

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KEMIRINGAN TANAH
PADA JALUR KERETA API HILIR AIRTUBA BERBASIS *WIRELESS*
SENSOR NETWORK (WSN)**

(Proposal)

Oleh

Dian NurBudi Leksono

2015031047



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KEMIRINGAN TANAH
PADA JALUR KERETA API HILIR AIRTUBA BERBASIS *WIRELESS*
SENSOR NETWORK (WSN)**

Oleh

Dian NurBudi Leksono

Proposal Penelitian

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

DAFTAR ISI

	Halaman
BAB I.....	8
PENDAHULUAN.....	8
1.1 Latar Belakang	8
1.2 Rumusan Masalah.....	9
1.3 Batasan Masalah.....	10
1.4 Tujuan Penilitain	10
1.5 Manfaat Penelitian	10
1.6 Hipotesis	11
1.7 Sistematika Penulisan	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Penelitian Terdahulu	12
2.2 Tanah Longsor	14
2.3 Wireless Sensor Network (WSN)	15
2.4 Mikrokontroler	16
2.5 Arduino IDE.....	17
2.6 Mikrokontroler ESP 32 S.....	18
2.7 Sensor Akselerometer ADXL 345	19
2.8 SEN-0052	21
2.9 Battery Management System (BMS)	22
2.10 Baterai <i>Lithium</i>	23
2.11 Platform IoT	24
2.12 USB Modem <i>WiFi</i>	24
2.13 Wireshark.....	25
2.15 Quality of Service (QoS) Pada Wireless Sensor Network (WSN)	25

2.15.1 <i>Delay</i>	26
2.15.2 <i>Throughput</i>	26
2.15.3 <i>Packet Loss</i>	27
2.16 <i>Line of Sight (LOS)</i>	27
2.17 <i>Non Line of Sight(N-LOS)</i>	27
BAB III.....	30
METODE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3. 2 Alat dan Bahan Penelitian	30
3. 3 Tahapan Penelitian	35
3.3.1 Studi Literatur	37
3.3.2 Bimbingan.....	37
3.3.3 Riset.....	37
3.3.4 Uji Lapangan.....	40
3.3.5 Diagram Alir Proses Pembuatan Desain dan Fabrikasi Alat.....	41
3.3.6 Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor	42
3.4 Desain dan Proses Pengiriman Data Alat Monitoring KemiringanTanah di Jalur Kereta Api.....	43
3.4.1 Desain	43
3.4.2 Proses Pengiriman Data	45
3.5 Rancangan Penempatan Alat Monitoring KemiringanTanah Pada Jalur Kereta Api	46
3.6 Skema Pengambilan Data.....	46
3.6.1 Skema Pengujian Pada Jalur Kereta Api	46
3.6.2 Skema Pengujian di Fakultas Teknik	48
Daftar Pustaka.....	51

Daftar gambar

	Halaman
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	36
Gambar 3. 2 Arsitektur Sistem Kerja Alat Monitoring Kemiringan Tanah	
Pada Jalur Kereta Api	38
Gambar 3. 3 Jalur Kereta Api Hilir km 212+8/9 Airtuba	40
Gambar 3. 4 Diagram Alir Proses Desain dan Fabrikasi Alat	41
Gambar 3. 5 Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor	42
Gambar 3. 6 Desain alat monitoring Kemiringan Tanah di Jalur Kereta Api	43
Gambar 3. 7 Proses Pengiriman Data	45
Gambar 3. 8 Rancangan Penempatan Alat Monitoring Kemiringan Tanah	
Pada Jalur Kereta Api	46
Gambar 3. 9 Situasi Saat Kereta Lewat	47
Gambar 3. 10 Situasi Saat Tidak Ada Kereta Lewat	48
Gambar 3. 11 Pengambilan data dengan keadaan LOS	49
Gambar 3. 12 Pengambilan data dengan keadaan N-LOS	50

Daftar Tabel

	Halaman
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	30
Tabel 3. 2 Daftar Spesifikasi Komponen	32
Tabel 3. 3 Daya Maksimum dan Rentang Kerja Alat yang digunakan	42
Tabel 3. 4 Kalibrasi Sensor	43

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), Saugnaga-Tebing Tinggi (Kabupaten Empat Lawang) dan titik-titik daerah rawan lainnya [1].

Pada hari Jum'at, 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 [2].

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 *ThingSpeak* sebagai antarmuka untuk penggunaanya.

Sensor Akselerometer digunakan untuk mendeteksi Kemiringan pada tanah karena Sensor ADXL 345 merupakan sensor percepatan yang mampu mengukur 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 alat.

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

1.3 Batasan Masalah

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

1. Fokus pada pengembangan 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. Alat yang dikembangkan dalam penelitian ini masih belum memiliki tingkat ketahanan terhadap air.
4. Alat hanya dapat digunakan pada tempat yang memiliki akses Internet.
5. Kondisi pengukuran performa 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 mengembangkan *Wireless sensor network* yang dapat membaca Kemiringan 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 Kemiringan tanah pada jalur kereta api.
2. Menjadi Landasan pada penelitian selanjutnya

1.6 Hipotesis

Dengan Penggunaan alat monitoring yang mengintegrasikan sensor Akselerometer dan tegangan kemampuan mendeteksi terhadap risiko longsor dan tanah ambles yang lebih baik daripada penggunaan sistem peringatan tanah longsor berbasis sensor Akselerometer tanpa adanya monitoring.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada pendahuluan terdapat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II TINJUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka berisi tentang teori-teori yang mendasari penelitian ini. BAB

III METODE PENELITIAN

Pada metode Penelitian terdapat waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, metode yang akan digunakan, serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan terdapat hasil Penelitian serta analisis hasil Penelitian yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Pada penutup terdapat rangkuman akhir atau kesimpulan yang diperoleh dari hasil dan pembahasan serta saran untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

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 Kemiringan Tanah Jalur Kereta Api di Jalur hilir km 212+8/9 Airtuba dengan perbedaannya terletak pada permasalahan yang dibahas didalamnya 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 [3].

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. [4].

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 Mashevskya. Penelitian ini membahas tentang pengembangan Analisis 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 [16].

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 Najmurrokhman, Kusnandar, U Komarudin, A M Annas¹, 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 [17].

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 [18].

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 [19].

2.2 Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan masa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Peristiwa tanah

longsor dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan dan sebenarnya merupakan fenomena alam yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Tanah longsor merupakan suatu peristiwa geologi dimana terjadi Kemiringan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah [3]. **Gambar 2.1** merupakan gambar dari kejadian tanah longsor pada jalur kereta api.



Gambar 2. 1 Tanah Longsor Pada Jalur Kereta Api

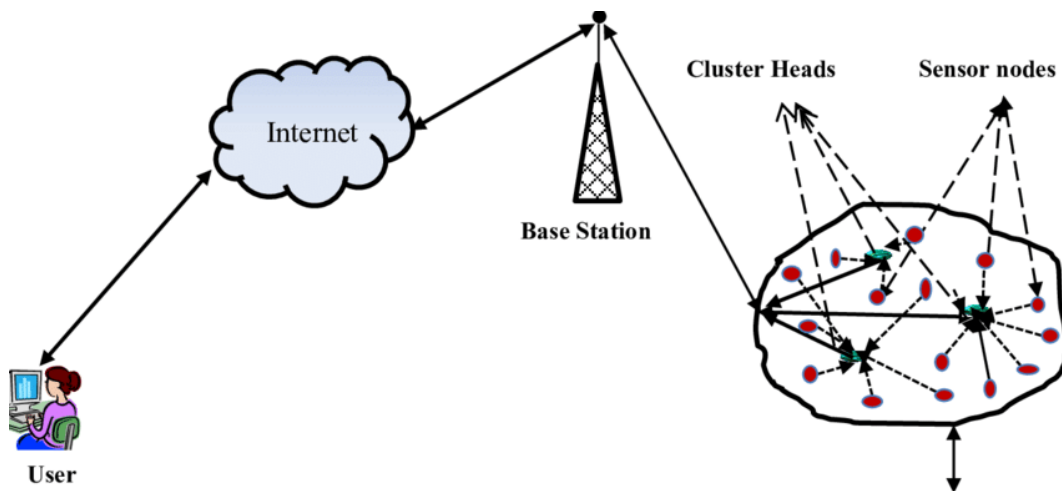
Kemiringan massa tanah merupakan salah satu peristiwa geologi dimana volume tanah atau batuan dalam satu area tertentu mengalami perubahan posisi dari keadaan awalnya. Kemiringan tersebut dapat diakibatkan oleh adanya faktor pemuaian massa tanah akibat kadar air yang berlebih, ataupun akibat dari perbedaan 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, dimana 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*) [3].

Gambar 2.2 merupakan proyeksi dari WSN.



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

Jika wireless sensor network ini dihubungkan ke *gateway* yang dapat mengakses internet maka wireless sensor network ini dapat diakses dan berkolaborasi dengan sistem lain.

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input Mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana Mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi 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 rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi Mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan Mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte. Mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman *assembly* dengan berpatokan pada kaidah digital dasar sehingga pengoperasian sistem menjadi sangat mudah dikerjakan sesuai dengan logika sistem. Bahasa *assembly* ini mudah dimengerti karena menggunakan bahasa *assembly*, aplikasi dimana parameter *input* dan *output* langsung bisa diakses tanpa menggunakan banyak perintah [5]. **Gambar 2.3** merupakan gambar dari salah satu mikrokontroler.

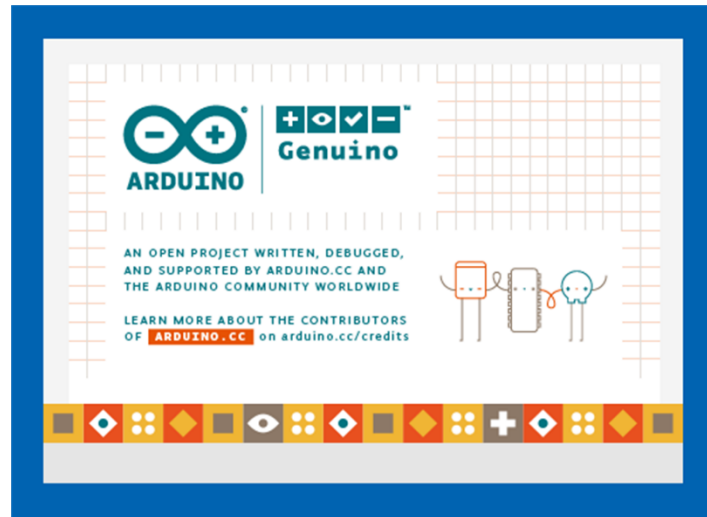


Gambar 2. 3 Mikrokontroler

2.5 Arduino IDE

Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat *sketch* pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada *board* yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-*upload* ke *board* yang ditentukan, dan meng-*coding* program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan *library* C/C++(*wiring*), yang membuat operasi *input/output* lebih muda *software* Arduino Ide ini, kita dapat memodelkan sifat dari parameter rangkaian analog dan digital. Kemampuan yang disediakan Arduino Ide adalah dapat memodelkan berbagai

rancangan rangkaian, menguji suatu rangkaian dengan berbagai kemungkinan komponen, memeriksa sifat dari keseluruhan rangkaian dengan melakukan analisis AC / DC atau *transient* [6]. **Gambar 2.4** merupakan *software* arduino IDE.



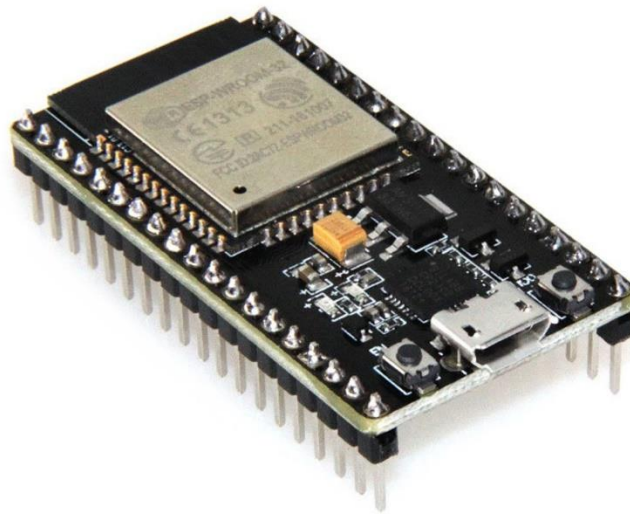
Gambar 2. 4 *Software Arduino IDE*

2.6 Mikrokontroler ESP 32 S

ESP32 S merupakan Mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan *WiFi* 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2, dan berbagai *periferal*. Chip ini menggunakan mikroprosesor 32 bit Xtensa LX6 *dual-core*. Ruang alamat untuk data dan instruksi adalah 4 GB dan ruang alamat periferal 512 kB. Memori terdiri atas 448 kB ROM, 520 kB SRAM, dua 8kB RTC *memory*, dan *flash memory* 4MB. Chip ini mempunyai 18 pinADC (12-bit), empat SPI, dan dua I2C. Kelebihan utama mikrokontroler ini ialah harganya yang relatif murah, mudah diprogram, memiliki jumlah pin I/O yang memadai, serta memiliki adapter *WiFi internal* untuk mengakses jaringan Internet [7].

Board ini memiliki tiga versi, yaitu yang 30, 36, dan 38 GPIO. Keduanya berfungsi dengan cara yang sama tetapi versi yang 38 GPIO ESP 32S dipilih karena memiliki lebih banyak pin dan pengembangan yang lebih kompleks. Semua pin diberi label di bagian atas board sehingga mudah untuk dikenali. Board ini memiliki interface USB-to-UART sehingga mudah diprogram dengan program pengembangan aplikasi seperti Arduino IDE atau yang lainnya. Sumber daya untuk board bisa

diberikan melalui konektor micro-USB. **Gambar 2.5** merupakan ESP 32 yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. 5 Mikrokontroler ESP 32S

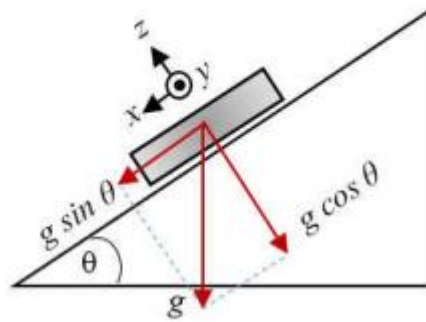
2.7 Sensor Akselerometer ADXL 345

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 [8]. 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 tersebut menunjukkan bahwa kemiringan yang dialami sensor (θ) mengakibatkan sumbu- x dan sumbu- z mengalami percepatan, yakni oleh percepatan gravitasi (g), sehingga tegangan keluaran sensor pada sumbu- x dan sumbu- z juga berubah. Dari **gambar 2.7** terus menunjukkan bahwa kemiringan yang dialami sensor (θ) mengakibatkan sumbu- x dan sumbu- z mengalami percepatan, yakni oleh percepatan gravitasi (g), sehingga tegangan keluaran sensor pada sumbu- x dan sumbu- z juga berubah [3]. **Gambar 2.7** juga dapat dilihat percepatan gravitasi pada sumbu x ($g(x)$) gravitasi pada sumbu z ($g(z)$) sensor terbaca sebesar:

$$g(x) = g \sin \theta \quad (2.1)$$

$$g(z) = g \cos \theta \quad (2.2)$$

Keterangan :

$g(x) = g \sin\theta$, Ini menunjukkan bahwa komponen percepatan gravitasi pada sumbu x ($g(x)$) adalah hasil dari percepatan gravitasi total (g) dikalikan dengan sinus dari sudut kemiringan (θ).

$g(z) = g \cos(\theta)$, Ini menunjukkan bahwa komponen percepatan gravitasi pada sumbu z ($g(z)$) adalah hasil dari percepatan gravitasi total (g) dikalikan dengan cosinus dari sudut kemiringan (θ).

Dan untuk mencari nilai kemiringan yang di alami sensor (θ) dibutuhkan perbandingan dari pembacaan kedua sumbu paa **persamaan (2.3)** dan **(2.4)**.

$$\tan \theta = \frac{g(x) \sin \theta}{g(z) \cos \theta} \quad (2.3)$$

$$\tan \theta = \arctan \frac{g(x)}{g(z)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$\tan \theta = \frac{g(x) \sin \theta}{g(z) \cos \theta}$, Perbandingan ini menunjukkan bahwa tangen dari sudut kemiringan (θ) sama dengan percepatan pada sumbu x ($g(x)$) dibagi dengan percepatan pada sumbu z ($g(z)$).

$\tan \theta = \arctan \frac{g(x)}{g(z)}$, Untuk mendapatkan sudut kemiringan (θ) dalam derajat atau radian, kita mengambil arctan (fungsi invers dari tangen) dari perbandingan $g(x)/g(z)$.

Rumus-rumus tersebut memanfaatkan data akselerasi yang diukur oleh sensor ADXL345 dan prinsip-prinsip trigonometri untuk menghitung sudut pitch dan roll. Informasi orientasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti mengatur tampilan layar perangkat antara mode potret dan lanskap pada smartphone atau tablet. Dengan demikian, sensor ADXL345 membantu dalam pengembangan antarmuka pengguna yang responsif dan intuitif berbasis gerakan [9].

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

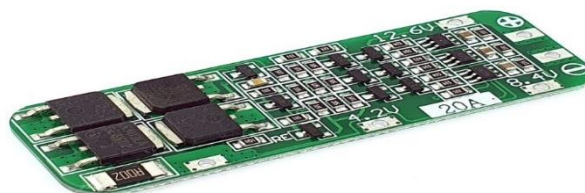
mengukur tegangan hingga 25 V. Pada modul sensor tegangan DC yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 terdapat tiga pin. Pin S merupakan pin output sensor yang akan dihubungkan ke ADC arduino nano, pin + disambungkan ke 5 V arduino dan pin – dihubungkan ke ground Arduino [10]. **Gambar 2.7** merupakan Sensor Tegangan DC yang digunakan.



Gambar 2. 7 Sensor Tegangan DC

2.9 Battery Management System (BMS)

BMS juga dapat melindungi dan mengatur kondisi baterai, dan menjaga keseimbangan baterai. Selain itu dapat memberikan informasi energi yang masih tersedia dalam baterai dan prediksi durasi pemakaiannya juga agar tidak berpotensi merusak baterai secara kimiawi, maka baterai harus dijaga dari pembebanan yang berlebihan yang dapat menyebabkan arus berlebih atau *overcurrent* dan tegangan yang berlebihan (*overvoltage*) dan baterai juga tidak boleh *overcharging* atau *overdischarging* yang terlalu lama karena dapat menyebabkan kebakaran yang menjadi parameter utama pada baterai adalah suhu dan sensor yang selalu dijaga karena dapat terjadi bahaya sewaktu-waktu, misalnya kebakaran. BMS juga dapat mengetahui kemampuan kapasitas yang telah terpakai serta menjamin umur baterai agar bisa tahan lama dalam mengendalikan proses pengelolaan pengisian sel [11]. **Gambar 2.8** merupakan modul yang digunakan.



Gambar 2. 8 Modul BMS

2.10 Baterai *Lithium*

Baterai *lithium-ion* merupakan salah satu jenis baterai sekunder (*rechargeable battery*) yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti baterai-baterai yang berkembang lebih dahulu yaitu baterai NI-Cd dan Ni-MH. Baterai ini memiliki kelebihan dibandingkan baterai sekunder jenis lain, yaitu memiliki stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik (daya tahan sampai 10 tahun atau lebih), energi densitas tinggi, tidak ada memori efek dan berat yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan baterai jenis lain. Sehingga dengan berat yang sama energi yang dihasilkan baterai *lithium* dua kali lipat dari baterai jenis lain. *Lithium-Ion Battery* atau baterai *lithium-ion* merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Pada saat ini, *Lithium-Ion Battery* menjadi baterai yang sangat dibutuhkan antara lain untuk kebutuhan energi listrik pada telepon seluler (ponsel), mp3 player dan lain-lain. Selain itu, saat ini *Lithium-Ion Battery* sangat dibutuhkan khususnya untuk kendaraan yang sumber energinya dari energi listrik/*electric vehicle* [11]. Pada Penelitian ini baterai yang digunakan adalah berseri 18650. **Gambar 2.9** merupakan Baterai Lithium yang digunakan.



Gambar 2. 9 Baterai *Lithium*

2.11 *Thingspeak : A IoT Web Services*

Thingspeak merupakan web berbasis open API IOT *source platform* informasi yang komprehensif dalam menyimpan data sensor dari 'aplikasi IOT' bervariasi dan berkonspirasi, data output yang dihasilkan dalam bentuk grafik di tingkat web. *Thingspeak* berkomunikasi dengan bantuan koneksi internet yang bertindak sebagai paket data, pembawa antara hal/benda (sensor) yang saling terhubung dan *Thingspeak* mengambil, menyimpan, menganalisis, mengamati dan bekerja pada data yang dirasakan dari sensor yang terhubung ke mikrokontroler seperti 'Arduino, modul TI CC3200, Raspberry-pi dll [12].



Gambar 2. 10 *ThingSpeak*

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.

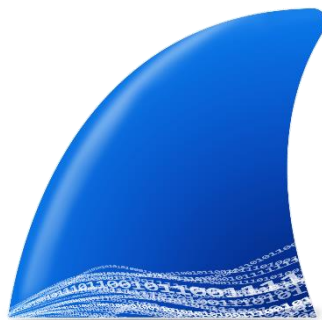
Kelebihan dari USB modem *WiFi* adalah portabilitasnya yang tinggi, karena ukurannya yang kecil dan kemampuannya untuk menyediakan koneksi internet nirkabel (*WiFi*) dari sinyal jaringan seluler. Ini membuatnya berguna saat bepergian atau di tempat-tempat di mana tidak tersedia koneksi internet tetap, dan memungkinkan penggunaan beberapa perangkat secara bersamaan untuk terhubung ke internet [13]. **Gambar 2.11** merupakan alat USB modem *WiFi*.



Gambar 2. 11 USB Modem *WiFi*

2.13 Wireshark

Wireshark yaitu *Network Protocol Analyzer*, termasuk juga ke dalam satu diantara *network analysis tool* atau *packet sniffer*. *Wireshark* mengizinkan pengguna mengamati data dari jaringan yang tengah beroperasi atau dari data yang ada di disk, dan segera melihat/mensortir data yang tertangkap, mulai dari informasi singkat dan rincian untuk segala hal tentang paket termasuk juga *full header & jumlah data*, bisa didapat [14]. **Gambar 2.12** merupakan icon dari *Software Wireshark*.



Gambar 2. 12 Icon *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 adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*, MOS, dan *echo*

cancellation [15]. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. Performa jaringan komputer dapat bervariasi akibat dari beberapa masalah, seperti halnya masalah *bandwidth*, *latency* dan *Jitter*, yang dapat membuat efek yang cukup besar bagi banyak aplikasi. Sebagai contoh, video streaming dapat membuat pengguna kesal ketika paket data aplikasi tersebut berjalan dengan *bandwidth* yang tidak cukup, dengan *latency* yang tidak dapat diprediksi, atau *Jitter* yang berlebih. Beberapa fitur QoS dapat menangani masalah diatas, dapat menurunkan latency dengan mengendalikan pengiriman paket data dan membatasi paket data tertentu dan Jitter dapat diprediksi dan dicocokkan dengan kebutuhan aplikasi yang digunakan di 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**.

$$\text{Rata - rata Throughput} = \frac{\text{Jumlah paket sukses diterima}}{\text{Waktu total pengiriman data}} \quad (2.6)$$

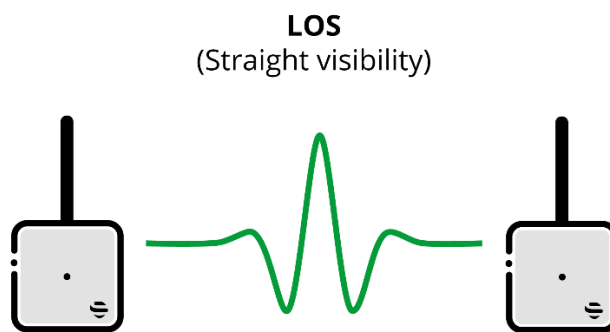
2.15.3 Packet Loss

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, antrian paket pada jaringan, kegagalan *routing*, dan lainnya. Persentase dari *packet loss* dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2.7**.

$$\text{Persentase Packet Loss} = \frac{\text{Jumlah paket dikirim} - \text{jumlah paket sampai}}{\text{Jumlah paket dikirim}} \quad (2.7)$$

2.16 Line of Sight (LOS)

LOS (*Line Off Sight*) adalah suatu kondisi dimana antara pengirim (Tx) dengan penerima (Rx) dapat saling melihat tanpa ada penghalang. Propagasi gelombang pada frekuensi diatas 30 MHz memanfaatkan gelombang langsung dan gelombang pantul oleh permukaan bumi. **Gambar 2.13** merupakan gambar proyeksi dari LOS.

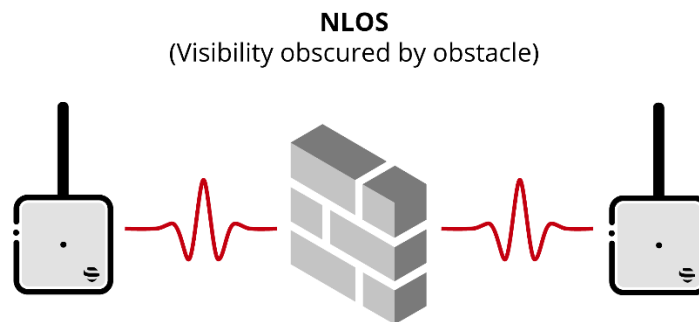


Gambar 2. 13 *Line of Sight* (LOS)

2.17 Non Line of Sight (N-LOS)

Non Line of Sight adalah transmisi radio melintasi jalur yang sebagian terhalang, biasanya oleh objek fisik di zona terdalam. Banyak jenis transmisi radio bergantung,

pada derajat yang berbeda, pada *line of sight* (LOS) antara pemancar dan penerima. Hambatan yang umumnya menyebabkan kondisi N-LOS termasuk bangunan, pohon, bukit, gunung, dan, dalam beberapa kasus, kabel Listrik bertegangan tinggi. Beberapa penghalang ini mencerminkan frekuensi radio tertentu, sementara beberapa hanya menyerap atau memutar balikkan sinyal. Tetapi, dalam kedua kasus tersebut, mereka membatasi penggunaan banyak jenis transmisi radio, terutama ketika anggaran dayanya rendah. **Gambar 2.17** merupakan proyeksi dari N-LOS.



Gambar 2. 14 *Non Line of Sight(N-LOS)*

2.18 Arduino Uno

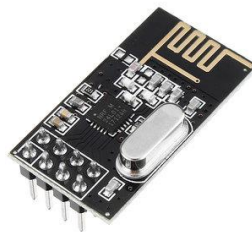
Arduino Uno adalah sebuah kit elektronik *open source* yang digunakan sebagai pengendali mikro yang dapat diprogram. Arduino biasa digunakan untuk membuat suatu *prototype* piranti karena sifatnya yang fleksibel dan mudah digunakan baik *software* atau *hardware*-nya [3]. **Gambar 2.15** merupakan gambar dari Arduino Uno



Gambar 2.15 Arduino Uno

2.19 nRF24L01

nRF24L01 merupakan modul komunikasi jarak jauh yang menggunakan frekuensi pita gelombang radio 2.4-2.5 GHz ISM (*Industrial Scientific and Medical*). nRF24L01 memiliki kecepatan sampai 2Mbps dengan pilihan opsi data rate 250 Kbps, 1 Mbps, dan 2 Mbps. Transceiver terdiri dari synthesizer frekuensi terintegrasi, kekuatan amplifier, osilator kristal, demodulator, modulator dan *Enhanced ShockBurst* mesin protokol. output daya, saluran frekuensi, dan setup protokol yang mudah diprogram melalui antarmuka SPI. Konsumsi arus yang digunakan sangat rendah, hanya 9.0mA pada daya *output* -6dBm dan 12.3mA dalam mode RX. Built-in *Power Down* dan mode *standby* membuat penghematan daya dengan mudah realisasi. **Gambar 2.16** merupakan gambar dari nRF24L01.



Gambar 2.16 Modul nRF24L01

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Terpadu, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Jalur Kereta Api Jalur hilir km 212+8/9 Airtuba. Penelitian ini dimulai dari bulan Januari 2024 sampai dengan bulan April 2024. Adapun pada **Tabel 3.1** menunjukkan waktu kegiatan penelitian ini berlangsung.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan			
		Januari	Febuari	Maret	april
1.	Studi Literatur				
2.	Perancangan Sistem				
3.	Seminar Proposal				
4.	Pembuatan Alat dan Kalibrasi				
5.	Pengujian Sistem				
6.	Analisis Data				
7.	Penulisan Laporan				
8.	Seminar hasil				

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 melaui Aplikasi Arduino IDE dan juga sebagai sarana untuk memantau serta menguji hasil dari alat yang penulis rancang. Penggunaan laptop menjadi krusial dalam proses pengembangan dan pemantuan fungsi serta kinerja alat yang dibuat.

2. ESP 32

ESP 32 S digunakan untuk menjadi Mikrokontroler utama, dimana program yang telah dibuat di aplikasi Arduino IDE di upload ke dalam ESP 32 S lalu hasil sensor yang didapatkan dari arduino uno selanjutnya akan dikirim ke server *ThingSpeak*.

3. Arduino Uno

Arduino Uno digunakan untuk menjadi mikrokontroler, yang mengatur sensor-sensor lalu mengirimkan datanya ke ESP 32 S.

4. nRF24l01

nRF24l01 merupakan modul wifi yang digunakan untuk menjadi media komunikasi antar node sensor ke node server.

5. Sensor Akselerometer

Akselerometer digunakan untuk mendeteksi kemiringan 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. *Battery Management System (BMS)*

BMS digunakan untuk menghubungkan sumber baterai ke Mikrokontroler dan sensor – sensor yang digunakan dalam penelitian ini, tidak hanya untuk menjadi media transfer daya BMS ini juga digunakan untuk mengisi baterai saat habis dan menjadi pengaman saat terjadinya *overheating* dan arus atau tegangan berlebih.

8. Baterai *Lithium-ion*

Baterai *lithium-ion* 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 *ThingSpeak* dengan cara mengubah jaringan internet pada area tersebut menjadi *WiFi*, karena ESP 32 S dapat menggunakan *WiFi* untuk terhubung ke Jaringan Internet atau server.

Tabel 3. 2 Daftar Spesifikasi Komponen

No.	Komponen	Jenis/Model	Spesifikasi
-----	----------	-------------	-------------

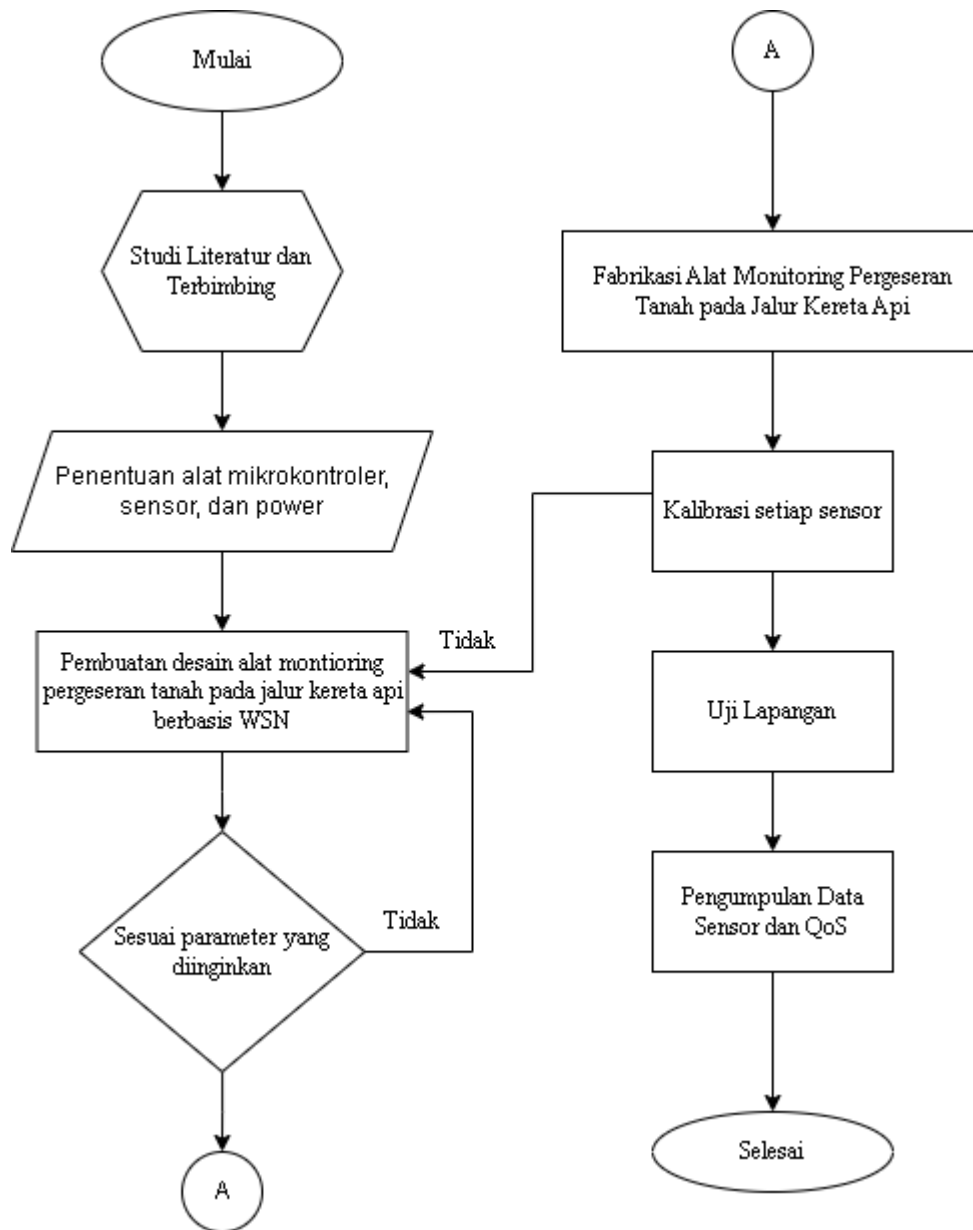
1.	Laptop Lenovo	Ideapad <i>Gaming 3</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Prosesor : Intel Core I5-11300H • <i>Clock</i> : 3.10 Ghz • VGA : RTX 3050 • RAM : 16 GB
2.	ESP32 (mikrokontroler)	ESP 32 S	<ul style="list-style-type: none"> • Prosesor: Tensilica Xtensa LX6 dual-core • <i>Input Voltage</i> : 3.3V • <i>Clock</i>: hingga 240 MHz • RAM: 520 KB SRAM • Memori: 4 MB Flash • WiFi: 802.11 b/g/n • Bluetooth: v4.2 BR/EDR dan BLE • GPIO: 34 pin • ADC: 12-bit SAR • DAC: 2x 8-bit • Interface: SPI, I2C, I2S, UART, CAN, IR • Rangkaian Sistem: WDT, RTC, PWM, USB-OTG.
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 Driver DC 0-25V	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan <i>input</i>: 0-25v DC • Tegangan deteksi: 0.02445-25v DC • Ketelitian pengukuran: 0.00489v
5.	<i>Battery Management System</i> (Pengaman Baterai)	BMS 3S	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan pengisian: 12.6V - 13.0V • Jenis Baterai: Baterai <i>lithium</i> dengan tegangan nominal 3.6V dan 3.7V (termasuk 18650, 26650, baterai <i>lithium polymer</i>) • Arus Maksimum: 20A • Rangkaian: 3S(Seri)
6.	Baterai <i>Lithium</i>	Baterai Litihium 18650 3.7V	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Voltage</i>: 3.7V • <i>Li-ion Capacity</i>: 4800 mAh
7.	USB Modem <i>WiFi</i>	USB modem <i>WiFi</i> 4G	<ul style="list-style-type: none"> • Chip: Qualcomm 9600 • Ukuran: 95x33mm • Kecepatan unduh: 100mbps • Kecepatan unggah: 50mbps
8.	Arduino Uno	Uno	<ul style="list-style-type: none"> • Mikrokontroler: ATmega328P • Operasional Voltage: 5V • Inpu Voltage : 7-12V
9.	nRF24L01	<i>transceiver</i> RF	<ul style="list-style-type: none"> • Frekuensi : 2.4Ghz • Speed : 2Mbps • Input Voltage : 3.3V

3. 3 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dan termbimbing terhadap topik *Wireless Sensor Network* (WSN) di kereta api makan di dapatkan ide Rancang Bangun Alat Monitoring Kemiringan Tanah Pada Jalur Kereta Api Airtuba berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN). Proses dilanjutkan dengan menentukan mikrontroler, sensor, *power*, dan penampilan data. Selanjutnya proses desain dan perancangan alat hingga didapatkan ketentuan dan parameter yang diinginkan. Tahap selanjutnya adalah melakukan proses fabrikasi sesuai dengan desain alat yang telah dibuat sebelumnya, selain fabrikasi 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 Kantor sintelis kereta api baturaja dan di Jalur Kereta Api Jalur hilir km 212+8/9 Airtuba, 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 alat 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 alat monitoring, desain hingga perancangan alat monitoring, hingga perancangan penempatan alat monitoring saat dilakukan uji lapangan di Jalur Kereta Api Stasiun Baturaja – Stasiun Tiga Gajah, Literatur yang digunakan sebagai referensi adalah artikel yang bersumber dari jurnal ilmiah dan *website* yang informasinya dapat dipertanggungjawabkan.

3.3.2 Bimbingan

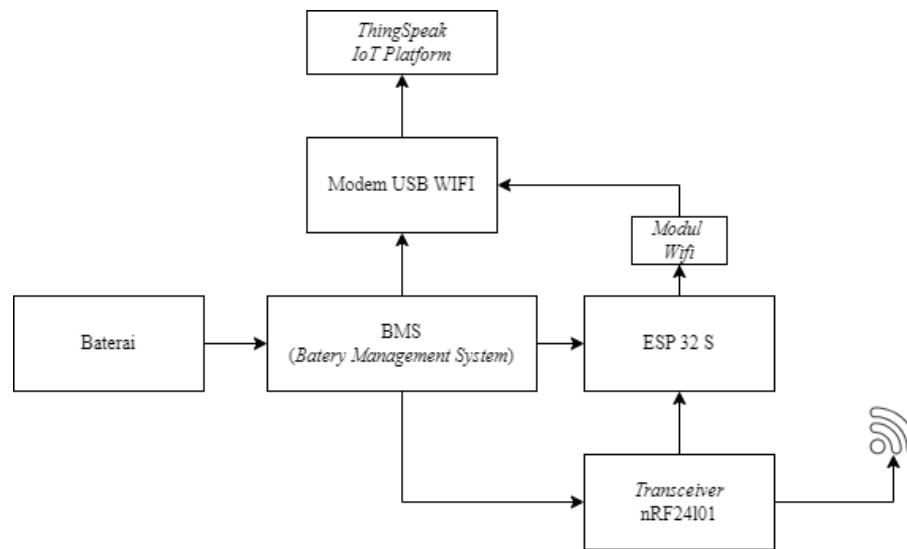
Bimbingan dilakukan dengan cara berdiskusi berkala dengan dosen pembimbing dalam memahami perancangan alat monitoring baik dari merancang sistem hingga alat monitoring dapat berjalan dengan baik, hingga sistem pengujian alat secara langsung di jalur kereta api Stasiun Baturaja – Stasiun Tiga Gajah.

3.3.3 Pembuatan Arsitektur Komponen

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

3.3.3.1 Arsitektur Umum Node Server

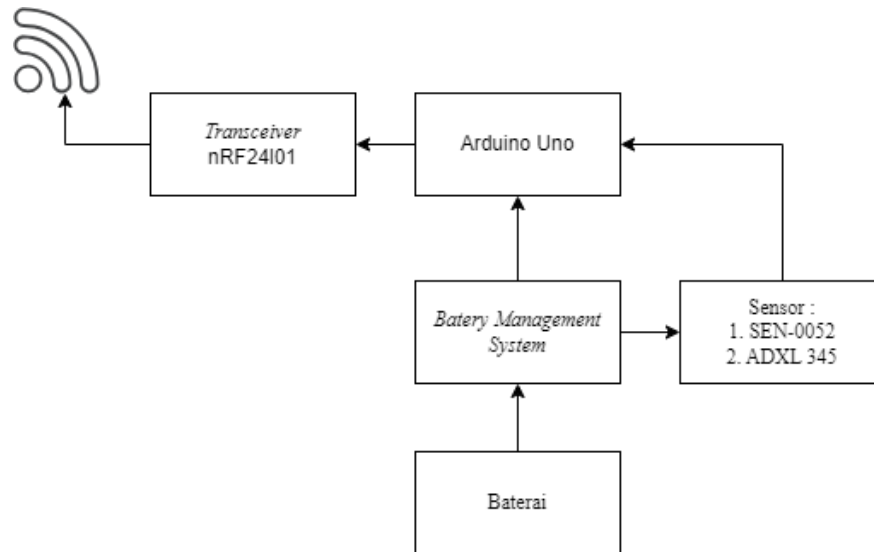
Arsitektur umum dari *node server* yang dibangun dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Arsitektur Umum *node server*

Komponen-komponen yang digunakan pada node server adalah seperti pada **Gambar 3.2**. *Node Server* bekerja dimulai dari *Battery Management System* yang menyuplai daya ke seluruh komponen. ESP 32S merupakan mikrokontroler yang digunakan, fungsinya adalah untuk mengendalikan komponen lain pada node server. Transceiver berfungsi untuk menerima sinyal-sinyal yang dikirimkan oleh node sensor. Tugas *node server* adalah menampilkan data yang diterima dari *node sensor*, yang bekerja sesuai dengan arsitektur dari **Gambar 3.2**. Data yang didapat dari *node sensor* diterima oleh *node server* melalui transceiver nRF24L01 kemudian diteruskan ke ESP 32S. Data kemudian diteruskan ke *ThingSpeak* melalui *Modem USB Wifi* untuk ditampilkan dan disimpan ke dalam server *platform IoT* tersebut.

3.3.3.2 Arsitektur Umum Node Sensor



Gambar 3.3 Arsitektur Umum *Node Sensor*

Tugas dari *node sensor* adalah untuk melakukan penginderaan dan kemudian mengirimkan hasilnya ke *node server*. *Node sensor* bekerja dimulai *Battery Management System* menyuplai daya ke seluruh komponen yaitu memori, 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 alat monitoring Kemiringan tanah yang telah dibuat dan dilakukan pengambilan data selama 7 hari di jalur kereta api hilir km 212+8/9 Airtuba, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan.

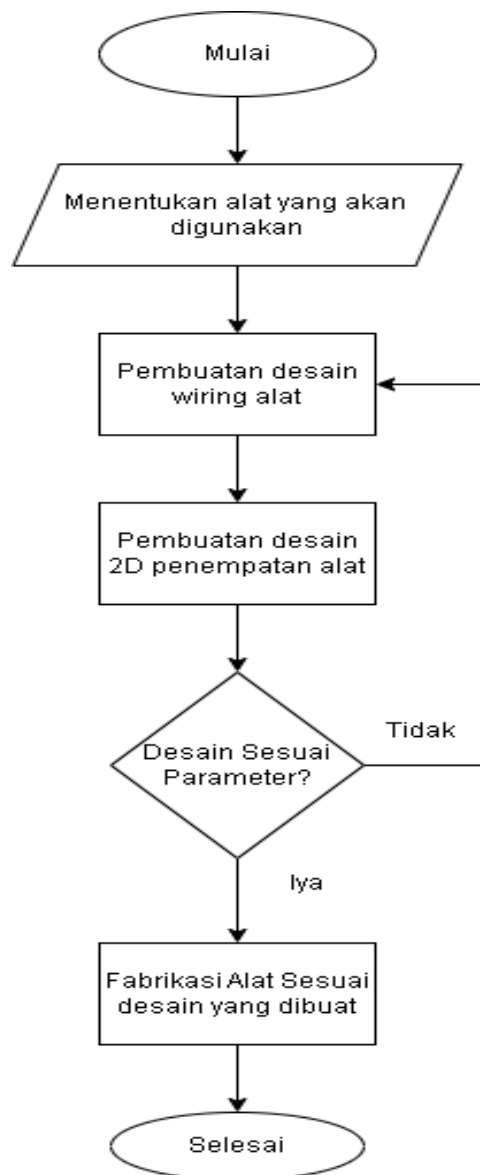
Gambar 3.3 merupakan lokasi uji lapangan.



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

3.3.5 Diagram Alir Proses Pembuatan Desain dan Fabrikasi Alat

Adapun diagram alir pembuatan model desain ala adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses Desain dan Fabrikasi Alat

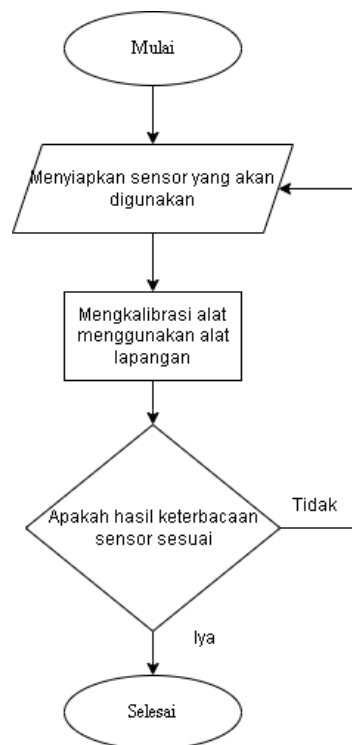
Dalam menentukan alat dan sensor yang akan digunakan diperlukan data berupa rentang kerja setiap sensor. Adapun rentang kerja dan daya maksimum pada setiap sensor dijelaskan pada **Tabel 3.2**.

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

No.	Nama	Daya Maksimal Digunakan (mW)	Rentang Kerja
1.	ESP 32 S	2500	-
2.	ADXL 345	0.144 mW	$\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, atau $\pm 16g$
3.	SEN-0052 Sensor Tegangan	50 mW	0-25 DC
4.	PSU-0029 BMS	0.120 mW	8 – 12 V
5.	USB Modem <i>WiFi</i>	4500mW	2.4GHz – 5GHz
6.	nRF24l01	1 mW	100 meter
7.	Arduino Uno	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 3.5**.



Gambar 3. 4 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. 4 Kalibrasi Sensor

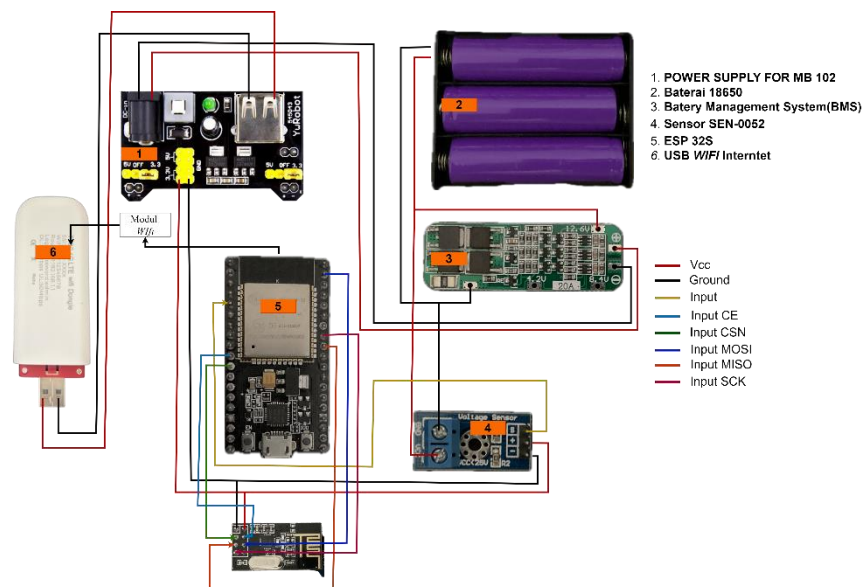
No.	Alat Kalibrasi	Kegunaan
1.	Klinoemeter	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor <i>Acceloremeter</i> (ADXL 345)
2.	Multimeter Digital	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor tegangan (SEN-0052)

3.4 Desain dan Proses Pengiriman Data Alat Monitoring Kemiringan Tanah di Jalur Kereta Api

3.4.1 Desain

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

3.4.1.1 Desain Sistem *Node Server*

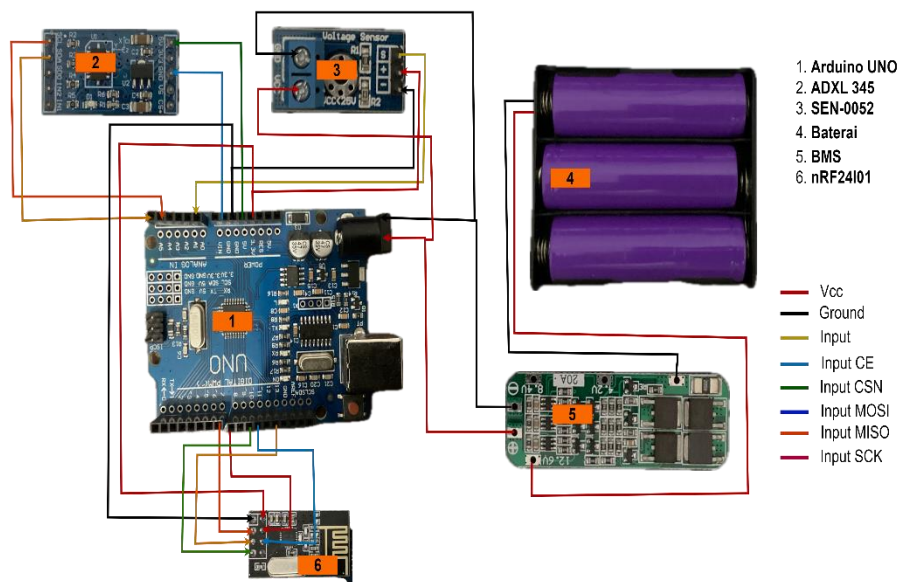


Gambar 3. 5 Desain Sistem *Node Server*

Gambar 3.6 merupakan desain *wiring* alat monitoring Kemiringan Tanah yang nantinya akan di fabrikasi dalam 2 *Box Electronic* yang terhubung menjadi satu. *Box* pertama berisi Baterai, sedangkan *Box* kedua berisi mikrokontroler.

Poin (1) pada gambar 3.6 merupakan *Power Supply For MB 102* yang berfungsi untuk menyakurkan daya dari *Batery Management System*(BMS) ke Mikrokontroler dan Sensor, poin (2) Baterai 18650 berfungsi sebagai *power* untuk mikrokontroler dan sensor, poin (3) *Batery Management System*(BMS) berfungsi untuk pengaman saat melakukan pengisian daya ke baterai, poin (4) Sensor SEN-0052 digunakan untuk mengukur tegangan pada baterai yang masuk ke mikrokontroler dan sensor, poin (5) ESP 32S merupakan mikrokontroler yang digunakan untuk mengirimkan data yang didapatkan dari Arduino Uno ke Server *ThingSpeak*. (6) *USB Wifi* Internet merupakan sumber internet bagi mikrokontroler untuk mengirimkan hasil pembacaan sensor pada tempat Penelitian ke *ThingSpeak*. (7) nRF24I01 merupakan modul wifi yang digunakan sebagai penerima data dari *node sensor*.

3.4.1.2 Desain Sistem *Node Sensor*

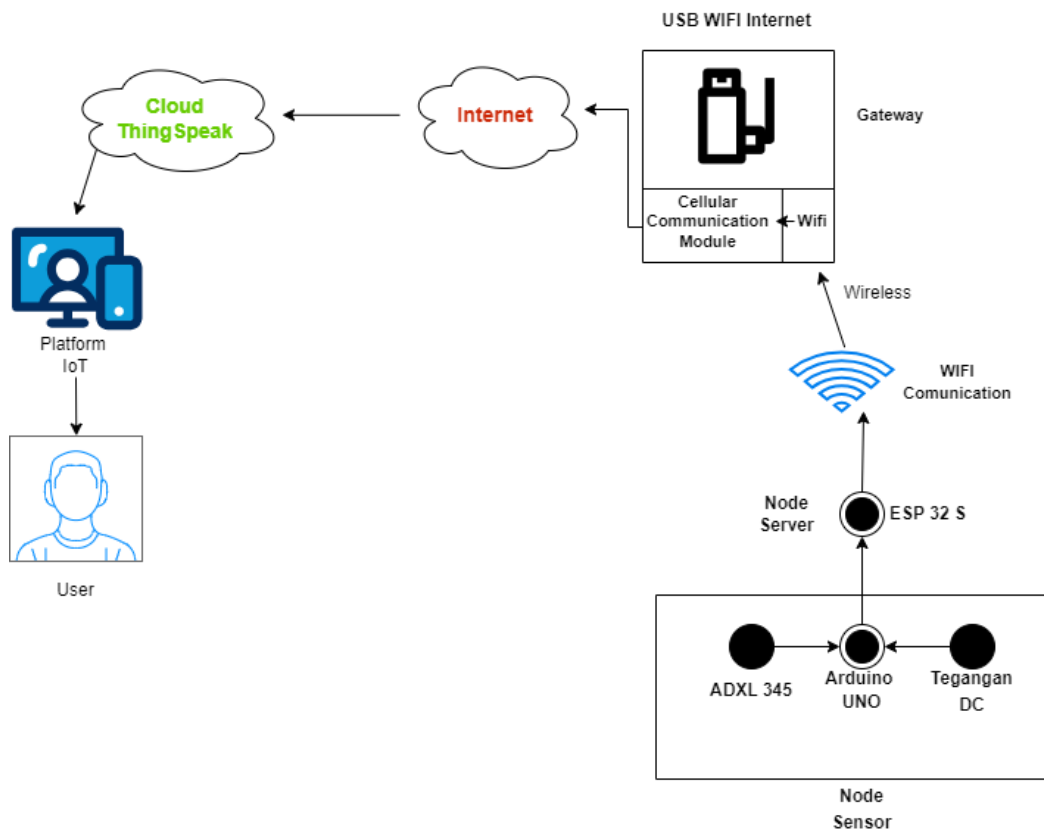


Gambar 3. Desain Sistem *Node Sensor*

Poin (1) pada Gambar 3.6 merupakan Arduino Uno yang digunakan sebagai mikrokontroler untuk menerima data dari sensor, poin (2) Sensor ADXL 345

merupakan sensor akselerometer, poin (3) Sensor SEN-0052 digunakan untuk mengukur tegangan pada baterai yang masuk ke mikrokontroler dan sensor, poin (4) Baterai 18650 berfungsi sebagai *power* untuk mikrokontroler dan sensor, poin (5) *Batery Management System*(BMS) berfungsi untuk pengaman saat melakukan pengisian daya ke baterai ESP 32S merupakan mikrokontroler yang digunakan untuk mengirimkan data yang didapatkan dari Arduino Uno ke Server *ThingSpeak*. (6) nRF24l01 merupakan modul wifi yang digunakan sebagai pengirim data ke *node server*.

3.4.2 Proses Pengiriman Data

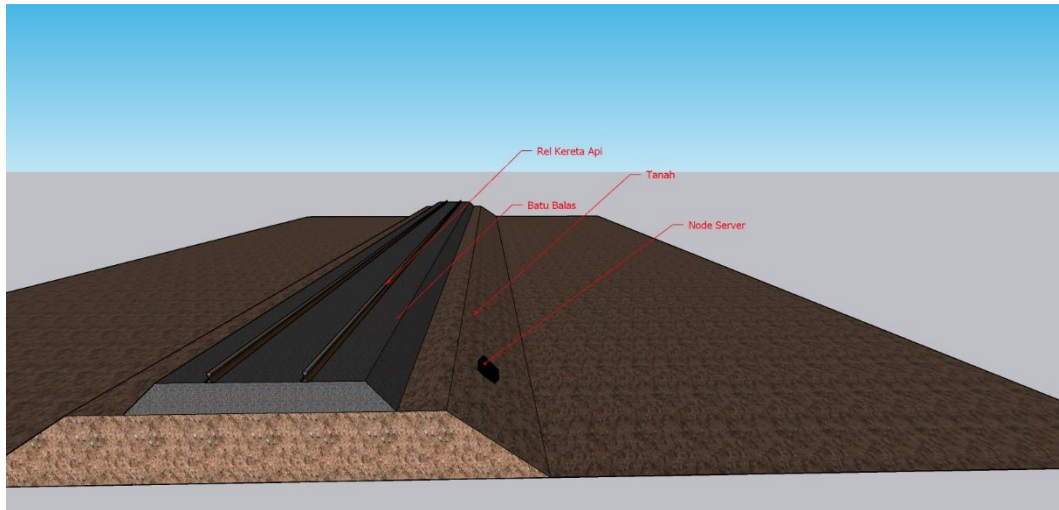


Gambar 3. 6 Proses Pengiriman Data

Gambar 3.7 merupakan proyeksi dari proses pengiriman data dari *node sensor* ke *user*, pertama sensor menginput sinyal data ke Arduino Uno , kemudian Arduino Uno mengirimkan data tersebut ke ESP32S, ESP 32 S kemudian mengirimkan hasil data ke *Cloud ThingSpeak* melalui *USB WiFi* Internet, dari *USB WiFi* Internet

tersebut menjadi penghubung antara ESP 32S dengan *ThingSpeak*, terakhir user dapat melihat hasil dari data yang dikirim melalui *Website* atau *Platform ThingSpeak*.

3.5 Rancangan Penempatan Alat Monitoring Kemiringan Tanah Pada Jalur Kereta Api



Gambar 3. 7 Rancangan Penempatan Alat Monitoring Kemiringan Tanah Pada Jalur Kereta Api

Gambar 3.8 menggambarkan rancangan penempatan alat monitoring Kemiringan Pada Jalur Kereta Api di hilir km 212+8/9 Airtuba. Penempatannya yaitu pada tanah di bawah jalur tersebut, di tanah tersebut akan ditempatkan 2 *Box Electronic* yang dibuat menjadi 1, yaitu *Box Baterai* dan *Box Mikrokontroler*.

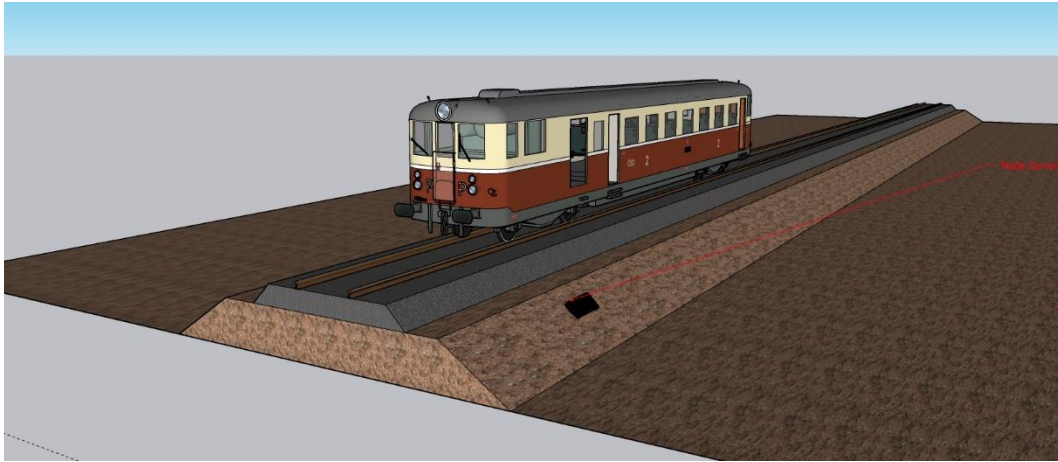
3.6 Skema Pengambilan Data

Adapun skema pengambilan data pada Penelitian ini, yaitu skema pengambilan data yang pertama akan menggunakan 2 cara 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 alat monitoring Kemiringan tanah ini dan mengumpulkan data yang diperlukan.

3.6.1.1 Dengan situasi ada kereta lewat

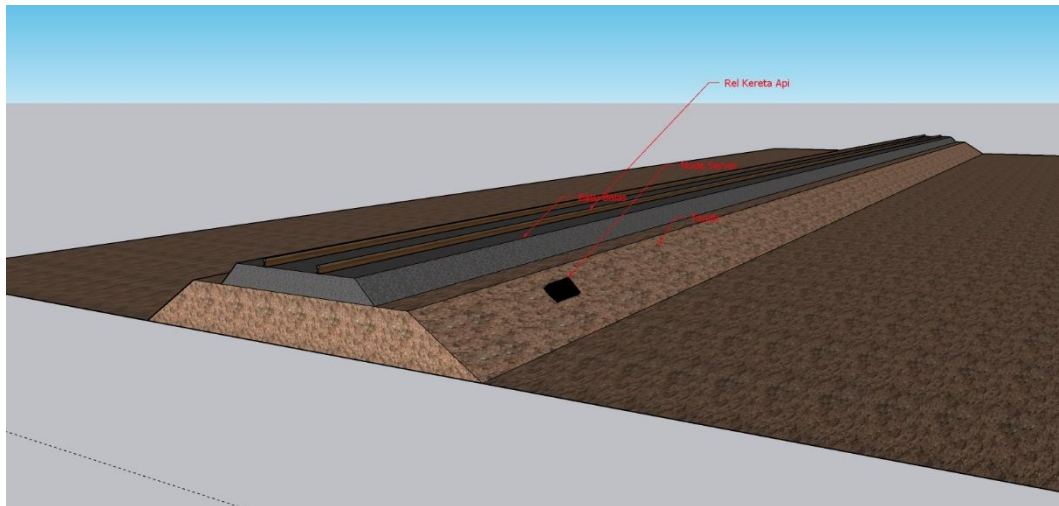


Gambar 3. 8 Situasi Saat Kereta Lewat

Gambar 3.9 merupakan pengujian dan pengambilan data yang dilakukan saat kereta lewat ini untuk mengetahui apakah saat kereta lewat apakah terdapat gangguan pada mikrokontroler dan sensor-sensor yang digunakan, berikut cara pengujian saat kereta lewat:

- Dengan menguji alat secara langsung di lapangan dengan data yang terkirim ke *ThingSpeak*, diambil dalam rentang waktu 10 menit. Data yang dikirim berupa Sudut X, Sudut Z, dan Tegangan.
- Menguji berapa lama ketahanan baterai pada alat monitoring Kemiringan tanah dapat beroperasi disaat baterai dalam keadaan penuh.

3.6.1.2 Dengan situasi tidak ada kereta lewat



Gambar 3. 9 Situasi Saat Tidak Ada Kereta Lewat

Gambar 3.10 merupakan pengujian dan pengambilan data yang dilakukan pada kondisi ini untuk melihat kinerja dari mikrokontroler dan sensor – sensor yang digunakan, berikut cara pengujian saat tidak ada kereta lewat:

- Dengan menguji alat secara langsung di lapangan dengan data yang terkirim ke *ThingSpeak*, diambil dalam rentang waktu 10 menit. Data yang dikirim berupa Sudut X, Sudut Z, dan Tegangan.
- Menguji berapa lama ketahanan baterai pada alat monitoring Kemiringan tanah dapat beroperasi disaat baterai dalam keadaan penuh.

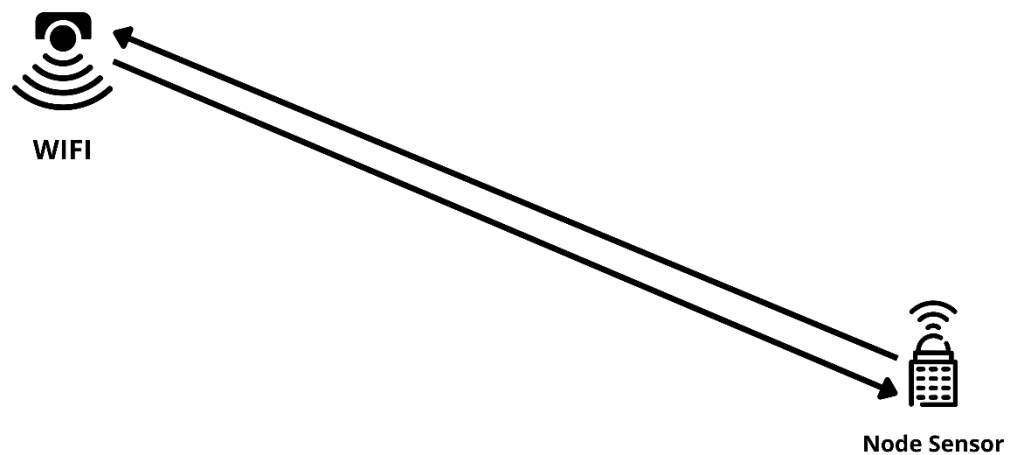
3.6.2 Skema Pengujian di Fakultas Teknik

Pengujian ini dilakukan pada area Fakultas Teknik Universitas Lampung, pengujian Quality of Service (QoS) menggunakan *software Wireshark* dilakukan dalam 2 keadaan, yaitu *Line Of Sight* (LOS) dan *Non-Line Of Sight* (N-LOS) untuk mengukur kinerja jaringan dan transmisi data yang dikirimkan mikrokontroler ke *ThingSpeak* terhadap 2 keadaan tersebut menggunakan parameter yang sudah dibahas pada bab sebelumnya dengan cara sebagai berikut:

3.6.2.1 Keadaan *Line Of Sight* (LOS)

Pengujian dengan keadaan *Line Of Sight* ini dilakukan untuk mengetahui *Quality Of Service* (QoS) yang dapat diberikan *Node Sink* dalam mengirimkan data ke server *Platform IoT*, berikut ini cara pengujiannya:

- Mikrokontroler mengirimkan data sensor ke *ThingSpeak* menggunakan jaringan *WiFi* yang dilakukan dalam rentang waktu setiap 10 menit, pada area terbuka atau tanpa adanya hambatan.
- Setiap 10 menit tersebut akan dilakukan peninjauan parameter-parameter QoS yang dibahas pada bab sebelumnya.
- Pengujian ini dilakukan pada area terbuka Fakultas Teknik , Universitas Lampung.



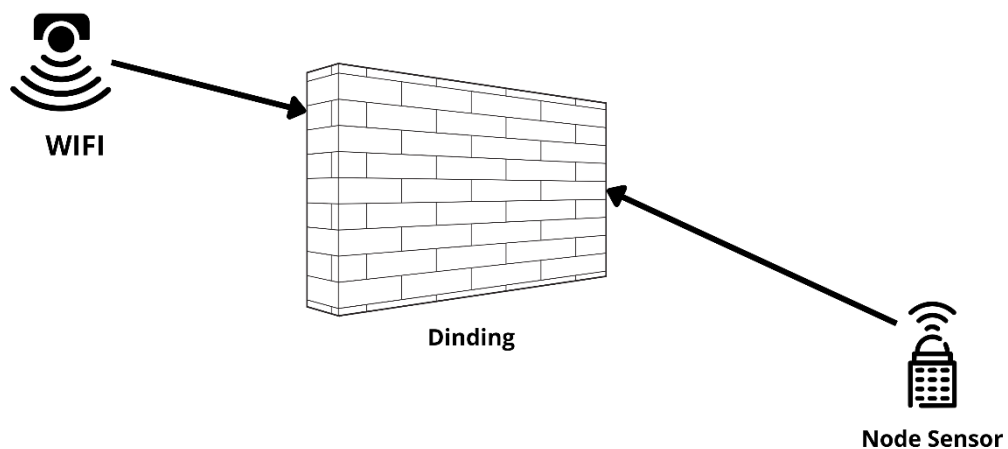
Gambar 3. 10 Pengambilan data dengan keadaan LOS

Gambar 3.11 merupakan proyeksi dari skenario pengambilan data dengan keadaan *Line Of Sight* (LOS) atau pengujian *Quality of Server* (QoS) ke server *ThingSpeak* tanpa adanya penghalang.

3.6.2.2 Keadaan *Non-Line Of Sight* (N-LOS)

Pengujian dengan Keadaan *Non-Line Of Sight* (N-LOS) ini dilakukan untuk mengetahui *Quality of Service* (QoS) yang diberikan oleh *Node Sink* dalam mengirimkan data ke *ThingSpeak*, berikut ini cara pengujiannya:

- Mikrokontroler mengirimkan data ke *ThingSpeak* menggunakan jaringan *WiFi* dilakukan dalam rentang waktu setiap 10 menit, pada area yang memiliki penghalang seperti dinding.
- Setiap 10 menit tersebut akan dilakukan peninjauan parameter-parameter QoS yang dibahas pada bab sebelumnya.
- Pengujian ini dilakukan pada ruangan di gedung Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lampung.



Gambar 3. 11 Pengambilan data dengan keadaan N-LOS

Gambar 3.12 merupakan proyeksi dari skenario pengambilan data dengan keadaan N-LOS atau pengujian *Quality of Service* (QoS) ke server *ThingSpeak* dengan adanya penghalang atau rintangan.

Daftar Pustaka

- [1] B. Zulkanedi, "Cuaca Ekstrem, 27 Titik Jalur Kereta Api di Sumsel Rawan Bencana," iNews Sumsel, 17 Oktober 2022. [Online]. Tersedia : <https://sumsel.inews.id/berita/cuaca-ekstrem-27-titik-jalur-kereta-api-di-sumsel-rawan-bencana>. [Diakses 06-12-2023].
- [2] L. Juwita, "BREAKING NEWS: Jalur Kereta Martapura-Baturaja Ambles, Perjalanan KA Kertapati-Lampung Terganggu," SRIPOKU.com, 28 April 2023. [Online]. Tersedia : <https://palembang.tribunnews.com/2023/04/28/breaking-news-jalur-kereta-martapura-baturaja-ambles-perjalanan-ka-kertapati-lampung-terganggu>. [Diakses 06-12-2023].
- [3] D. E. A. S. S. M. A. R. S. M. P. Abdul Aziz Hartalita, "SISTEM PERINGATAN TANAH LONGSOR PADA JALUR KERETA API," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5, nomor. 3, halaman. 4301-4307, 2018.
- [4] U. A. A. R. E. S. Rasyid Efendi Lubis, "Desain Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Dini Bencana Longsor Pinggir Sungai Menggunakan Sensor Adxl 345 Berbasis Lora Sebagai Media Komunikasi," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, nomor. 3, halaman. 1012-1023, 2022.
- [5] A. T. Berlin P.Sitorus, "RANCANG BANGUN ALAT MEMBERI PAKAN IKAN LELE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO," *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S*, vol. 14, nomor. 1, halaman. 1-12, 2018.
- [6] F. ., M. T. A. A. B. P. Kamal, "IMPLEMENTASI APLIKASI ARDUINO IDE PADA MATA KULIAH SISTEM DIGITAL," *TEKNOS JURNAL PENDIDIKAN DAN TEKNOLOGI*, vol. 1, nomor. 1, halaman. 1-10, 2023.
- [7] H. Y. Z. W. Muhammad Nizam, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, nomor. 2, halaman. 767-772, 2022.
- [8] D. Alfas Zainur Rohman, "RANCANG BANGUN ALAT UKUR GETARAN MENGGUNAKAN SENSOR MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEM (MEMS) AKSELEROMETER," *Edu Elekrika Journal*, vol. 4, nomor. 1, halaman. 8-16, 2015.
- [9] M. Pedley, "Tilt Sensing Using a Three-Axis," Freescale Semiconductor, Austin, 2013.
- [10] T. A. B. S. Ahmad Imron, "PERANCANGAN AKUISISI DATA PADA PANEL RTU PT.PLN (PERSERO) BERPLATFORM ANDROID," *TRANSIENT*, vol. 7, nomor. 2, halaman . 664-670, 2018.

- [11] M. A. R. R. S. Y. A. Nadia Dwi Apriani, "Powerbank Laptop Portable sebagai Sumber Energi Mobile," *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, vol. 3, nomor . 1, halaman. 205-212.
- [12] H. T. S. O. Yodi Setiawan, "Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik," *TESLA*, vol. 20, nomor. 2, halaman. 175-182, 2018.
- [13] W. I. R. A. Mardiyanto, "PERANCANGAN JARINGAN WIFI BERBASIS GSM DENGAN MENGGUNAKAN ROUTER TP-LINK DI DESA KALI PAPAN UNTUK MENUNJANG PROSES PEMBELAJARAN SECARA DARING DI MASA PANDEMI," *Journal of Software Engineering And Technology*, vol. 2, nomor . 2, halaman. 28-34, 2022.
- [14] S. ., A. B. Sutarti, "ANALISIS WEB PHISHING MENGGUNAKAN METODE NETWORK FORENIC DAN BLOCK ACCESS SITUS DENGAN ROUTER MIKROTIK," *Jurnal PROSISKO*, vol. 10, nomor. 1, halaman. 71-83, 2023.
- [15] I. F. A. e. al, "Wireless sensor networks: a survey," *J. Computer*, vol. 38, nomor. 4, halaman. 393-422, 2002.