penerima. Hambatan yang sering menyebabkan kondisi N-LOS meliputi bangunan, pohon, bukit, gunung, dan kadang-kadang kabel listrik bertegangan tinggi. Beberapa hambatan ini dapat memantulkan frekuensi radio tertentu, sementara yang lain hanya menyerap atau membelokkan sinyal. Tetapi, dalam kedua kasus tersebut, mereka membatasi penggunaan banyak jenis transmisi radio, terutama ketika anggaran dayanya rendah. **Gambar 2.15** merupakan proyeksi dari N-LOS.



Gambar 2. 15 *Non Line of Sight(N-LOS)*

2.18 Arduino Uno

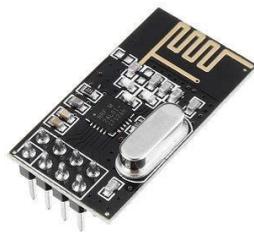
Arduino Uno adalah sebuah kit elektronik open *source* yang berfungsi sebagai pengendali mikro yang dapat diprogram. Arduino biasa digunakan untuk membuat suatu *prototype* piranti karena sifatnya yang fleksibel dan mudah digunakan baik *software* atau *hardware*-nya [3]. **Gambar 2.16** merupakan gambar dari Arduino Uno



Gambar 2. 16 Arduino Uno

2.19 nRF24L01

nRF24L01 adalah modul komunikasi jarak jauh yang beroperasi pada frekuensi pita radio 2.4-2.5 GHz ISM (*Industrial Scientific and Medical*). Modul ini mendukung kecepatan hingga 2Mbps dengan opsi data *rate* 250 Kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps. *Transceiver* nRF24L01 terdiri dari *synthesizer* frekuensi terintegrasi, *amplifier*, osilator kristal, *demodulator*, modulator, dan mesin protokol *Enhanced ShockBurst*. Pengaturan daya *output*, saluran frekuensi, dan protokol dapat dengan mudah diprogram melalui antarmuka SPI. Modul ini juga memiliki konsumsi arus yang sangat rendah, yaitu hanya 9.0mA pada daya *output* -6dBm dan 12.3mA dalam mode RX. Fitur *built-in Power Down* dan mode *standby* memungkinkan penghematan daya dilakukan dengan mudah. Gambar 2.17 menunjukkan modul nRF24L01. **Gambar 2.17** merupakan gambar dari nRF24L01.



Gambar 2. 17 Modul nRF24101

2.20 Intermediate Node

Node perantara (*intermediate node*) adalah perangkat atau titik dalam jaringan yang meneruskan paket data antara sumber dan tujuan akhir dalam suatu komunikasi. *Node* ini berperan dalam mengirimkan paket data melalui jaringan dengan mengambil keputusan tentang jalur terbaik untuk mengarahkannya ke tujuan yang benar.

Perantara *node* umumnya terdapat dalam berbagai jenis jaringan, termasuk jaringan komputer, jaringan telekomunikasi, dan internet. Mereka dapat berupa router, *switch*, atau bahkan komputer yang difungsikan sebagai perantara dalam jaringan.

Peran utama dari perantara *node* adalah untuk menyampaikan paket data dari satu *node* ke *node* lainnya dalam jaringan. Mereka memeriksa alamat tujuan paket data dan memilih jalur yang paling efisien atau optimal untuk meneruskannya. Hal ini membantu mempercepat pengiriman data dan memastikan bahwa paket data mencapai tujuan dengan keamanan dan keandalan yang optimal.

2.21 Panel Surya

Solar panel merupakan gabungan dari beberapa solar sel. Solar sel adalah perangkat yang mampu mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Solar sel diartikan sebagai teknologi yang membangkitkan suatu daya listrik DC, diukur dalam satuan Watt (W) atau kiloWatt (kW), yang berasal dari

suatu bahan semikonduktor ketika dipaparkan oleh cahaya dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* adalah fenomena di mana tegangan listrik dihasilkan ketika dua elektroda yang terhubung melalui sistem padatan atau cairan menerima energi cahaya [13]. **Gambar 2.18** merupakan gambar dari panel surya.



Gambar 2.18 Panel Surya

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian untuk skripsi ini adalah sebagai berikut:

Waktu : Maret 2024 – Agustus 2024

Tempat : Laboratorium Teknik Elektro Terpadu, Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Jalur Kereta Api Jalur
hilir Km 212+8/9Airtuba.

3. 2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Laptop Lenovo

Laptop penulis digunakan sebagai *platform* utama untuk mengembangkan kode melalui Aplikasi Arduino IDE dan juga sebagai sarana untuk memantau serta menguji hasil dari sistem yang penulis rancang. Penggunaan laptop menjadi krusial dalam proses pengembangan dan pemantauan fungsi serta kinerja sistem yang dibuat.

2. ESP 8266

ESP 8266 digunakan untuk menjadi Mikrokontroler utama, dimana program yang telah dibuat di aplikasi Arduino IDE di *upload* ke dalam ESP 8266 lalu hasil sensor yang didapatkan dari arduino uno selanjutnya akan dikirim ke server Blynk.

3. Arduino Uno

Arduino Uno digunakan untuk menjadi mikrokontroler, yang mengatur sensor-sensor lalu mengirimkan datanya ke ESP 8266.

4. nRF24101

nRF24101 merupakan modul *Wifi* yang digunakan untuk menjadi media komunikasi antar *sensor node* ke *intermediate node*.

5. Sensor Akselerometer

Akselerometer digunakan untuk mendeteksi pergeseran atau perubahan yang terjadi pada tanah yang menjadi tempat Penelitian ini dengan cara ketika sensor mengalami percepatan, massa ini bergerak dan menyebabkan perubahan kapasitansi pada kapasitor-kapasitor yang ada di dalam sensor. Perubahan ini kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diinterpretasikan sebagai data mengenai percepatan pada sumbu x, y, dan z.

6. Sensor tegangan DC

Sensor tegangan DC digunakan untuk mendeteksi *Output* yang digunakan oleh Mikrokontroler dan sensor-sensor yang digunakan pada penelitian ini serta untuk melihat sisa baterai yang digunakan. Sensor ini bekerja dengan cara saat tegangan di masukkan ke sensor, perubahan resistansi tegang diukur dan diterjemahkan menjadi nilai tegangan yang sesuai.

7. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller berfungsi untuk mengatur dan mengoptimalkan aliran daya listrik dari panel surya ke baterai dan beban, sekaligus melindungi baterai dari pengisian berlebih dan pelepasan daya yang terlalu dalam.

8. Baterai *Lead Acid*

Baterai *Lead Acid* digunakan untuk menjadi sumber listrik bagi Mikrokontroler dan sensor – sensor yang digunakan dalam penelitian ini.

9. USB Modem *Wifi*

USB Modem *Wifi* digunakan untuk menjadi sumber internet bagi Mikrokontroler untuk mengirimkan hasil dari pembacaan sensor – sensor pada tempat Penelitian ke server Blynk dengan cara mengubah jaringan internet pada area tersebut menjadi *Wifi*, karena ESP 8266 dapat menggunakan *Wifi* untuk terhubung ke Jaringan Internet atau server.

10. Solar Panel

Solar panel digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik untuk mengisi daya pada baterai yang terhubung dengan *Solar Charge Controller*.

Tabel 3. 1 Daftar Spesifikasi Komponen

No.	Komponen	Jenis/Model	Spesifikasi
1.	Laptop Lenovo	Ideapad <i>Gaming</i> 3	<ul style="list-style-type: none"> • Prosesor : Intel Core I5-11300H • <i>Clock</i> : 3.10 Ghz • VGA : RTX 3050 • RAM : 16 GB
2.	ESP8266 (mikrokontroler)	ESP 8266	<ul style="list-style-type: none"> • Prosesor: Tensilica Xtensa L106 <i>single-core</i> • <i>Input Voltage</i>: 3.3V • <i>Clock</i>: hingga 160 MHz • RAM: 64 KB instruction, 96 KB data RAM • Memori: hingga 4 MB Flash (tergantung model) • <i>Wifi</i>: 802.11 b/g/n • GPIO: 17 pin • ADC: 10-bit SAR
3.	Sensor <i>Akselerometer</i>	ADXL345	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Supply voltage</i> : 3.3 V – 3.6 V • <i>Supply current</i> : 400 μA • <i>Temperature range</i> : -40 °C - 85 °C • <i>Bandwidth response XY</i> : 400 Hz • <i>Bandwidth response Z</i> : 300 Hz
4.	Sensor Tegangan	SEN - 0052 <i>Driver</i> DC 0-25V	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan <i>input</i>: 0-25v DC • Tegangan deteksi: 0.0244525v DC • Ketelitian pengukuran: 0.00489v
5.	<i>Solar Charge Controller</i>	<i>Solar Charge Controller</i> PWM 10 A	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan pengisian: 12 V atau 24 V • Jenis Baterai: Baterai <i>lead acid</i> dengan tegangan 12 V atau 24 V • Arus Maximums: 10 A
6.	Baterai <i>Lead Acid</i>	Baterai <i>Lead Acid</i> 12 V 8 Ah	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Voltage</i>: 12 V • <i>Capacity</i>: 8 Ah

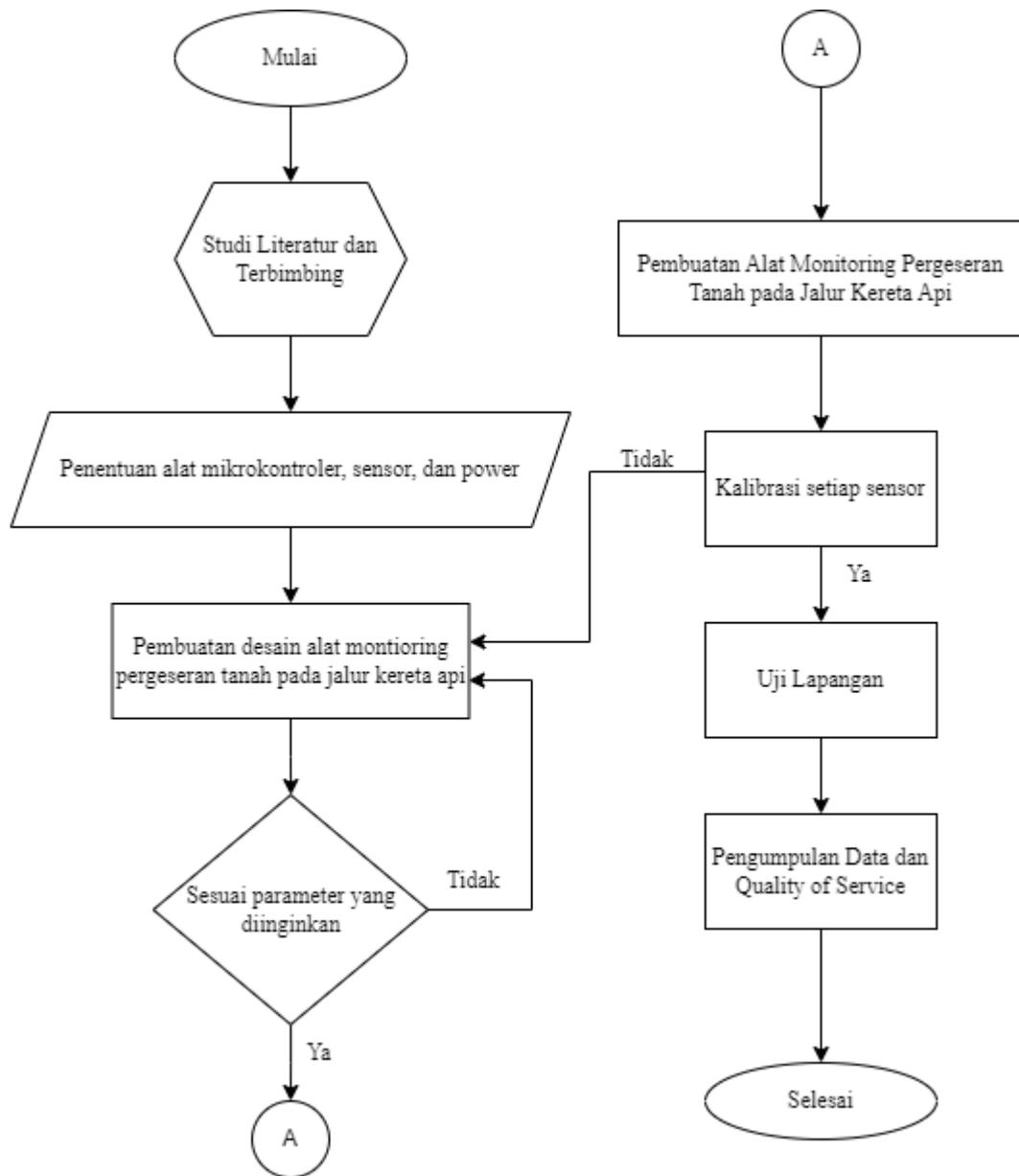
Tabel 3.1 Daftar Spesifikasi Komponen (**Lanjutan**)

7.	USB Modem <i>Wifi</i>	USB modem <i>Wifi</i> 4G	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Chip</i>: Qualcomm 9600 • Ukuran: 95x33mm • Kecepatan unduh: 100mbps • Kecepatan unggah: 50mbps
8.	Arduino Uno	Uno	<ul style="list-style-type: none"> • Mikrokontroler: ATmega328P • Operasional <i>Voltage</i>: 5V • <i>Input Voltage</i> : 7-12V
9.	nRF24L01	<i>transceiver</i> RF	<ul style="list-style-type: none"> • Frekuensi : 2.4Ghz • <i>Speed</i> : 2Mbps • <i>Input Voltage</i> : 3.3V
10.	Panel Surya	Panel Surya 20 WP	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan <i>Input</i> : 20 V • Arus Input : 1 A

3. 3 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dan terbimbing terhadap topik *Wireless Sensor Network* (WSN) di kereta api maka di dapatkan ide Rancang Bangun Sistem Monitoring Pergeseran Tanah Pada Jalur Kereta Api Airtuba berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan *Wireless Sensor Network* (WSN). Proses dilanjutkan dengan menentukan mikrontroler, sensor, *power*, dan penampilan data. Selanjutnya proses desain dan perancangan sistem hingga didapatkan ketentuan dan parameter yang diinginkan. Tahap selanjutnya adalah melakukan proses pembuatan sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat sebelumnya, selain pembuatan dilakukan juga proses kalibrasi menggunakan alat yang telah bekerja sesuai parameter. Ketika sensor sudah mengambil data sesuai dengan parameter maka dilanjutkan dengan uji lapangan pada Jalur Kereta Api Jalur hilir km 212+8/9 Airtuba dan Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung, pengumpulan data sensor dan data *Quality of Service* (QoS) menggunakan *Wireshark* kemudian sampai dirasa cukup untuk diolah. **Gambar 3.1** merupakan diagram alir dari Tahapan penelitian.

Adapun diagram alir pembuatan sistem monitoring adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap yang dilakukan untuk mengumpulkan dan memahami berbagai literatur mulai dari Tanah longsor pada jalur kereta api, *Wireless Sensor Network* (WSN), *Quality of Service* (QoS), sensor-sensor apa saja yang digunakan dalam pembuatan sistem monitoring, desain hingga perancangan sistem monitoring, hingga perancangan penempatan sistem monitoring saat dilakukan uji lapangan di Jalur Jalur hilir Km 212+8/9 Airtuba, Literatur yang digunakan sebagai referensi adalah artikel yang bersumber dari jurnal ilmiah dan *website* yang informasinya dapat dipertanggungjawabkan.

3.3.2 Bimbingan

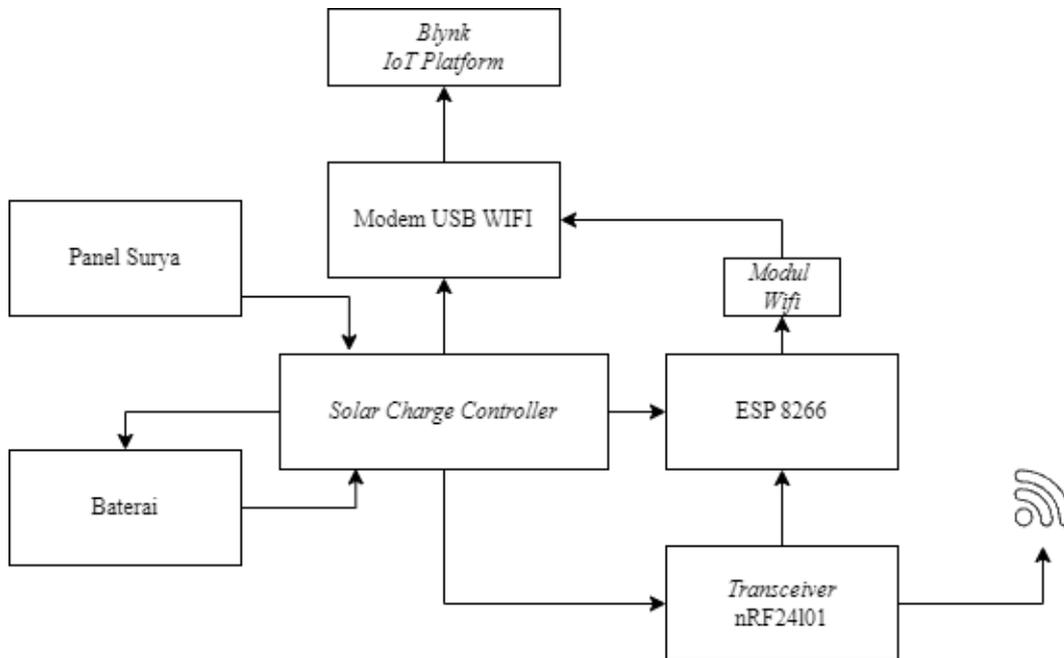
Bimbingan dilakukan dengan cara berdiskusi berkala dengan dosen pembimbing dalam memahami perancangan sistem monitoring baik dari merancang sistem hingga sistem monitoring dapat berjalan dengan baik, hingga pengujian sistem secara langsung di Jalur hilir Km 212+8/9 Airtuba.

3.3.3 Pembuatan Arsitektur Komponen

Pembuatan ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Terpadu Universitas Lampung dengan dosen pembimbing terkait sistem kerja dan jalur kereta api, mendesain dan merancang sistem monitoring pergeseran tanah pada jalur kereta api, hingga kalibrasi setiap sensor yang digunakan di sistem monitoring pergeseran tanah pada jalur kereta api. Arsitektur umum perangkat yang dibangun terbagi menjadi dua jenis, yaitu arsitektur pada *intermediate node* dan *sensor node*.

3.3.3.1 Arsitektur Umum *Intermediate Node*

Arsitektur umum dari *intermediate node* yang dibangun dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

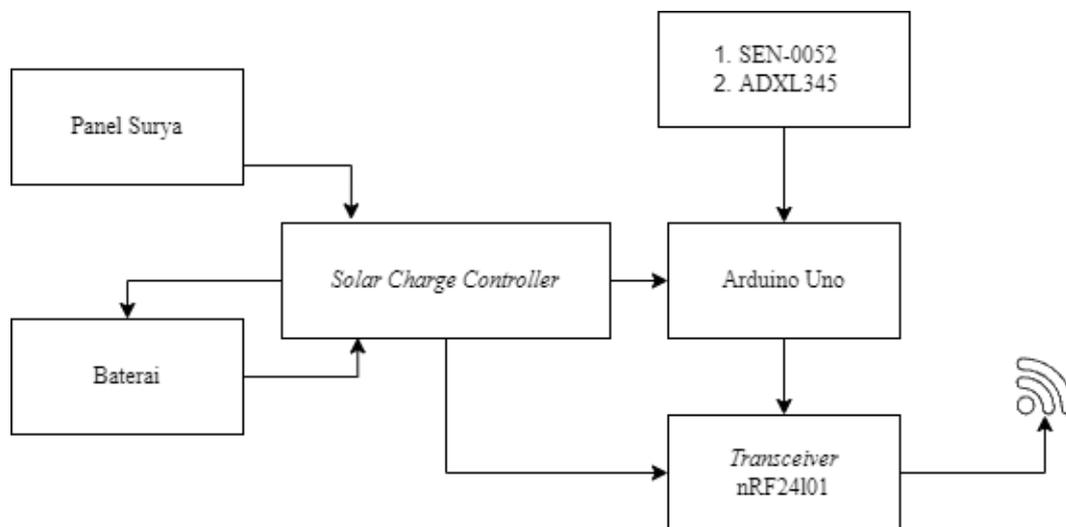


Gambar 3. 2 Arsitektur Umum *Intermediate Node*

Gambar 3.2. *Intermediate Node* bekerja dimulai dari *Solar Charge Controller* yang menyuplai daya ke seluruh komponen. ESP8266 merupakan mikrokontroler yang digunakan, fungsinya adalah untuk mengendalikan komponen lain. *Transceiver* berfungsi untuk menerima sinyal-sinyal yang dikirimkan oleh *sensor node*. Tugas *node server* adalah menampilkan data yang diterima dari *sensor node*, yang bekerja sesuai dengan arsitektur dari **Gambar 3.2**. Data yang didapat dari *sensor node* diterima oleh *intermediate node* melalui *transceiver* nRF24L01 kemudian diteruskan ke ESP8266. Data kemudian diteruskan ke Blynk melalui *Modem USB Wifi* untuk ditampilkan dan disimpan ke dalam server *platform IoT* tersebut.

3.3.3.2 Arsitektur Umum *Sensor node*

Arsitektur umum dari *Sensor node* yang dibangun dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3. 3 Arsitektur Umum *Sensor node*

Gambar 3.3 merupakan arsitektur Umum *Sensor node*. Tugas dari *sensor node* adalah untuk melakukan penginderaan dan kemudian mengirimkan hasilnya ke *node server*. *Sensor node* bekerja dimulai *Solar Charge Controller* menyuplai daya ke seluruh komponen yaitu Arduino Uno, sensor ADXL345, sensor SEN-0052, dan transceiver nRF24L01. Kemudian Arduino Uno mengirim perintah ke modul sensor ADXL345 untuk melakukan penyensoran besaran sudut dan tegangan baterai. Arduino Uno selanjutnya kemudian meneruskannya ke modul *transceiver* nRF24L01 untuk dikirimkan ke *node server*.

3.3.4 Uji Lapangan

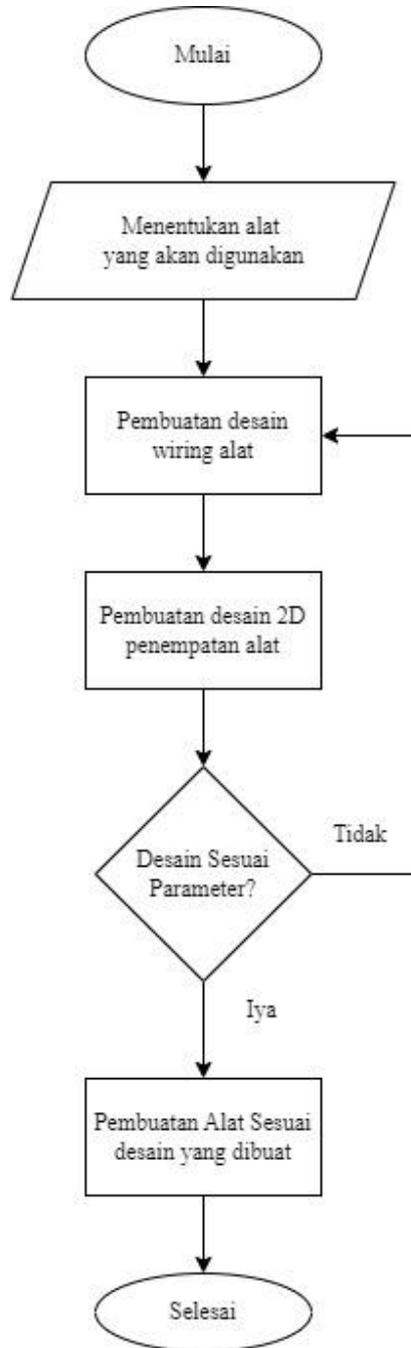
Uji lapangan ini dilakukan dengan memasang sistem monitoring pergeseran tanah yang telah dibuat dan dilakukan pengambilan data di jalur kereta api hilir Km 212+8/9 Airtuba, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan. **Gambar 3.4** merupakan lokasi uji lapangan.



Gambar 3. 4 Jalur Kereta Api Hilir Km 212+8/9 Airtuba

3.3.5 Diagram Alir Proses Pembuatan Desain dan Fabrikasi Sistem

Adapun diagram alir pembuatan model desain ala adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Proses Desain dan Pembuatan Sistem

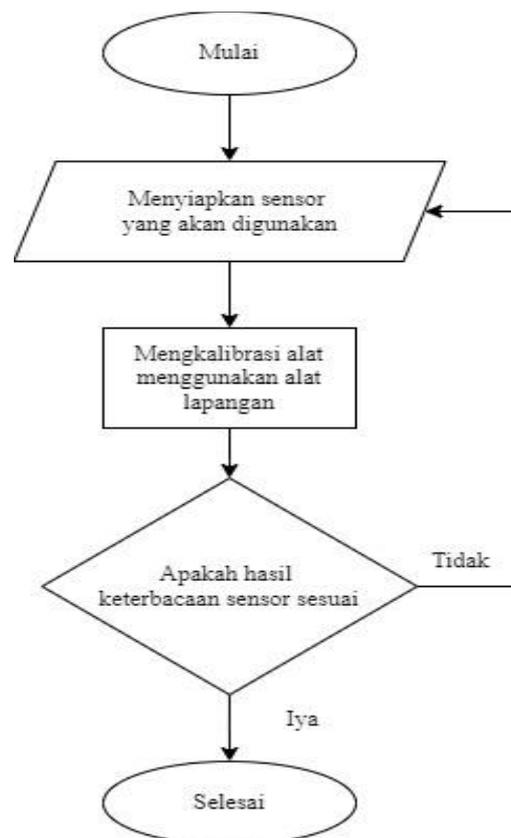
Dalam menentukan alat dan sensor yang akan digunakan diperlukan data berupa rentang kerja setiap sensor. Adapun rentang kerja dan daya maksimum pada setiap sensor dijelaskan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3. 2 Daya Maksimum dan Rentang Kerja Alat yang digunakan

No.	Nama	Daya Maksimal Digunakan (mW)	Rentang Kerja
1.	ESP 8266 (Mikrokontroler)	561	-
2.	ADXL 345 (Akselerometer)	0.144 mW	± 2 g, ± 4 g, ± 8 g, atau ± 16 g
3.	SEN-0052 (Sensor Tegangan)	50 mW	0-25 DC
4.	<i>Solar Charge Controller</i>	100 mW	12 - 24 V
5.	USB Modem <i>Wifi</i>	4500mW	2.4GHz – 5GHz
6.	nRF24l01 (<i>Transceiver</i>)	1 mW	1.1 kilometer
7.	Arduino Uno (Mikrokontroler)	20 – 50 mA	7-12 V

3.3.6 Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor

Kalibrasi merupakan proses pengecekan dan penyesuaian akurasi alat ukur dibandingkan dengan acuan yang ada. Kalibrasi diperlukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran akurat dan kompatibel dengan instrumen lain. Adapun proses kalibrasi dari setiap sensor ini dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3. 6 Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor

Berdasarkan diagram dibutuhkan beberapa alat yang akan digunakan untuk mengkalibrasi setiap sensor sehingga dapat diketahui apakah sensor dapat bekerja dengan optimal atau tidak, beberapa alat kalibrasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Kalibrasi Sensor

No.	Alat Kalibrasi	Kegunaan
1.	Inclinometer	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor Akselerometer (ADXL 345)
2.	Multimeter Digital	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor tegangan (SEN-0052)

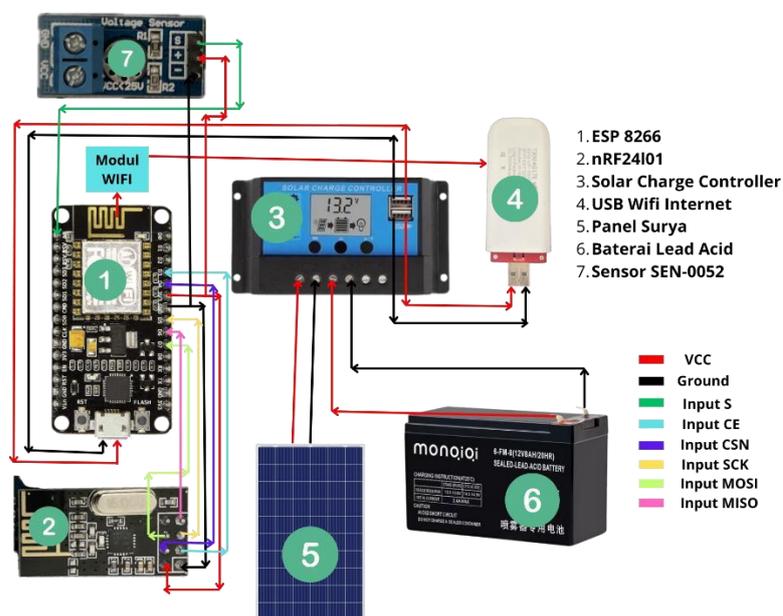
3.4 Desain dan Proses Pengiriman Data Sistem Monitoring Pergeseran Tanah di Jalur Kereta Api

3.4.1 Desain

Adapun desain sistem monitoring pergeseran Tanah di Jalur Kereta Api adalah sebagai berikut.

3.4.1.1 Desain Sistem *Intermediate Node*

Sistem *Intermediate Node* bertindak sebagai penghubung antara sensor node dan pusat pemrosesan data. *Intermediate node* menerima data dari *sensor node* yang di implementasikan di jalur kereta api, memproses data tersebut, dan mengirimkannya ke Blynk menggunakan modul komunikasi nirkabel. Desain sistem ini memanfaatkan beberapa komponen utama yang terintegrasi untuk memastikan sistem bekerja dengan baik. **Gambar 3.7** merupakan desain Sistem *Intermediate Node*.



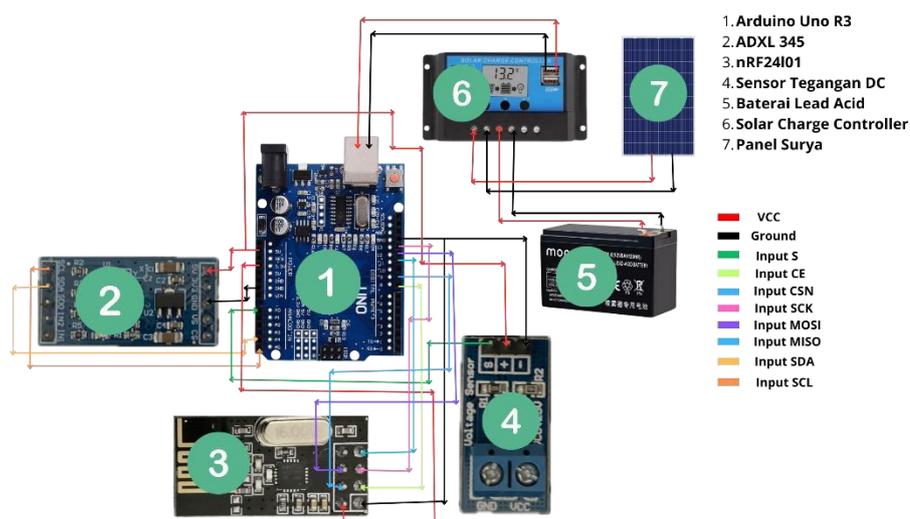
Gambar 3. 7 Desain Sistem *Intermediate Node*

Gambar 3.7 merupakan desain *wiring intermediate Node* sistem monitoring pergeseran Tanah yang nantinya akan di buat dalam 2 *Box Electronic* yang terhubung menjadi satu. *Box* pertama berisi Baterai, sedangkan *Box* kedua berisi mikrokontroler.

Poin (1) pada gambar 3.6 merupakan ESP 8266 sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk menerima data dari *sensor node* lalu dikirimkan ke *platform IoT Blynk*, (2) merupakan nRF24101 digunakan sebagai penerima sinyal data dari *sensor node*, (3) *Solar Charge Controller* berfungsi sebagai pengendali untuk pengisian daya dari panel surya ke baterai dan *power output* untuk mikrokontroler, (4) USB *Wifi internet* sebagai *gateway* untuk mikrokontroler ke *platform IoT Blynk*, (5) Panel Surya digunakan untuk pengisian daya ke baterai, (6) Baterai *Lead Acid* digunakan sebagai sumber daya untuk mikrokontroler, dan (7) merupakan sensor tegangan yang digunakan untuk melihat sisa tegangan pada baterai.

3.4.1.2 Desain Sistem *Sensor node*

Sistem *Sensor Node* dirancang untuk memantau pergeseran tanah secara langsung dan mengirimkan informasi tersebut ke *Intermediate Node*. *Sensor node* dilengkapi dengan berbagai komponen yang bekerja bersama-sama untuk memastikan deteksi yang tepat dan pengiriman data yang efisien. **Gambar 3.8** merupakan desain sistem *Sensor Node*.

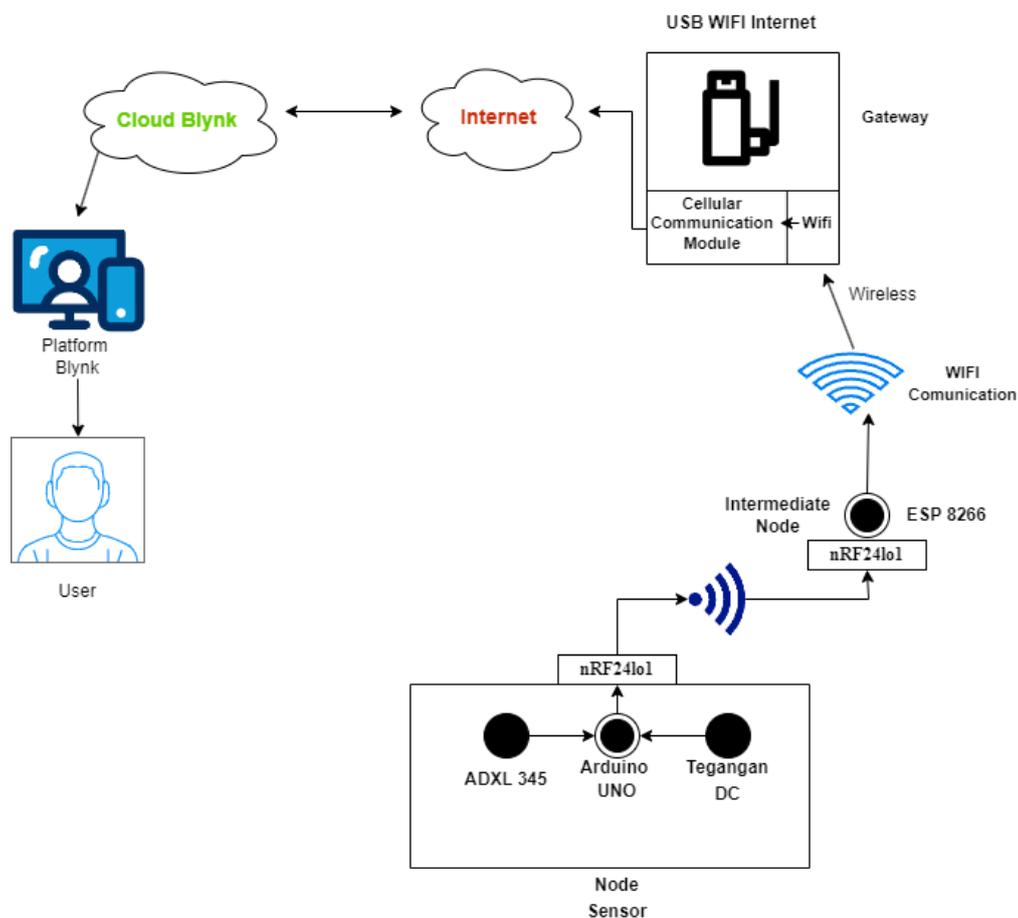


Gambar 3. 8 Desain Sistem *Sensor node*

Gambar 3.8 merupakan desain *wiring sensor node* sistem monitoring pergeseran Tanah yang nantinya akan di fabrikasi dalam 2 *Box Electronic* yang terhubung menjadi satu. *Box* pertama berisi Baterai, sedangkan *Box* kedua berisi mikrokontroler dan sensor. Poin (1) merupakan Arduino Uno yang digunakan sebagai mikrokontroler untuk menerima data dari sensor, poin (2) Sensor ADXL 345 merupakan sensor akselerometer, digunakan untuk mendeteksi pergeseran tanah, poin (3) nRF24101 merupakan modul *Wifi* yang digunakan sebagai pengirim data ke *Intermediate Node*, poin (4) Sensor SEN-0052 digunakan untuk mengukur tegangan pada baterai yang masuk ke mikrokontroler dan sensor, poin (5) Baterai *Lead Acid* digunakan sebagai sumber daya untuk menghidupkan mikrokontroler, (6) *Solar Charge Controller* digunakan untuk mengendalikan daya yang masuk dari panel surya ke baterai, dan (7) Panel Surya digunakan untuk menghasilkan daya untuk mengisi baterai.

3.4.2 Proses Pengiriman Data

Proses pengiriman data merupakan bagian penting dari sistem monitoring pergeseran tanah, di mana data yang dikumpulkan oleh *sensor node* diteruskan melalui *intermediate node* hingga akhirnya dapat diakses oleh pengguna akhir. Sistem ini memastikan bahwa data dikirim dengan cepat dan efisien untuk memungkinkan respons yang cepat terhadap perubahan pergeseran tanah yang terdeteksi. **Gambar 3.9** merupakan proses dari pengiriman data.



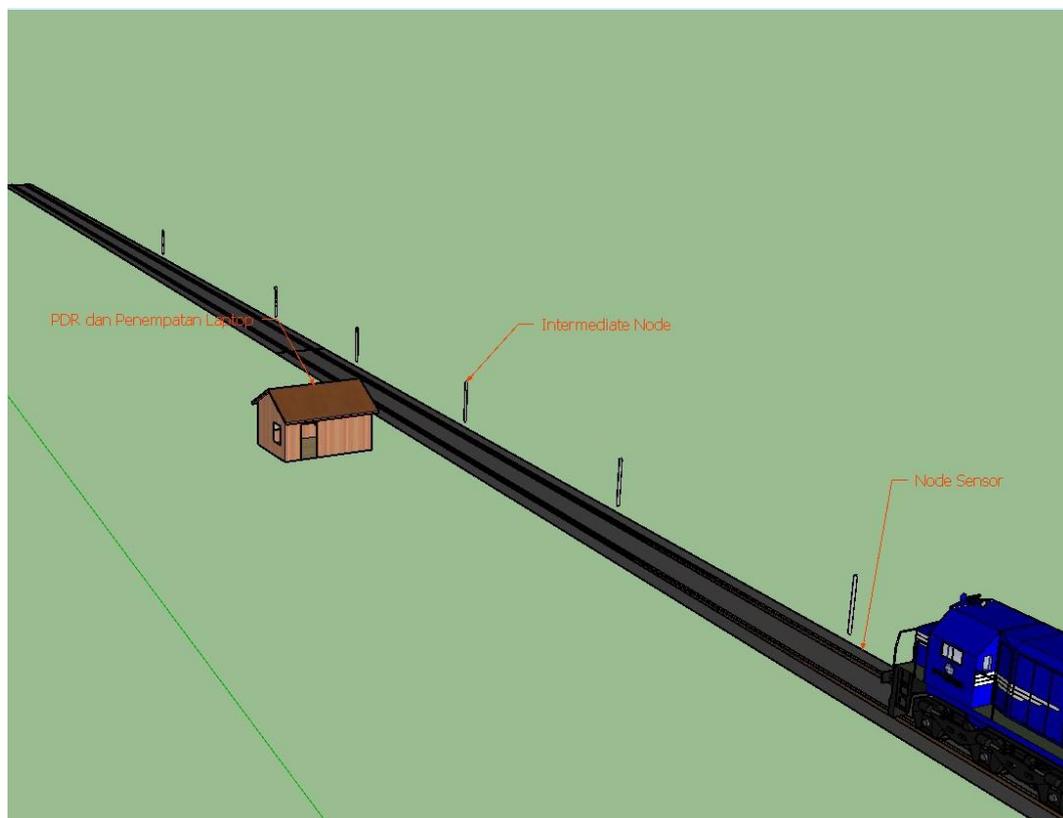
Gambar 3. 9 Proses Pengiriman Data

Gambar 3.9 merupakan proyeksi dari proses pengiriman data dari *sensor node* ke *user*, pertama sensor menginput sinyal data ke Arduino Uno, kemudian Arduino Uno mengirimkan data tersebut ke ESP8266 melalui modul nRF24l01, ESP8266 sebagai *intermediate node* kemudian mengirimkan hasil data ke *Cloud Blynk* melalui *USB Wifi Internet*, dari *USB Wifi Internet* tersebut menjadi penghubung

antara ESP8266 dengan Blynk, terakhir *user* dapat melihat hasil dari data yang dikirim melalui *Website* atau *Platform* Blynk.

3.5 Rancangan Penempatan Sistem Monitoring Pergeseran Tanah Pada Jalur Kereta Api

Penempatan sistem pada jalur kereta api merupakan aspek penting dalam sistem monitoring pergeseran tanah. *Sensor node* harus ditempatkan secara strategis untuk mendeteksi perubahan dan pergerakan tanah yang dapat mempengaruhi kestabilan rel kereta api. Sistem ini dirancang untuk pemantauan dengan menggunakan berbagai komponen yang terhubung secara nirkabel untuk mengirimkan data ke pusat *intermediate node*. **Gambar 3.10** merupakan rancangan penempatan



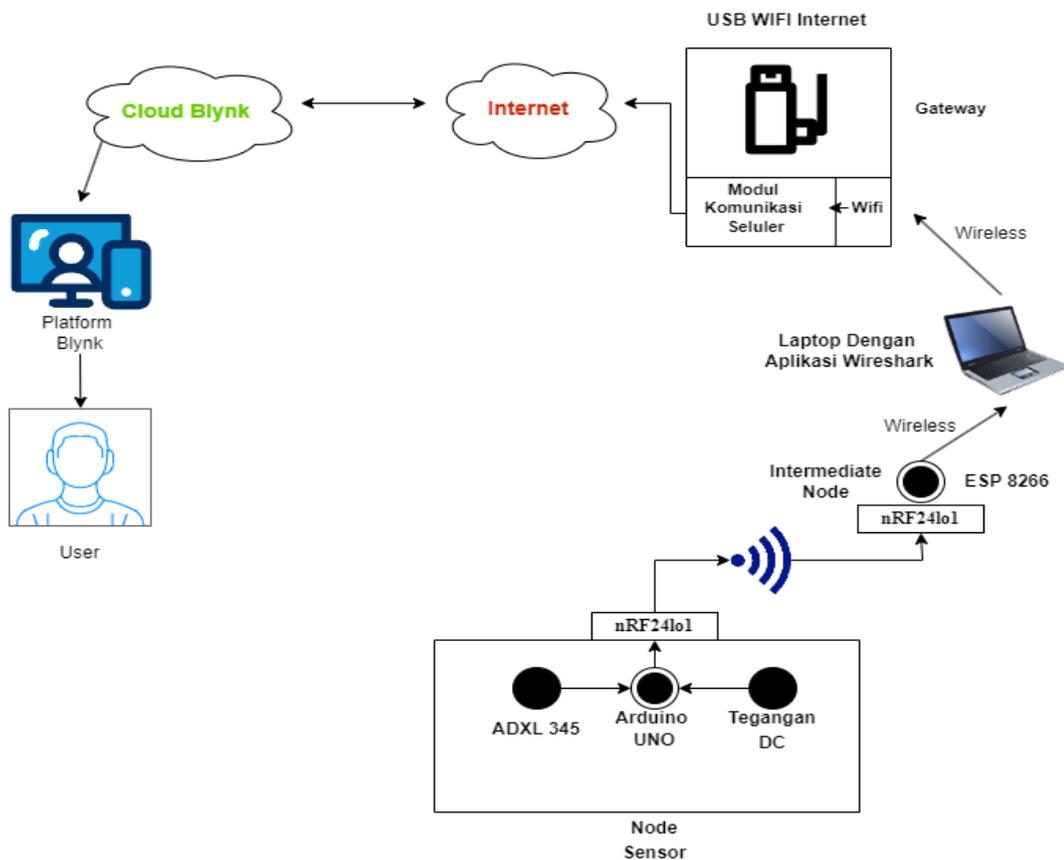
Gambar 3. 10 Rancangan Penempatan Sistem Monitoring Pergeseran Tanah Pada Jalur Kereta Api

Gambar 3.10 menggambarkan rancangan penempatan sistem monitoring Pergeseran Pada Jalur Kereta Api di hilir Km 212+8/9 Airtuba. *Sensor node* ditempatkan di bawah jalur tersebut, di tanah tersebut akan ditempatkan 2 *Box Electronic* yang dibuat menjadi 1, yaitu *Box Baterai* dan *Box Mikrokontroler*

sebagai *Sensor node*, kemudian *Intermediate Node* diletakkan pada jarak 70 meter dari *Sensor node*, lalu laptop diletakkan di seberang *Intermediate Node* untuk mengukur QoS saat ada kereta melintas.

3.6 Skema Pengambilan Data

Skema pengambilan data merupakan bagian penting dari sistem monitoring pergeseran tanah. Skema ini menggambarkan alur data mulai dari deteksi oleh *sensor node* hingga data tersebut dapat diakses oleh pengguna melalui Blynk. Proses ini memastikan bahwa data yang dikumpulkan dapat dikirimkan secara efisien dan diolah dengan cepat untuk mendukung pengambilan data yang lebih baik. **Gambar 3.11** merupakan Skema Pengambilan Data.



Gambar 3.11 Skema Pengambilan Data

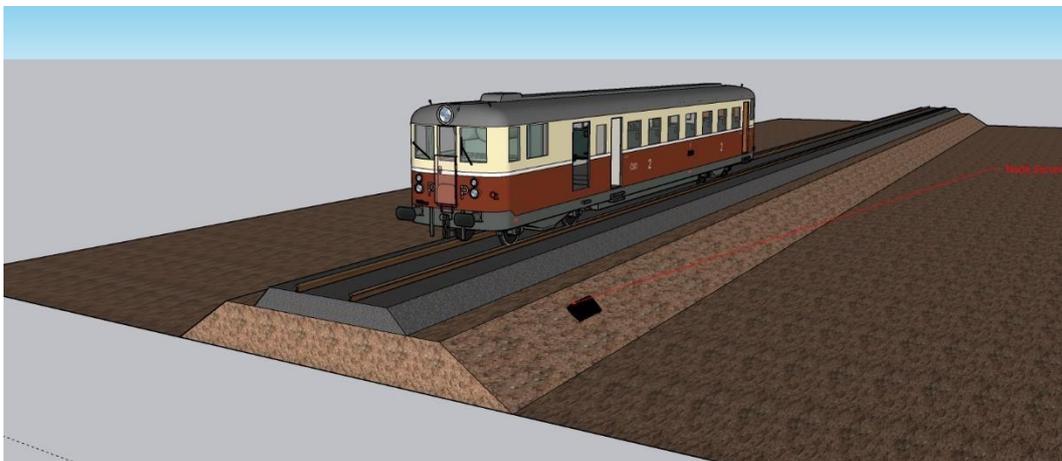
Gambar 3.11 merupakan Arsitektur pengambilan data dari sistem monitoring pergeseran kereta, *Sensor node* mengirimkan data sensor ke *Intermediate Node* melalui nRF24l01, lalu dari *Intermediate Node* mengirimkan data ke Blynk

melalui *Wifi hotspot* dari laptop yang di mana terdapat aplikasi *Wireshark*. Aplikasi ini digunakan untuk melihat QoS dari *Intermediate node* ke Blynk. Kemudian dilakukan pengambilan data dengan 2 skema, yaitu sebagai berikut:

3.6.1 Skema Pengujian Pada Jalur Kereta Api

Skema ini dilakukan pada lokasi jalur kereta api hilir Km 212+8/9 Airtuba, untuk mengetahui kinerja dari sistem monitoring pergeseran tanah ini dan mengumpulkan data yang diperlukan.

3.6.1.1 Dengan situasi ada kereta melintas

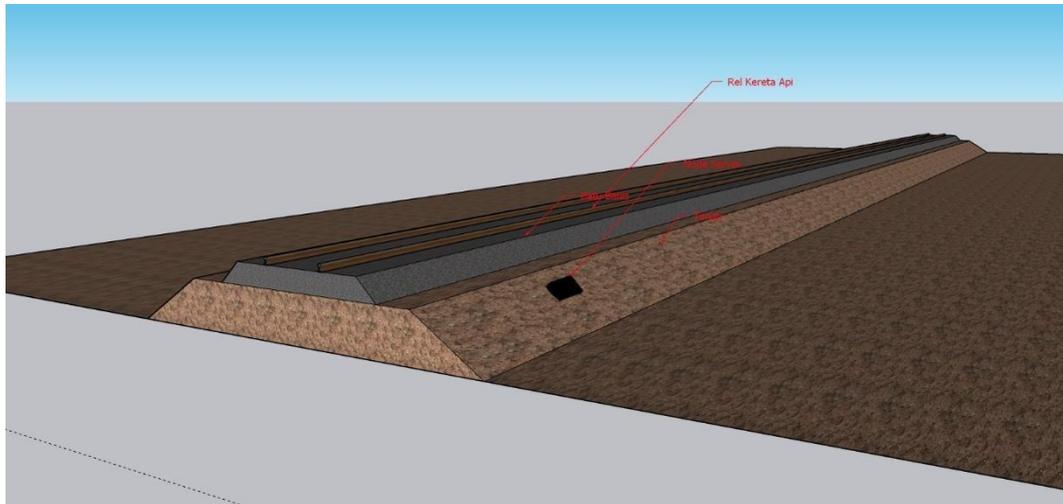


Gambar 3. 11 Situasi Saat Kereta Melintas

Gambar 3.11 merupakan pengujian dan pengambilan data yang dilakukan saat kereta melintas ini untuk mengetahui apakah saat kereta melintas apakah terdapat gangguan pada mikrokontroler dan sensor-sensor yang digunakan, serta pengujian *Quality of Service*(QoS) pada keadaan *Non - Line of Sight* (Kereta melintas) berikut cara pengujian saat kereta melintas:

- Dengan menguji sistem secara langsung di lapangan dengan data yang terkirim ke Blynk, diambil dalam rentang kereta yang melintas. Data yang dikirim berupa Sudut X, Sudut Y, dan Tegangan.
- Untuk pengujian jaringannya digunakan aplikasi *Wireshark* dalam rentang waktu kereta melintas, data yang dihasilkan berupa *delay*, *Throughput*, dan *Packetloss*.

3.6.1.2 Dengan situasi tidak ada kereta melintas



Gambar 3. 12 Situasi Saat Tidak Ada Kereta Melintas

Gambar 3.12 merupakan pengujian dan pengambilan data yang dilakukan pada kondisi ini untuk melihat kinerja dari mikrokontroler dan sensor – sensor yang digunakan, serta pengujian *Quality of Service*(QoS) pada keadaan *Line of Sight* (Tidak ada kereta melintas) berikut cara pengujian saat tidak ada kereta melintas:

- Dengan menguji sistem secara langsung di lapangan dengan data yang terkirim ke Blynk, diambil dalam rentang waktu 5 menit. Data yang dikirim berupa Sudut X, Sudut Y, dan Tegangan.
- Untuk pengujian jaringannya digunakan aplikasi *Wireshark* dalam rentang waktu kereta melintas, data yang dihasilkan berupa *delay*, *Throughput*, dan *Packetloss*.

3.7 Parameter Pengujian Kinerja Sistem

Adapun Parameter Pengujian Kinerja Sistem pada penelitian ini:

1. Pengujian akurasi kalibrasi Sensor

Mengukur akurasi sensor akselerometer (ADXL345) dalam mendeteksi pergeseran tanah dan sensor tegangan DC dalam mendeteksi tegangan baterai. Ini dapat dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor dengan nilai pada Inclinator dan Multimeter Digital. **Persamaan 3.1** dan **Persamaan 3.2** merupakan persamaan perhitungannya.

$$X = \left(\frac{a - b}{a} \right) \leq 1 \quad (3.1)$$

$$Y = \left(\frac{Z}{n} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

- a = nilai referensi, b = nilai sensor, X = Relatif Sensor, Y = Akurasi Sensor, Z = pengujian benar, dan n = jumlah pengujian
- Apabila hasil selisih Z tidak melebihi toleransi 1° dan $1V$ maka *valid*.
- Pengujian dilakukan sebelum meletakkan sistem monitoring di Jalur Kereta.
- Pengujian dilakukan sebanyak 5 percobaan untuk melihat akurasi dari kedua sensor.

2. Stabilitas Data

Memeriksa konsistensi data yang dikumpulkan oleh sensor selama periode waktu tertentu. Ini termasuk memastikan tidak ada fluktuasi atau gangguan data yang signifikan. **Persamaan 3.3** merupakan persamaan RTT (*Round-Trip Time*).

$$RTT = A - B \quad (3.3)$$

- A = Waktu tiba dan B = Waktu pengiriman
- Pengujian dilakukan sebelum meletakkan sistem monitoring di Jalur Kereta.
- Pengujian dilakukan dengan cara mengukur waktu tiba dan waktu pengiriman data dari *intermediate node* ke Blynk.
- Pengujian dilakukan sebanyak 5 percobaan untuk melihat stabilitas data.

3. Daya Tahan Baterai

Mengukur berapa lama sistem dapat beroperasi secara berkelanjutan dengan satu kali pengisian baterai, terutama jika sistem dimaksudkan untuk pemantauan jangka panjang. Daya tahan baterai didapatkan dari hasil pengukuran yang menyatakan lamanya *sensor node* bekerja atau berfungsi. **Persamaan 3.4** merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung daya tahan baterai.

$$\text{Daya Tahan Baterai}(h) = \frac{\text{Kapasitas Baterai}(Ah)}{\text{Arus beban } (A)} \quad (3.4)$$

- Pengujian dilakukan sebelum meletakkan sistem monitoring di Jalur Kereta.
- Pengujian menggunakan multimeter digital untuk melihat tegangan pada baterai dan USB Wattmeter untuk melihat daya beban dari *intermediate node* dan *sensor node*.

4. Quality of Service (QoS)

Menguji jaringan yang digunakan baik atau tidaknya lalu lintas data di dalamnya. QoS merujuk pada keandalan dan kecepatan jaringan dalam penyampaian sebuah data. Parameter pengujian QoS ini telah dibahas pada bab sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

5. Delay

Delay adalah waktu tunda yang disebabkan oleh proses transmisi dari sebuah titik menuju titik yang lain yang menjadi tujuannya. *Delay* dinyatakan sebagai rata-rata perbedaan antara waktu penerimaan dengan waktu pengiriman paket. Dengan rata-rata *delay* dapat didapat dari **Persamaan 3.5**.

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\text{Jumlah delay}}{\text{Jumlah paket total yang diterima}} \quad (3.5)$$

6. *Throughput*

Throughput adalah nilai dari jumlah paket yang sukses dikirimkan dibagi dengan waktu total yang diperlukan untuk pengiriman, satuan dari *Throughput* adalah *bit per second* (bps). Rata-rata *Throughput* didapat dari perbandingan keseluruhan *Throughput* dengan waktu total pengiriman data tersebut. Kemudian persamaan rata-rata *Throughput* dituliskan seperti pada **Persamaan 3.6**.

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Jumlah Bytes}}{\textit{Time Span}} \quad (3.6)$$

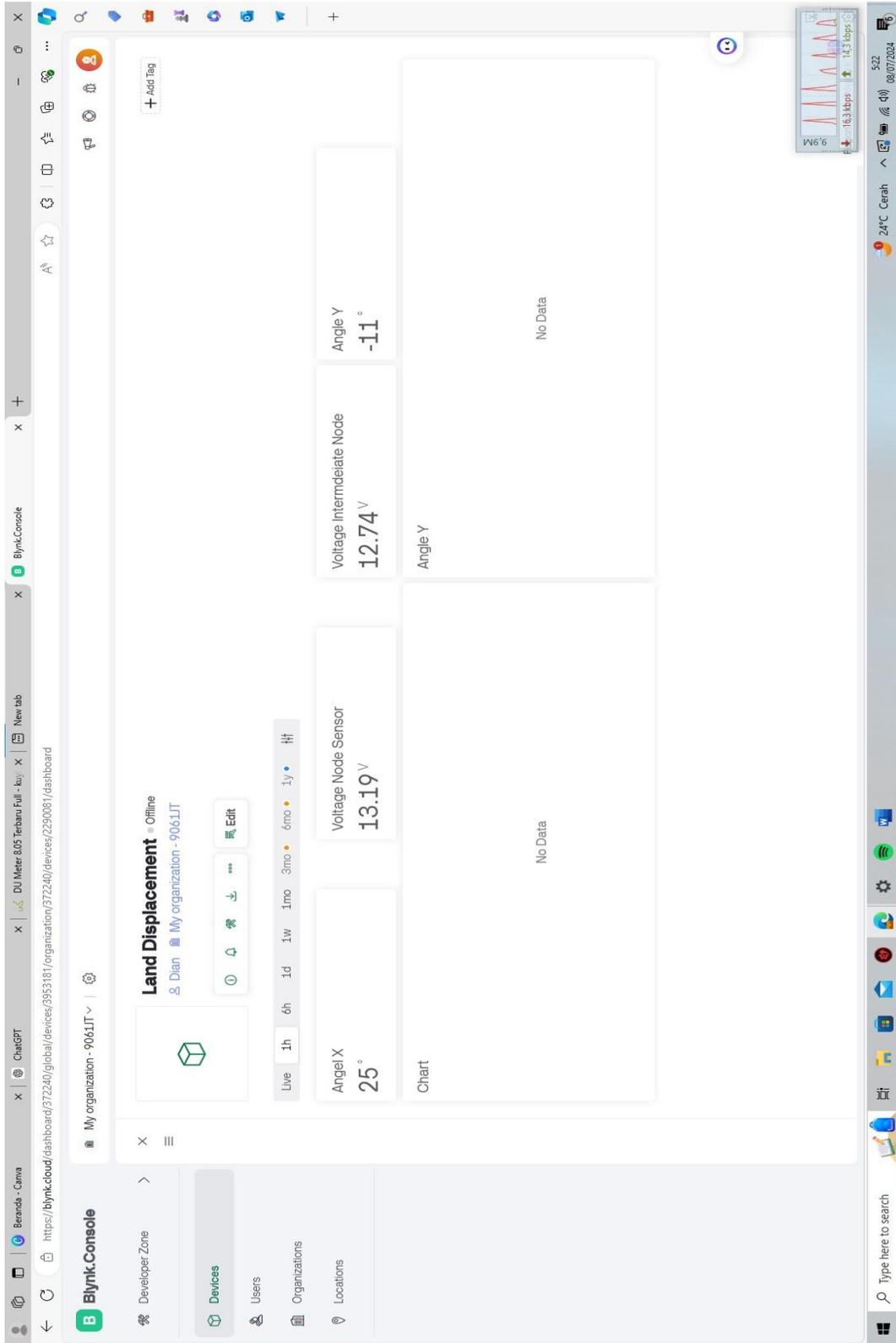
7. *Packet Loss*

Packet Loss adalah nilai yang menyatakan jumlah paket yang gagal dikirimkan menuju ke tujuannya pada sebuah transmisi. Terjadinya *packet loss* dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti degradasi sinyal pada kanal jaringan, paket yang rusak, antrean paket pada jaringan, kegagalan *routing*, dan lainnya. Persentase dari *packet loss* dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 3.7**.

$$\begin{aligned} \textit{Presentase Packet Loss} & \quad (3.7) \\ & = \frac{\textit{Jumlah paket dikirim} - \textit{jumlah paket sampai}}{\textit{Jumlah Paket Dikirim}} \end{aligned}$$

5. Hasil Uji Akhir (*User Interface*)

Evaluasi antarmuka pengguna akhir, termasuk kemudahan penggunaan, kejelasan visualisasi data, dan kemampuan untuk menginterpretasikan informasi yang disajikan oleh sistem monitoring. **Gambar 3.15** merupakan rencana desain *user interface* pada *platform blynk*.



Gambar 3.15 Desain user interface platform blynk

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi Kesimpulan dan saran yang didapatkan setelah membangun sistem dan menganalisa hasil yang didapatkan.

5.1 Kesimpulan

Simpulan yang didapatkan setelah membangun sistem dan menyusun laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah terealisasikan sistem monitoring pergeseran tanah berbasis *wireless sensor network* dengan IoT yang dapat bekerja dengan baik.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, saat kondisi kereta tidak melintas (LOS) kondisi tanah akan tetap stabil dan fluktuasi sudut yang minimum dengan rata-rata nilai sudut x sebesar 29° dan sudut y sebesar -9° . Sedangkan pada saat kondisi kereta melintas (N-LOS) didapatkan fluktuasi sudut yang lebih besar dengan rata-rata sudut X sebesar $29,01^\circ$ dan sudut Y sebesar $-6,80^\circ$. Hal ini dapat terjadi karena adanya getaran pada saat kereta melintas, namun tidak terjadi pergeseran tanah.
3. Berdasarkan hasil pengujian QoS, pada skenario saat kereta tidak melintas kondisi (LOS) didapatkan hasil data *Throughput* 505,87 bps, *Packet loss* 0%, dan *delay* 132,472 ms, kemudian saat kereta melintas kondisi (N-LOS) didapatkan hasil data *Throughput* 413,22 bps, *Packet loss* 0%, dan *delay* 153,584 ms. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa kondisi LOS memberikan performa yang lebih baik dengan *Throughput* lebih tinggi dan *delay* lebih rendah dibandingkan kondisi N-LOS.

5.2 Saran

Saran yang diperoleh setelah menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini untuk dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kualitas layanan (QoS) sistem monitoring dengan menggunakan teknologi komunikasi yang lebih tahan terhadap noise.
2. Penambahan sensor yang mampu mengukur jarak perpindahan tempat.

Daftar Pustaka

- [1] A. Aziz Hartalita, E. Ahmad Sugiana, and A. Rusdinar, "Sistem Peringatan Tanah Longsor Pada Jalur Kereta Api", e-Proceeding of Engineering, vol.5, no. 3, pp. 4301-4307, Dec. 2018.
- [2] R. E. Lubis, U. A. Ahmad, and R. E. Saputra, "Desain Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Dini Bencana Longsor Pinggir Sungai Menggunakan Sensor Adxl345 Berbasis Lora Sebagai Media Komunikasi", e-Proceeding of Engineering, vol.9, no.3, pp. 1012-1023, Jun. 2022.
- [3] *M. Iwaniec, A. Holovaty, V. Teslyuk, M. Lobur, K Kolesnyk, and M. Mashevska "Development of Vibration Spectrum Analyzer Using the Raspberry Pi Microcomputer and 3-Axis Digital MEMS Accelerometer ADXL345", MEMSTECH, pp. 25-29, Apr. 2017.*
- [4] A. Najmurokhman, Kusnandar, U. Komarudin, A. M. Annas, and R. Rahim, "Design and Realization of A Low Cost Clinometer based on ADXL345 Sensor, Ultrasonic Sensor, and Android based Smartphone", in Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics Publishing, pp. 1-8, Dec. 2019.
- [5] J J. V. O. Rodrigues, M. P. G. Pedroso, F. F. Barbosa Silva, and R. G. Leão Junior, "Performance evaluation of accelerometers ADXL345 and MPU6050 exposed to random vibrational input", Research, Society and Development, vol. 10, no. 15, pp. 1-16, Nov. 2021.
- [6] N. Nazleen Johari, C. Fuei Pien, S. Rahayu Mohd Hashim, B. Golutin, and J. Dayou, "Descriptive Statistical Calibration Method Of Triaxial Digital Accelerometer ADXL345 As Earthquakes Sensor", BorneoScience The Journal of Science & Technology, pp. 1-7, Apr. 2022.
- [7] B. P. Sitorus, M. Kom, and A. Tahyudin, "Rancang Bangun Alat Memberi Pakan Ikan Lele Otomatis Berbasis Arduino Uno", Jurnal Imiah Fakultas Teknik LIMIT'S, vol.14, no. 1, pp. 1-12, Mar. 2018.

- [8] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi 68 Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, "Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital", *TEKNOS*, vol. 1, no. 1, pp. 1-10, Apr. 2023.
- [9] Arafat, "Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266", *Technologia*, vol. 7, no. 4, pp. 262-268, Okt. 2016.
- [10] A. Zainur Rohman and Djuniadi "Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Menggunakan Sensor Micro Electro Mechanical System (Mems) Akselerometer" *Edu ElektriKa Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 8-16, Jun. 2015.
- [11] A. Imron, T. Andromeda, and B. Setiyono, "Perancangan Akuisisi Data Pada Panel RTU PT.PLN (Persero) Berplatform Android", *TRANSIENT*, vol.7, no. 2, pp. 1-7, Jun. 2018.
- [12] F. A. Mugroho, K. B. Adam, and A. Rusdinar, "Sistem Pengisian Baterai AKI pada Automated Guided Vehicle Menggunakan Solar Panel", *e-Proceeding of Engineering*, vol.7, no. 3, pp. 8781-8790, Dec.2020.
- [13] R. Berlianti and Fibriyanti, " Percangan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Phasa Jarak Jauh menggunakan Blynk Berbasis Arduino Mega", *SainETIn*, vol.5, no. 1, pp. 17-26, Dec. 2020.
- [14] Sutarti, Siswanto, and A. Bachtiar, "Analisis Web Phishing Menggunakan Metode Network Forensic Dan Block Access Situs Dengan Router Mikrotik", vol. 10, no.1, pp. 71-83, Mar. 2023.
- [15] B. Zulkanedi, "Cuaca Ekstrem, 27 Titik Jalur Kereta Api di Sumsel Rawan Bencana," *iNews Sumsel*, 17 Oktober 2022. [Online]. Available: <https://sumsel.inews.id/berita/cuaca-ekstrem-27-titik-jalur-kereta-api-disumselrawan-bencana>. [Accessed 06 December 2023]

- [16] L. Juwita, "BREAKING NEWS: Jalur Kereta Martapura-Baturaja Ambles, Perjalanan KA Kertapati-Lampung Terganggu," SRIPOKU.com, 28 April 2023.[Online].Available:<https://palembang.tribunnews.com/2023/04/28/breaking-newsjalur-kereta-martapura-baturaja-ambles-perjalanan-ka-kertapati-lampungterganggu>. [Accesed 06 Desember 2023].