

**RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI POTENSI
PERGERAKAN TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-
SR04, SENSOR *RAIN DROP*, DAN SENSOR *SOIL
MOISTURE* DENGAN MIKROKONTROLER
NODEMCU BERBASIS IOT (*INTERNET OF
THINGS*)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Guna Memperoleh
Gelara Sarjana Fisika Dalam Ilmu Fisika



Diajukan oleh:

BANDO MEGA KUSUMA

NIM : 1908026013

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan di bawah ini :

Nama : Bando Mega Kusuma
NIM : 1908026013
Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

“RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI POTENSI PERGERAKAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04, SENSOR *RAIN DROP*, DAN SENSOR *SOIL MOISTURE* DENGAN MIKROKONTROLER NODEMCU BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)”

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 12 Juni 2024
Penulis



Bando Mega Kusuma
NIM: 1908026013



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang
Telp.024-7601294 Fax.7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Rancang Bangun Alat Deteksi Potensi Pergerakan Tanah Longsor Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04, Sensor *Rain drop*, Dan Sensor *Soil Moisture* Dengan Mikrokontroler NodeMCU Berbasis IoT (Internet of Things)

Penulis : Bando Mega Kusuma

NIM : 1908026013

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Fisika.

Semarang, 1 Juli 2024

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Dr. Alwiyah Nurhayati, M.Si
NIP. 198112112011017006

Penguji II,

M. Ardhi Khalif, M.Si
NIP. 198210092011011010

Penguji III,

Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Si
NIP. 197703202009121002

Penguji IV,

Dr. And Fadlan, M.Sc
NIP. 198009152005011006

Pembimbing I,

Agus Sudarmanto, M.Si
NIP. 197708232009121001

Pembimbing II,

M. Ardhi Khalif, M.Si
NIP. 198210092011011010

NOTA DINAS

Semarang, 12 Juni 2024

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI POTENSI PERGERAKAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04, SENSOR *RAIN DROP*, DAN SENSOR *SOIL MOISTURE* DENGAN MIKROKONTROLER NODEMCU BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)

Nama : Bando Mega Kusuma

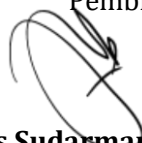
NIM : 1908026013

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing I,



Agus Sudarmanto, M.Si

NIP: 19770823 200912 1 001

NOTA DINAS

Semarang, 05 Juni 2024

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI POTENSI PERGERAKAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04, SENSOR *RAIN DROP*, DAN SENSOR *SOIL MOISTURE* DENGAN MIKROKONTROLER NODEMCU BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)

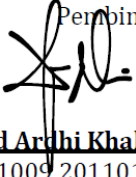
Nama : Bando Mega Kusuma

NIM : 1908026013

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing II,

Muhammad Ardi Khalif. M.Sc
NIP: 19821009 201101 1 010

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan fenomena geologi yang sering terjadi di daerah dengan curah hujan tinggi dan topografi yang curam, dan dapat menimbulkan dampak signifikan terhadap keselamatan manusia dan infrastruktur. Deteksi dini terhadap potensi terjadinya tanah longsor sangat penting untuk mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi pergerakan tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mendukung upaya mitigasi bencana tanah longsor. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *rain drop*, dan sensor *soil moisture* untuk memantau pergerakan tanah dan memberikan peringatan dini. Data sensor ditransmisikan ke server melalui NodeMCU dan dapat diakses secara real-time melalui aplikasi Blynk. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi pergerakan tanah dengan baik dan memberikan peringatan dini dengan tiga kategori bahaya, yaitu aman, waspada, dan bahaya. Akurasi sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *rain drop* dan sensor *soil moisture* masing-masing mencapai 100%.

Kata kunci : tanah longsor, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *rain drop*, sensor *soil moisture*, NodeMCU, Internet of Things, Blynk.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Alat Deteksi Potensi Pergerakan Tanah Longsor menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04, Sensor *Rain Drop*, dan Sensor *Soil Moisture* dengan Mikrokontroler NodeMCU Berbasis IoT (Internet of Things)”. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program Sarjana Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Nizar, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Negeri Walisongo Semarang.

3. Dr. Alwiyah Nurhayati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan fasilitas dan dukungan selama proses penelitian.
4. Muhammad Ardhi Khalif, M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi sekaligus pembimbing kedua yang telah memberikan saran, kritik, dan masukan berharga dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Agus Sudarmanto, M.Si. selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini. Kesabaran dan ketelatenan Bapak dalam membimbing saya telah membantu saya untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
6. Ahmad Minanur Rohim, M.Pd. dan Widyastuti, S.Pd. selaku laboran Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
7. Bapak/Ibu Dosen di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.

8. Ibu Suyati, Bapak Utomo, Ibu Sri Rahayu, Bapak M. Irfan dan keluarga tercinta, terima kasih atas kasih sayang, doa, dan pengorbanan yang tiada henti. Kalian adalah sumber inspirasi dan motivasi terbesar saya untuk terus belajar dan meraih mimpi. Dukungan kalian yang tak pernah pudar adalah kekuatan utama dalam setiap langkah saya.
9. Saudari Keysa Aurania P. G., terima kasih atas cinta, kasih sayang, dan dukungan yang selalu membangkitkan semangat saya. Kehadiranmu di setiap momen penting dalam hidup saya memberikan kebahagiaan dan kekuatan yang luar biasa.
10. Teman-teman seperjuangan saya terutama Dhamar, Galih, Zaidan, Ghifari dan Dany, terima kasih atas kebersamaan dan perjuangan yang luar biasa dalam menyelesaikan skripsi ini. Kita saling menyemangati, saling membantu, dan saling berbagi ilmu pengetahuan. Pengalaman bersama kalian akan selalu menjadi kenangan indah dalam hidup saya.
11. Kakak-kakak tingkat saya selama masa perkuliahan terutama Rama, Akbar, Andika, Basit dan Andika K.H., terima kasih atas bimbingan dan arahan yang selalu membantu saya dalam memahami materi perkuliahan dan menyelesaikan tugas-tugas. Pengalaman dan pengetahuan yang kalian bagikan menjadi bekal

berharga dalam perjalanan saya menyelesaikan skripsi.

12. Teman-teman mahasiswa Fisika Angkatan 2019 yang telah memberikan semangat dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Semarang, 12 Juni 2024
Penulis,

Bando Mega Kusuma
NIM. 1908026013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING I	iv
NOTA PEMBIMBING II	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Manfaat Penelitian	9
E. Batasan Penelitian.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
A. Landasan Teori	11
1. Tanah Longsor	11
2. NodeMCU ESP8266	14
3. Sensor HC-SR04	17
4. Sensor Rain Drop.....	21
5. Sensor Soil Moisture.....	23
6. LCD dan I2C.....	26
7. Arduino IDE.....	28

8. Blynk.....	31
B. Tinjauan Pustaka.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	38
B. Alat dan Bahan	38
C. Prosedur Penelitian	40
D. Desain Sistem dan Aplikasi Blynk.....	43
1. Desain Alat.....	44
2. Desain Aplikasi Blynk.....	46
E. Perancangan Software	48
F. Perancangan Hardware.....	49
G. Metode Perancangan dan Pengujian Sistem.....	50
1. Perancangan pengujian sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi Pergerakan Tanah	51
2. Perancangan Pengujian Sensor <i>Soil Moisture</i>	52
3. Perancangan Pengujian Sensor <i>Rain Drop</i>	52
4. Perancangan Pengujian Sistem Kendali dengan Aplikasi Blynk.....	53
5. Perancangan Pengujian Komunikasi Data	54
6. Perancangan Pengujian Prototipe Sistem Deteksi Pergerakan Tanah Longsor Secara Keseluruhan.....	54
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	56
A. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	58
B. Hasil Pengujian Sensor <i>Soil Moisture</i>	62
C. Hasil Pengujian Sensor <i>Rain Drop</i>	65
D. Hasil Pengujian Sistem Kendali dengan Aplikasi Blynk.....	68
E. Hasil Pengujian Komunikasi Data	72

F. Hasil Perancangan Pengujian Prototipe Sistem Deteksi Potensi Pergerakan Tanah Longsor Secara Keseluruhan	75
BAB V PENUTUP	93
A. Kesimpulan	93
B. Saran.....	94
Daftar Pustaka.....	96
Lampiran-lampiran	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Spesifikasi NodeMCU ESP8266.....	17
Tabel 2. 2. Data Sheet sensor ultrasonik HC-SR04.....	21
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04	60
Tabel 4. 2. Perbandingan pengukuran sensor Soil Moisture dengan Soil Survey Instrument 4 in 1.....	64
Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Sensor Rain drop	68
Tabel 4. 4. Hasil Pengujian Sistem Kendali	70
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Longsoran Translasi	12
Gambar 2. 2. Longsoran Rotasi	13
Gambar 2. 3. Pergerakan Blok	13
Gambar 2. 4. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266	15
Gambar 2. 5. Arsitektur NodeMCU ESP8266 GPIO	16
Gambar 2. 6. Arah Pancar Ultrasonik	18
Gambar 2. 7. Sensor Ultrasonik HC-SR04	20
Gambar 2. 8. Diagram Waktu Sensor Ultrasonik HC-SR04	21
Gambar 2. 9. Sensor Rain Drop	23
Gambar 2. 10. Sensor Soil Moisture	24
Gambar 2. 11. LCD (Liquid Crystal Display)	27
Gambar 2. 12. Modul I2C (Inter-Integrated Circuit)	28
Gambar 2. 13. Arduino IDE (Interface Development Environment)	29
Gambar 2. 14. Blynk Web	31
Gambar 2. 15. Aplikasi Blynk Android	33
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3. 2. Desain sistem deteksi pergerakan tanah tampak samping	44
Gambar 3. 3. Tampilan User Interface (UI) aplikasi Blynk	47
Gambar 3. 4. Diagram blok sistem Hardware	49
Gambar 3. 5. Diagram alir perancangan Software	55
Gambar 4. 1. Implementasi prototype keseluruhan alat deteksi pergerakan tanah longsor tampak atas	57
Gambar 4. 2. Implementasi perancangan sistem perangkat keras	58
Gambar 4. 3. Rangkaian pengujian sensor ultrasonik HC-SR04	59
Gambar 4. 4. Proses pengujian sensor ultrasonik HC-SR04	59
Gambar 4. 5. Grafik sensor ultrasonik HC-SR04	61
Gambar 4. 6. Proses pengujian sensor soil moisture	63
Gambar 4. 7. Rangkaian pengujian sensor soil moisture	64
Gambar 4. 8. Rangkaian pengujian sensor rain drop	66
Gambar 4. 9. Proses pengujian sensor rain drop	67
Gambar 4. 10. Notifikasi status hujan	67

Gambar 4. 11. Tampilan tombol sistem kontrol pada aplikasi Blynk	71
Gambar 4. 12. Notifikasi ketika status LED dimatikan	71
Gambar 4. 13. Notifikasi ketika sistem diaktifkan kembali	72
Gambar 4. 14. Serial monitor pengujian komunikasi data	73
Gambar 4. 15. Notifikasi sistem telah tersambung pada server Blynk dan jaringan WiFi.....	74
Gambar 4. 16. Rangkaian keseluruhan sistem prototipe deteksi pergerakan tanah.....	76
Gambar 4. 17. Slide ke-1 pada pengujian keadaan aman dan kelembaban tanah kering.....	78
Gambar 4. 18. Slide ke-2 pada pengujian keadaan aman dan kelembaban tanah kering.....	79
Gambar 4. 19. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan aman dan kelembaban tanah kering.....	80
Gambar 4. 20. Slide ke-1 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah.....	82
Gambar 4. 21. Slide ke-2 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah.....	82
Gambar 4. 22. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah.....	83
Gambar 4. 23. Slide ke-1 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+	83
Gambar 4. 24. Slide ke-2 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+	84
Gambar 4. 25. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+	85
Gambar 4. 26. Slide ke-1 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah.....	85
Gambar 4. 27. Slide ke-2 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah.....	86
Gambar 4. 28. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah.....	87
Gambar 4. 29. Slide ke-1 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+	87
Gambar 4. 30. Slide ke-2 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+	88

Gambar 4. 31. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+	88
Gambar 4. 32. Slide ke-1 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah kering+	89
Gambar 4. 33. Slide ke-2 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah kering+	90
Gambar 4. 34. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah kering+	90

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bencana merupakan suatu peristiwa atau proses yang dapat terjadi secara alamiah atau non-alamiah yang mengakibatkan kerugian besar, baik dalam hal korban jiwa maupun harta benda, serta dapat mengganggu pola kehidupan manusia (Somantri, 2014). Gerakan tanah yang sering disebut sebagai tanah longsor merupakan sebuah kejadian alamiah yang dipengaruhi oleh kondisi geologi, topografi, intensitas hujan, dan aktivitas manusia seperti penebangan hutan, perubahan penggunaan lahan, dan tindakan manusia lain yang dapat memperburuk kondisi tanah. Risiko terjadinya tanah longsor diidentifikasi berdasarkan klasifikasi zona kerentanan gerakan tanah yang telah ditetapkan oleh PVMBG dan disesuaikan dengan kemiringan lereng yang lebih besar dari 15% (Amri *et al.*, 2016). Bencana tanah longsor terjadi ketika air meresap ke dalam tanah dan menambah berat pada tanah. Jika air tersebut sampai ke bidang gelincir pada tanah yang tidak dapat menyerap air, maka tanah akan menjadi licin dan menyebabkan longsor (Fatiatun *et al.*, 2019).

Menurut Nandi (2007), tanah longsor merupakan fenomena perpindahan material yang terdiri dari batuan, pecahan batuan, tanah atau material lain yang membentuk lereng dan bergerak ke arah bawah atau keluar dari lereng. Dalam konteks geologi, tanah longsor adalah peristiwa geologi yang melibatkan pergerakan tanah, termasuk jatuhnya batuan atau massa tanah yang besar. Tanah longsor terjadi ketika gaya pendorong pada lereng melebihi gaya penahan. Gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah, sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh sudut kemiringan lereng, kelembaban air, beban, dan jenis tanah atau batuan.

Nandi (2007) menjelaskan gejala umum tanah longsor dapat dikenali dengan adanya retakan yang muncul sejajar dengan arah lereng, terutama setelah terjadinya hujan. Selain itu, terdapat faktor-faktor lain yang menyebabkan tanah longsor, seperti curah hujan yang tinggi, lereng yang curam, kepadatan dan ketebalan tanah yang rendah, kekuatan batuan yang lemah, jenis tata lahan, getaran, penurunan muka air danau atau bendungan, penambahan beban, erosi, material timbunan di lereng, longsoran sebelumnya, deforestasi, dan pembuangan sampah di area yang tidak sesuai.

Berdasarkan data yang dikumpulkan selama rentang waktu dari tahun 2012 hingga 2021, jumlah kejadian bencana tanah longsor di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya, meskipun sebaran data tidak selalu linier (Muchlian, Honesti and Roza, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang memicu terjadinya bencana tanah longsor masih ada dan semakin bertambah, seperti curah hujan yang tinggi, pemanfaatan lahan yang kurang bijaksana, dan kondisi geologi yang rentan. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2020 terjadi jumlah kejadian bencana tanah longsor yang paling banyak dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Ketika dilakukan analisis berdasarkan data perprovinsi, diketahui bahwa provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah memiliki jumlah kejadian bencana tanah longsor tertinggi pada tahun tersebut, dengan masing-masing mencapai 407 dan 457 kejadian (Muchlian, Honesti, & Roza, 2022).

Dampak bencana tanah longsor dapat sangat merugikan, baik secara ekonomi maupun sosial. Infrastruktur seperti jalan raya, rel kereta api, jembatan, dan bangunan dapat rusak atau bahkan hancur akibat bencana ini. Selain itu, kerugian juga bisa dialami oleh petani dan pengusaha, karena lahan pertanian dan bangunan usaha bisa terdampak oleh

longsoran tanah. Selain itu, bencana tanah longsor juga dapat mengakibatkan hilangnya nyawa, karena seringkali korban tidak dapat menghindari atau melarikan diri dari terjangan material longsor yang sangat cepat (Budiman *et al.*, 2020).

Untuk mengurangi risiko korban jiwa yang lebih besar akibat terjadinya tanah longsor, dapat dilakukan dengan mitigasi bencana dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. Terdapat beberapa instrumen yang dapat mengukur parameter utama tanah longsor, dan hal ini dapat digunakan sebagai upaya mitigasi dini. Dengan memonitor perubahan besaran fisis tanah yang diukur oleh instrumen tersebut, dapat diperkirakan kemungkinan terjadinya tanah longsor sebelum terjadi. Hal ini memungkinkan untuk dilakukan tindakan mitigasi yang tepat guna mencegah terjadinya bencana tanah longsor dan mengurangi risiko dampak buruk yang lebih besar (Fitriani *et al.*, 2019).

Meningkatkan efektivitas peringatan dini bencana tanah longsor dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi deteksi berbasis Arduino. Pemanfaatan teknologi ini tak terpisahkan dari penggunaan mikrokontroler, sensor, dan transduser. Keunggulan utama dari teknologi mikrokontroler

adalah kemampuannya sebagai perangkat pengukuran dan otomasi digital dengan layar LCD. Sensor dan transduser saat ini telah menjadi sumber inovasi dan kreativitas yang dapat diimplementasikan dalam pengembangan perangkat eksperimental (Jayanti, Sudarmanto, & Faqih, 2020). Selain itu, teknologi deteksi berbasis Arduino memungkinkan pemerintah dan tim penanggulangan bencana untuk memonitor kondisi lingkungan secara *real-time* dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya bencana tanah longsor (Dasmaseila, Sembiring, & Purnomo, 2020). Dengan penerapan teknologi ini, diharapkan dapat membantu meminimalisir korban jiwa dan kerugian harta benda akibat bencana tanah longsor.

Sensor Ultrasonik HC-SR04 bekerja dengan cara mengirimkan gelombang ultrasonik ke suatu objek, kemudian menerima gelombang yang dipantulkan kembali. Waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi jarak antara sensor dan objek pantul dihitung menggunakan kecepatan bunyi sekitar 340 meter per detik. Sensor ultrasonik memiliki rentang pengukuran 2 *centimeter* hingga 400 *centimeter* dengan frekuensi sebesar 20KHz – 400KHz (Sasmoko, 2021). Keunggulan dari sensor HC-SR04 meliputi

kemampuannya untuk memberikan pengukuran yang akurat, presisi dan mudah didapatkan. Selain itu, sensor ini dapat diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan aplikasi Blynk yang sederhana. Hal ini memungkinkan penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 dalam sistem pemantauan jarak jauh, di mana data yang diukur oleh sensor dapat dengan mudah dipantau dan diakses melalui jaringan internet (Sudarmanto, Khalif, & Huda, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Dasmasele, Sembiring, & Purnomo (2020), perangkat IoT dibuat menggunakan mikrokontroler berupa Arduino yang ditambahkan sensor MPU6050 yang mendeteksi pergerakan tanah serta sensor *soil moisture* yang berfungsi untuk mendapatkan data kelembaban tanah. Pemanfaatan *Ethernet LAN Shield* digunakan untuk mengirim data ke server. Rancang bangun sistem yang dikembangkan akan menerima notifikasi bahaya dan mendapat data secara *real-time*. Sistem yang telah diteliti oleh Fitriani et al (2019) dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali yang terhubung dengan sensor *soil moisture* untuk mendeteksi kelembaban tanah dan sensor potensiometer yang digunakan untuk

mengukur pergerakan tanah. Selain itu, sistem ini juga menggunakan sensor HC-12 sebagai pengirim data secara nirkabel.

Studi sebelumnya belum ada yang mengintegrasikan secara bersamaan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *soil moisture*, dan sensor *rain drop* dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Dalam penelitian ini, dilakukan pengembangan teknologi deteksi berbasis Arduino dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi perubahan pergerakan tanah pada kondisi lingkungan yang dapat memicu terjadinya bencana tanah longsor. Sensor *rain drop* bertujuan untuk mengukur curah hujan sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan dan potensi terjadinya tanah longsor (Wardana, Ramdani, & Pradana, 2018). Sensor kelembaban tanah ditambahkan guna memantau tingkat kelembaban tanah yang merupakan faktor penting dalam menentukan kemungkinan terjadinya tanah longsor. Dalam upaya mengatasi masalah tanah longsor yang sering terjadi di daerah tertentu, maka akan dibuat rancang bangun alat deteksi potensi pergerakan tanah longsor menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *rain drop* dan sensor *soil moisture* dengan

mikrokontroler NodeMCU berbasis IoT (*Internet of Things*).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan informasi yang telah dijelaskan sebelumnya, maka pernyataan masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana rancang bangun sistem deteksi pergerakan tanah menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04, sensor *rain drop*, dan sensor *soil moisture* dengan mikrokontroler NodeMCU berbasis IoT?
2. Bagaimana akurasi sistem deteksi pergerakan tanah menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04, sensor *rain drop*, dan sensor *soil moisture* dengan mikrokontroler NodeMCU berbasis IoT?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini didasarkan pada rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu :

1. Mengetahui hasil rancang bangun sistem deteksi pergerakan tanah menggunakan mikrokontroler NodeMCU berbasis IoT.
2. Mengetahui akurasi dari sistem deteksi pergerakan tanah.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang luas kepada berbagai pihak, antara lain:

1. Bagi Peneliti

- a. Dapat memberikan kontribusi dalam menciptakan dan mengembangkan inovasi baru yang bermanfaat dalam bidang elektronika dan instrumentasi.
- b. Dapat menggali pengalaman dalam melakukan penelitian eksperimen yang melibatkan penggunaan Arduino dan sensor ultrasonik HC-SR04 dalam mendeteksi pergerakan tanah.

2. Bagi Masyarakat Umum:

- a. Dapat menciptakan sebuah alat yang mampu melakukan pemantauan pergerakan tanah secara *real-time*.
- b. Memberikan informasi yang akurat dan cepat kepada masyarakat dan pihak terkait untuk mengambil Langkah-langkah mitigasi yang tepat guna mengurangi dampak buruk dari bencana tanah longsor.

3. Bagi Institusi

- a. Dapat memberikan sumbangan pengetahuan baru dan menjadi sumber referensi yang berharga pada pengembangan ilmu

pengetahuan dalam bidang elektronika dan instrumentasi.

- b. Dapat mengasah kreatifitas mahasiswa dalam mengembangkan teknologi Arduino dan IoT.

E. Batasan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, peneliti memfokuskan beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Pengembangan alat pendeteksi pergerakan tanah menggunakan pendekatan prototipe.
- b. Data pembacaan sensor ditampilkan pada layar LCD dan aplikasi Blynk secara *real-time*.
- c. Sensor yang dimanfaatkan mencakup sensor Ultrasonik HC-SR04 yang berperan dalam mengukur jarak, sensor *soil moisture* untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, dan sensor *rain-drop* yang berfungsi untuk mendeteksi curah hujan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

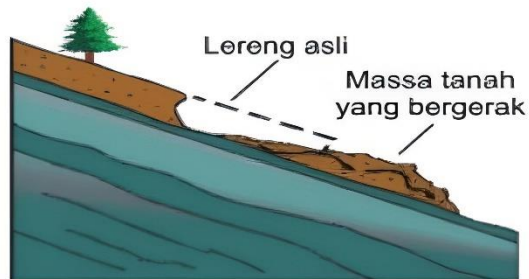
1. Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan salah satu bentuk gerakan massa tanah, batuan dan runtuhuan batu/tanah yang terjadi secara mendadak dan bergerak ke arah lereng bawah. Gerakan ini terjadi karena pengaruh gaya gravitasi dan material tersebut meluncur di atas lapisan kedap yang telah jenuh dengan air, yang dikenal sebagai bidang luncur (Paimin, Sukresno, & Pramono, 2009).

Paimin, Sukresno, & Pramono (2009) menjelaskan bahwa untuk mengidentifikasi daerah yang rentan terhadap tanah longsor, dapat menggunakan formula kerentanan tanah longsor. Formula ini melibatkan beberapa faktor alami, seperti hujan selama 3 hari berturut-turut, kemiringan lereng lahan, jenis batuan atau geologi, keberadaan sesar dan patahan, serta kedalaman tanah sampai lapisan kedap. Tanah longsor diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Longsoran Translasi

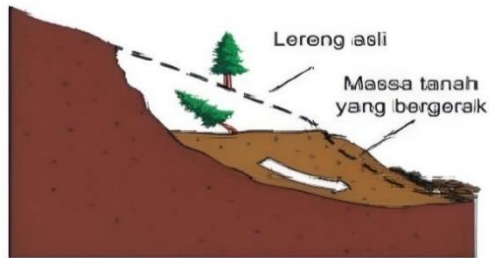
Longsoran translasi dapat terjadi ketika materi atau massa tanah dan batuan bergerak pada tanah yang memiliki topografi datar atau lereng yang cenderung landai. Ilustrasi longsoran translasi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Longsoran Translasi
(Nandi, 2007)

b. Longsoran Rotasi

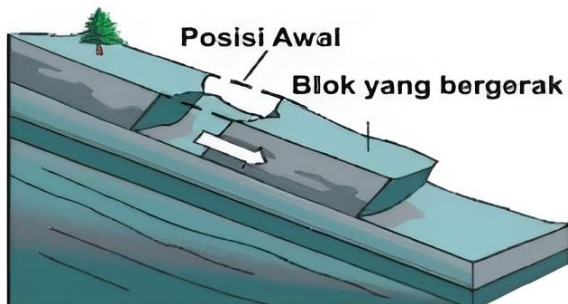
Longsoran rotasi adalah pergerakan material tanah yang terjadi dalam bidang berbentuk cekung. Ilustrasi tanah longsor jenis longsoran rotasi ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Longsor Rotasi
(Nandi, 2007)

c. Pergerakan Blok

Longsor blok merujuk pada longsor translasi yang melibatkan pergerakan blok batu. Meskipun longsor ini biasanya didominasi oleh tanah, pergerakan utama yang terjadi adalah blok batu yang bergeser pada bidang gelincir yang berbentuk rata atau landai. Pergerakan blok diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Pergerakan Blok
(Nandi, 2007)

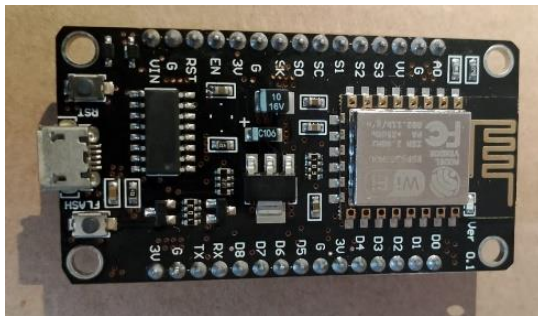
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Naryanto et al., (2019), terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya tanah longsor, antara lain kemiringan lereng, jenis batuan dan tanah, adanya rekahan atau retakan pada batuan, konversi lahan, sistem drainase dan keairan, curah hujan yang tinggi, serta aktivitas manusia. Tingkat kemiringan lereng pada daerah yang rentan terhadap tanah longsor dapat diklasifikasikan berdasarkan penelitian Zuidam (yang dikutip oleh Naryanto et al. 2019) menjadi 7 kategori, yaitu datar (0° - 1.15°), agak landai (1.15° - 4°), landai (4° - 8.5°), agak curam (8.5° - 16.7°), curam (16.7° - 35°), sangat curam (35° - 54.5°), dan curam ekstrim ($>54.5^{\circ}$).

2. NodeMCU ESP8266

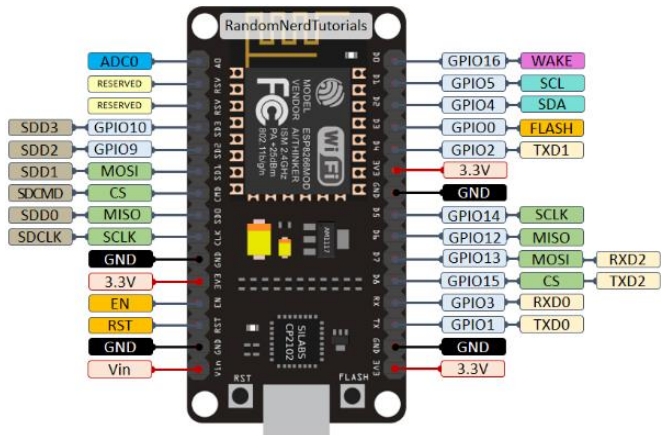
NodeMCU adalah sebuah board elektronik yang menggunakan chip ESP8266, yang mampu menjalankan fungsi mikrokontroler dan memiliki kemampuan koneksi internet (*WiFi*). Fisik NodeMCU ESP8266 memiliki port USB (mini USB) yang memudahkan dalam proses pemrograman. Modul ini dilengkapi dengan beberapa pin I/O yang memungkinkan pengembangan aplikasi *monitoring* dan *controlling* pada proyek IoT (Dewi, Rohmah, &

Zahara, 2019). Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 2.4.

NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP8266 yang dilengkapi dengan *firmware* e-Lua sehingga mendukung bahasa pemrograman Lua. Bahasa pemrograman memiliki struktur dan logika pemrograman yang serupa dengan Bahasa C, dengan perbedaan utama hanya pada sintaksnya. Ketika menggunakan Bahasa Lua untuk pemrograman, diperlukan alat seperti *Lua Loader* atau *Lua Uploader*. Perbedaan antara menggunakan Arduino IDE dan Bahasa Lua yaitu Arduino IDE memerlukan *firmware* dari Ai-thinker yang mendukung *AT Command*, sementara untuk menggunakan *Lua Loader* diperlukan *firmware* NodeMCU (Ramadhani, 2021).



Gambar 2. 4. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266



Gambar 2. 5. Arsitektur NodeMCU ESP8266 GPIO
(Wisnurat 2020, diakses 29 November 2023)

Gambar 2.5 menunjukkan arsitektur yang ada pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dimana tegangan yang dapat bekerja berkisar antara 3,3V hingga 5V dengan konsumsi daya berkisar 10 μ A~170mA. Kecepatan prosessor NodeMCU berkisar antara 80MHz hingga 160MHz, dan dilengkapi dengan RAM sebesar 32KB+80KB serta flash memory berkapasitas hingga 16MB (Manullang, Saragih and Hidayat, 2021). Spesifikasi lengkap mikrokontroler NoceMCU ESP8266 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Spesifikasi NodeMCU ESP8266
(Manullang, Saragih and Hidayat, 2021)

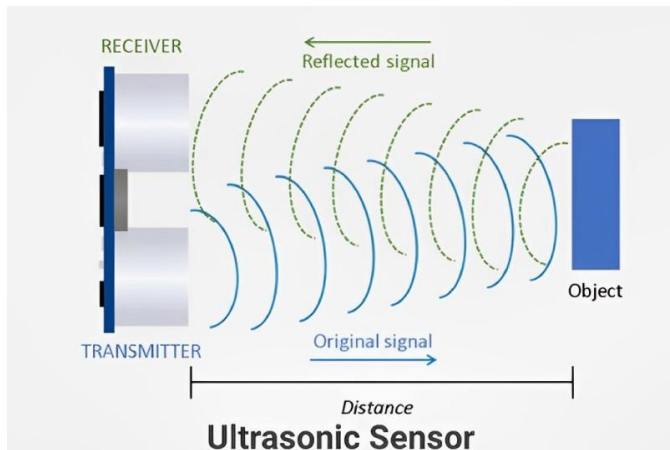
Komponen	Spesifikasi
Mikrokontroler	ESP8266
Tegangan Input	3,3~5V
GPIO	17 Pin
Flash Memory	16MB
RAM	32KB_80KB
Konsumsi Daya	10 μ A~170mA
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 GHz
USB Port	Micro USB
WiFi	IEEE 802.11b/g/n
Kanal PWM	10 Kanal
USB Chip	CH340G
Clock Speed	40/26/24 MHz

3. Sensor HC-SR04

Sensor ultrasonik tipe HC-SR04 merupakan sebuah perangkat elektronik yang didesain untuk mendeteksi dan mengukur jarak menggunakan prinsip gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara dengan frekuensi di atas batas pendengaran manusia, yaitu 40 kHz (Puspasari *et al.*, 2019). Sensor ultrasonik bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik ke objek yang berada di depannya, kemudian mengukur waktu yang dibutuhkan untuk gelombang tersebut memantul dari objek dan kembali ke sensor.

Prinsip kerja sensor ultrasonik didasarkan pada fenomena efek piezoelektrik, dimana sinyal listrik

dapat dikonversi menjadi getaran mekanis dan sebaliknya. Getaran mekanis dapat dikonversi kembali menjadi sinyal listrik. Sensor ultrasonik umumnya terdiri dari dua komponen utama, yaitu pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) (Huda, 2021). Berikut cara kerja sensor Ultrasonik HC-SR04.



Gambar 2. 6. Arah Pancar Ultrasonik
(IOTkece 2022, diakses 29 November 2023)

Sinyal gelombang akan dipantulkan oleh pin *trigger* dalam rentang waktu dan frekuensi tertentu, umumnya menggunakan frekuensi 40KHz seperti ilustrasi pada Gambar 2.6. Pantulan gelombang berubah menjadi gelombang suara dengan kecepatan 340 m/s. Ketika gelombang menyentuh suatu objek, akan dipantulkan kembali oleh objek tersebut. Gelombang dari pantulan objek akan diterima oleh pin

echo, sehingga waktu tempuh gelombang pantulan dapat diketahui (Sasmoko, 2021).

Persamaan 2.1 merupakan rumus untuk mendapatkan jarak dimana kecepatan suara akan dikalikan dengan waktu tempuh kemudian dibagi 2. Hasil pengukuran jarak (s) dibagi 2 karena waktu tempuh yang diukur adalah pulang-pergi (dari sensor ke objek dan kembali ke sensor), hasilnya dibagi dua untuk mendapatkan jarak satu arah. Waktu tempuh pantulan gelombang ini akan diolah oleh program di dalam mikrokontroler untuk menghitung jarak dengan rumus :

$$s = \frac{v.(t)}{2}(2.1)$$

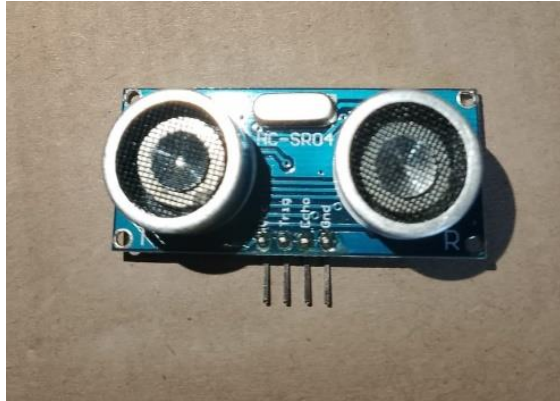
dengan :

s = jarak (meter)

t = waktu (*second*)

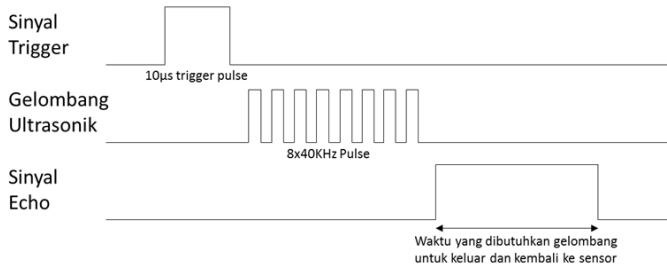
v= kecepatan suara (344m/ *second*)

(Ramadhani, 2021)



Gambar 2. 7. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Gambar 2.7 menunjukkan sensor ultrasonik HC-SR04 yang memiliki 4 pin I/O, yaitu pin *VCC*, pin *Ground*, pin *Trigger*, dan pin *Echo*. Pin *VCC* memiliki peran sebagai sumber tegangan positif sebesar 5 volt. *Ground* digunakan sebagai tegangan negatif dalam catu daya listrik. *Trigger* pin berperan dalam menghasilkan pantulan gelombang dengan waktu dan frekuensi yang telah digunakan. *Echo* pin berperan dalam menerima gelombang yang dipantulkan oleh *trigger* pin, sehingga dapat digunakan untuk mengukur dari objek tersebut (Sasmoko, 2021). Diagram waktu sensor Ultrasonik HC-SR04 menunjukkan waktu yang dibutuhkan sinyal trigger, gelombang ultrasonik dan sinyal *echo* bekerja, ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8. Diagram Waktu Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Ramadhani, 2021)

Tabel 2. 2. Data Sheet sensor ultrasonik HC-SR04
(Huda, 2021)

Komponen	Spesifikasi
Working Frequency	40 Hz
Working Current	15 mA
Voltage DC	5 Volt
Measuring Angle	15 Degree
Max Range	14 m
Min Range	2 cm
Dimension	45 x 20 x 15 mm
Trigger Input Signal	10µS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL level signal and the range in proportion

4. Sensor Rain Drop

Sensor *rain drop* adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi curah hujan. Sensor terdiri dari dua modul, yakni papan pendeteksi tetesan hujan yang merasakan adanya hujan dan modul pengendali yang membandingkan nilai analog dan mengonversinya menjadi data digital. Sensor rintik hujan pada dasarnya adalah papan yang dilapisi

dengan lapisan nikel dan memiliki bentuk berpola garis. Modul *rain drop* memungkinkan pengukuran tingkat kelembaban melalui pin keluaran analog dan menghasilkan data keluaran digital saat ambang batas kelembaban tertentu tercapai (Widodo and Sumaedi, 2023).

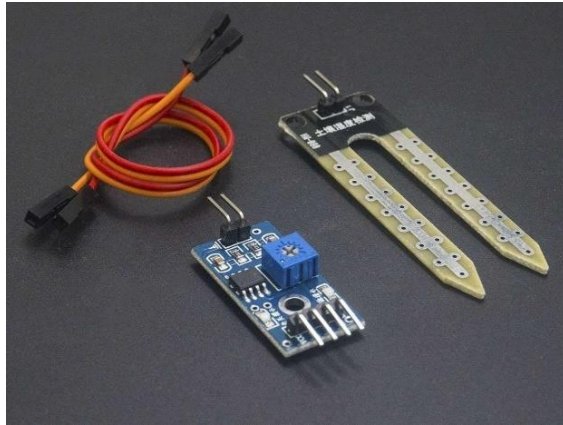
Modul ini berdasarkan pada op-amp LM393 dan mencakup komponen elektronik serta papan sirkuit tercetak yang mengumpulkan tetesan hujan. Ketika tetesan hujan terkumpul di papan sirkuit akan membentuk jalur resistansi paralel yang diukur melalui op-amp. Air berfungsi sebagai penghantar listrik ketika hujan jatuh, menghubungkan garis nikel secara paralel sehingga mengurangi resistansi dan menurunkan tegangan yang melewati sirkuit. Teknologi ini dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi, seperti sensor otomatis *wiper* pada mobil, sistem pengendalian irigasi, dan pemantauan curah hujan dalam penelitian ini (Widodo and Sumaedi, 2023). Sensor *rain drop* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9. Sensor *Rain Drop*

5. Sensor Soil Moisture

Sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban atau kadar air dalam tanah. Sensor kelembaban tanah bekerja berdasarkan perubahan sifat fisik atau elektrik tanah akibat kandungan airnya (Dasmaela, Sembiring, & Purnomo, 2020). Pada umumnya, sensor menggunakan teknologi resistive atau capacitance. Teknologi *resistive* menggunakan dua elektroda yang ditanamkan dalam tanah. Ketika tanah menjadi basah, hambatan antara kedua elektroda berkurang, dan ketika tanah menjadi kering, hambatan meningkat (Verdi, Sarwoko, & Kurniawan, 2015).



Gambar 2. 10. Sensor Soil Moisture
(ElektronicWings 2017, diakses 29 November 2023)

Perubahan hambatan ini digunakan untuk mengukur kelembaban tanah. Teknologi *capacitance* menggunakan kapasitor yang berubah kapasitansinya berdasarkan kelembaban tanah. Ketika tanah menjadi basah, kapasitansinya meningkat, dan ketika tanah menjadi kering, kapasitansinya menurun. Sensor kelembaban tanah dapat memberikan keluaran analog atau digital yang sesuai dengan karakteristik sensor (Verdi, Sarwoko, & Kurniawan, 2015).

Bahan resistor memiliki kemampuan untuk mengatur resistivitasnya dan reaktif terhadap pengaruh lingkungan. Salah satu faktor yang memengaruhi ρ adalah seberapa banyak uap air yang

dapat diserap oleh resistor. Resistor yang rentan terhadap kelembaban dapat dibuat menggunakan material higroskopis yang resistivitas spesifiknya sangat bergantung pada jumlah molekul air yang terserap. Prinsip dasar ini membentuk dasar dari sensor kelembaban resistif yang disebut sebagai *hygristors* (Sulistiyanti, Purwiyanti, & Pauzi, 2020).

Hygristor resistif terdiri dari substrat keramik yang dilengkapi dengan dua elektroda konduktif yang tersusun berjajar. Elektroda ini merupakan penghantar di mana celah di antara keduanya dilapisi dengan gel semikonduktif yang bersifat higroskopis yang membentuk matriks untuk menahan partikel konduktif. Struktur ini menciptakan resistor antara dua elektroda. Gel ini umumnya terbuat dari bahan seperti *hidroksietilselulosa*, *nonilfenil*, *polietilen glikol eter*, dan berbagai bahan organik lainnya dengan penambahan serbuk karbon. Gel dihaluskan secara menyeluruh untuk menghasilkan campuran yang homogen. Jenis *hygristor* lainnya dibuat dengan menggunakan film *lithium chloride* (LiCl) dan bahan pengikat. Substrat yang telah dilapisi ini kemudian diolah pada suhu dan tingkat kelembaban yang dikendalikan (Sulistiyanti, Purwiyanti, & Pauzi, 2020). Sensor *soil moisture* dalam penggunaannya

memerlukan modul i2c dan kabel penghubung seperti pada Gambar 2.10.

6. LCD dan I2C

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu bentuk tampilan visual yang menggunakan daya listrik dalam jumlah rendah dengan kontrol terhadap kontras dan kecerahan layar. Penggunaan umum dari LCD meliputi jam tangan, kalkulator, multimeter, layar pada perangkat seluler, laptop, dan lain sebagainya. LCD juga dapat digunakan untuk menampilkan hasil keluaran dari mikrokontroler sehingga pengguna dapat dengan mudah membaca informasi yang ditampilkan (Leksono *et al.*, 2019). LCD tampak depan ditunjukkan pada Gambar 2.11.

Perangkat ini menampilkan angka-angka dengan jelas dan memiliki konsumsi daya yang sangat rendah. LCD terdiri dari dua lempengan kaca yang mengandung suatu jenis cairan khusus diantaranya, dengan sebuah lempengan kaca bagian belakang yang memiliki elektroda transparan yang menutupi sisi dalamnya.

I2C adalah modul LCD yang mengoperasikan tampilan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire*

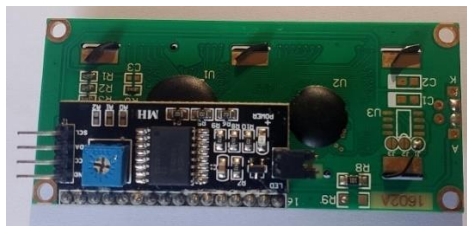
Interface) (Leksono *et al.*, 2019). Papan NodeMCU ESP8266 sudah memiliki dukungan untuk protokol I2C sehingga dapat berkomunikasi dengan modul LCD menggunakan dua jalur, yaitu jalur SDA (*Serial Data*) dan jalur SCL (*Serial Clock*). Pin SDA terhubung ke pin A4 dan pin SCL terhubung ke pin A5 pada papan NodeMCU. Dengan menggunakan protokol I2C, NodeMCU ESP8266 dapat mengontrol modul LCD secara serial dengan lebih efisien dan menggunakan sedikit jalur pin.



Gambar 2. 11. LCD (Liquid Crystal Display)

Inter Integrated Circuit (I2C) sering disebut sebagai I2C adalah protokol komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran khusus untuk

mengirim dan menerima data. Sistem I2C terdiri dari dua jalur, yaitu SCL (*Serial Clock Line*) dan SDA (*Serial Data Line*), yang digunakan untuk mengirim informasi data antara perangkat I2C dan pengontrolnya. Perangkat yang terhubung melalui bus sistem I2C dapat memiliki peran sebagai pengendali utama (*master*) atau perangkat yang dikendalikan (*slave*). Pengendali utama akan memulai proses transfer data pada bus I2C dengan memicu sinyal awal (*start*) dan mengakhiri transfer data dengan menghasilkan sinyal akhir (*stop*), serta mengontrol sinyal *clock*. *Slave* adalah perangkat yang dituju oleh pengendali utama (*master*) (Suhaeb *et al.*, 2017). Gambar 2.12 menunjukkan LCD tampak belakang yang telah dilengkapi dengan modul I2C.

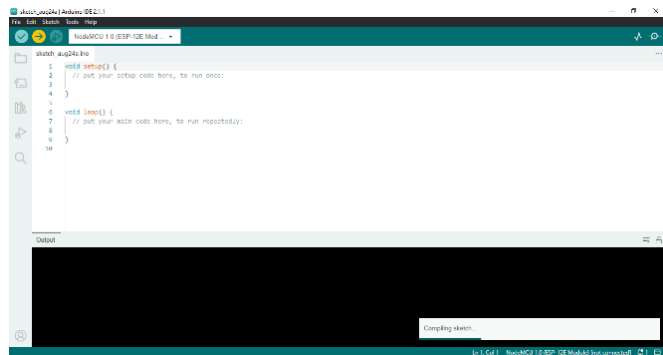


Gambar 2. 12. Modul I2C (Inter-Integrated Circuit)

7. Arduino IDE

Arduino IDE adalah singkatan dari *Integrated Development Environment*, sebuah perangkat lunak

yang digunakan untuk mengembangkan dan memprogram mikrokontroler Arduino. Melalui Bahasa pemrograman C, Arduino dapat diprogram untuk melakukan berbagai fungsi yang telah didefinisikan. Nodemcu memiliki *bootloader* yang serupa dengan arduino, sehingga memungkinkan untuk membuat dan mengunggah program ke dalamnya dengan menggunakan Arduino IDE (Manullang, Saragih and Hidayat, 2021).



Gambar 2. 13. Arduino IDE (Interface Development Environment)

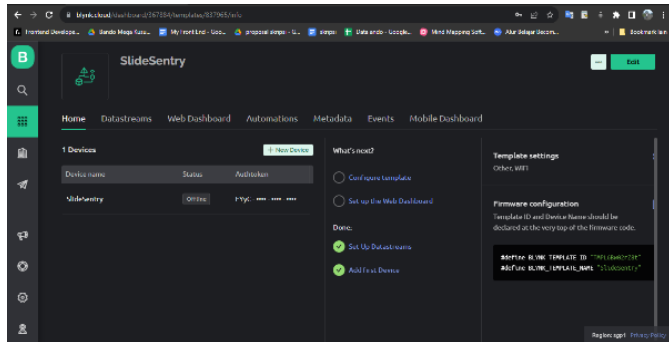
Arduino IDE memiliki antarmuka yang ditampilkan seperti yang terlihat pada Gambar 2.13, dan setiap bagian dari antarmuka ini dijelaskan sebagai berikut :

- a. *Verify* atau *compile* berfungsi untuk memeriksa sebuah *sketch* dan mengecek apakah ada

kesalahan di dalamnya. Jika tidak ada kesalahan, maka proses kompilasi berhasil dan *sketch* siap untuk diunggah ke mikrokontroler. Namun, sebelum melakukan verifikasi, jika *sketch* belum disimpan, maka sebaiknya menyimpannya terlebih dahulu.

- b. *Upload* berfungsi untuk mengunggah sebuah *sketch* ke mikrokontroler. Berbeda dengan *verify*, tombol *upload* akan secara otomatis memeriksa *sketch*, dan jika tidak ada kesalahan, *sketch* tersebut akan langsung diunggah ke mikrokontroler.
- c. *New Sketch* berfungsi untuk membuka jendela baru atau membuat *sketch* baru.
- d. *Open Sketch* berguna untuk membuka *sketch* yang telah dibuat dan tersimpan di dalam perangkat.
- e. *Save Sketch* adalah tombol yang digunakan untuk menyimpan *sketch* pada perangkat tanpa proses *verify* atau verifikasi.
- f. *Serial Monitor* digunakan untuk membuka tampilan komunikasi serial dari mikrokontroler.
- g. Keterangan Aplikasi adalah pesan-pesan seperti *done compiling* jika *sketch* telah diverifikasi dengan benar dan tidak ada kesalahan.

8. Blynk



Gambar 2. 14. Blynk Web

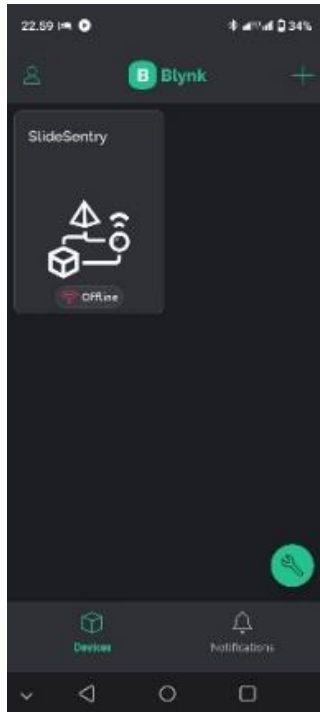
Blynk adalah platform pengembangan dan manajemen *Internet of Things (IoT)* yang memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi *mobile* dan perangkat keras yang terhubung melalui jaringan internet. Platform ini dirancang untuk memudahkan pembuatan proyek IoT yang interaktif dan terhubung dengan mudah melalui smartphone atau perangkat lain. Pengguna dapat membuat tampilan antarmuka grafis yang intuitif di aplikasi *mobile* untuk mengontrol perangkat keras yang terhubung. Gambar 2.14 merupakan Blynk yang diakses melalui laman website <https://blynk.io/>.

Blynk menyediakan berbagai widget atau elemen antarmuka seperti tombol, *slider*, grafik, dan lain-lain, yang dapat ditempatkan dan dikustomisasi dengan mudah pada tampilan aplikasi. Pengguna dapat

menghubungkan *widget* tersebut dengan perangkat keras yang terhubung ke platform Blynk melalui protokol komunikasi seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth*, atau *Ethernet* (Blynk nd, diakses 7 Juli 2023).

Selain itu, Blynk juga memiliki fitur-fitur seperti notifikasi, log data, dan pengaturan aturan berdasarkan kondisi tertentu. Pengguna dapat mengontrol perangkat keras dan mendapatkan informasi secara *real-time* melalui aplikasi *mobile* mereka, bahkan jika mereka berada di lokasi yang jauh dari perangkat IoT yang mereka kendalikan (Blynk nd, diakses 7 Juli 2023). Tampilan aplikasi Blynk *mobile* diakses menggunakan perangkat android ditunjukkan pada Gambar 2.15.

Blynk mendukung berbagai jenis mikrokontroler dan perangkat keras, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengembangkan beragam proyek IoT tanpa harus memiliki pengetahuan mendalam tentang pemrograman dan komunikasi jaringan (Blynk nd, diakses 7 Juli 2023). Blynk terdiri dari 3 komponen utama yaitu *blynk apps*, *blynk server*, dan *blynk library*.



Gambar 2. 15. Aplikasi Blynk Android

1) *Blynk Apps*

Blynk Apps adalah salah satu platform yang menyediakan layanan untuk mengembangkan proyek dengan berbagai jenis komponen masukan dan keluaran. Platform ini mendukung pengiriman dan penerimaan data yang sesuai dengan komponen yang telah dipilih dalam proyek tersebut (Ramadhani, 2021).

2) *Blynk Server*

Blynk Server adalah layanan server yang disediakan oleh aplikasi Blynk dengan menggunakan *cloud* yang bersifat *open source*. Server ini bertugas mengelola komunikasi antara aplikasi dan perangkat keras yang ingin diakses dalam sistem (Ramadhani, 2021).

3) *Blynk Library*

Blynk Library adalah suatu layanan yang berguna untuk mendukung proses pengembangan kode dalam berbagai platform perangkat keras. Ketersediaan *library* dalam banyak *platform hardware* memudahkan *developer* IoT dalam mengembangkan banyak proyek (Ramadhani, 2021).

B. Tinjauan Pustaka

Tujuan dari penelitian yang dilakukan oleh Sudarmanto, Khalif, & Huda (2023) adalah untuk kontruksi dan evaluasi prototipe pemantauan kemiringan bangunan dan pergerakan tanah dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Selain itu, penelitian juga mencakup pengujian pengiriman data melalui modul *WiFi* ESP8266-01. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup

sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler Arduino Uno R3, modul *WiFi* ESP8266-01, lampu indikator LED, kabel *jumper*, serta catu daya. Pengukuran sudut kemiringan bangunan dilakukan dengan menempatkan sensor di sebelah bangunan dan mengukur jarak antara bangunan dan sensor. Data jarak ini kemudian dikonversi menjadi sudut kemiringan menggunakan persamaan trigonometri. Mengukur penurunan permukaan tanah dengan cara memposisikan sensor ultrasonik di tepi bangunan pada ketinggian tertentu dan diarahkan ke tanah. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengidentifikasi penurunan tanah di sekitar bangunan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa prototipe sistem pemantauan berhasil dalam mengambil data yang diperoleh dari sensor tersebut, kemudian data diolah oleh Arduino Uno dan ditampilkan dalam *serial monitor* pada Arduino IDE serta Blynk. Hasil pengukuran kemiringan bangunan menunjukkan bahwa koefisien korelasi yang dihitung secara manual adalah 0.999, dengan tingkat akurasi antara pembacaan sensor dan perangkat pembanding sebesar 99.2%, serta tingkat presisi sebesar 96.4% dari 15 kali percobaan pengambilan data. Sementara itu, hasil pengukuran penurunan tanah menunjukkan bahwa koefisien yang dihitung secara manual adalah 0.999, dengan tingkat akurasi antara pembacaan sensor dan perangkat pembanding mencapai 99.9%, dan

tingkat presisi sebesar 99.9% dari 10 kali percobaan pengambilan data. Indikator ketiga LED menampilkan indikasi yang sesuai.

Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo, Ciptadi & Hardyanto (2019) dengan menggunakan sensor mikrokontroler NodeMCU ESP8266, kamera ESP32-CAM, sensor MPU6050, dan sensor *Soil Moisture*. Sensor MPU6050 berfungsi untuk mendeteksi pergerakan, sementara sensor *Soil Moisture* digunakan untuk memperoleh data kelembaban tanah. Kamera ESP32-CAM akan digunakan untuk melakukan *live streaming* melalui halaman website. Hasil data akan disimpan dalam sebuah *database* dan dikirim ke aplikasi Android. Kamera akan mengambil gambar secara berkelanjutan dengan interval 1 detik saat sensor mendeteksi pergerakan. Data akan ditampilkan pada *chatbot* Telegram dengan kecepatan yang bergantung pada kualitas koneksi internet.

Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Khadri, Razi, & Fauziah (2021) menggunakan sensor Ultrasonik HCSR-04 sebagai pendeteksi level air, sensor *Rain Gauge* untuk mengukur curah hujan dalam satuan milimeter (mm), serta buzzer sebagai alat untuk memberikan sinyal suara yang akan aktif saat kondisi dikategorikan sebagai Bahaya. Alat prototipe ini memiliki 3 kategori level air yaitu Aman (4-8 cm), Waspada (8-12 cm), dan Bahaya (lebih dari 12 cm).

Data hasil pengukuran akan disimpan dalam *database* MySQL dan notifikasi akan dikirimkan melalui bot pada aplikasi Telegram saat kondisi dikategorikan sebagai Bahaya. Peneliti juga mengukur parameter delay *QOS* (*Quality of Services*) dan mendapatkan nilai rata-rata pengukuran dengan delay sebesar 228,4 ms yang dikategorikan termasuk dalam kategori “Bagus” berdasarkan standarisasi TIPHON.

Penelitian yang dilakukan oleh Budiman (2020) menggunakan sensor *Soil Moisture*, untuk mendeteksi kelembaban tanah, sensor kemiringan atau akselerometer untuk mendapatkan data kemiringan tanah, dan sensor suhu untuk mendapatkan suhu tanah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem berhasil merekam pergerakan tanah dengan baik, dan data dapat diakses secara online dan *realtime* melalui halaman website. Waktu *delay* pengiriman data menuju server sekitar 2 detik, sehingga masih termasuk dalam kategori *realtime*. Karakteristik porositas tanah dan hubungannya dengan tingkat kejenuhan tanah akibat tekanan air telah diuji. Hasil studi kinetik menunjukkan bahwa pergerakan tanah mengikuti model kinetik difusi intra partikel dengan koefisien determinansi R^2 sebesar 0,99043.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober – November 2023. Pengujian dan analisis dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Laptop

Satu unit laptop Toshiba dengan sistem operasi Windows 10 Pro 64-bit, *processor* Intel Core i5-4210M CPU memiliki kecepatan tiap CPU 2.60GHz dengan total jumlah 4 CPU, serta memiliki Memory 4096 RAM.

2. Penggaris (mistar) digunakan untuk memeriksa dan membandingkan hasil pengukuran jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik.

3. Multimeter Digital berfungsi untuk mengukur tegangan.

4. Solder dan Tenol digunakan untuk merakit perangkat.
5. Resistor $100\ \Omega$ berperan sebagai penghambat arus listrik dalam rangkaian.
6. *Project board* digunakan sebagai dasar sirkuit elektronik.
7. Kabel *jumper* berfungsi sebagai penghubung antar komponen.
8. Lampu *LED* digunakan sebagai indikator untuk kategori bahaya tertentu.
9. *Software* Arduino IDE versi 2.1.1 bertugas untuk membuat, mengedit, mengunggah dan menulis kode program pada mikrokontroler.
10. *Software* Android Blynk IoT versi 2.27.34 berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran dan memantau sistem pada *smartphone*.
11. Kabel USB digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler NodeMCU dan laptop/PC.
12. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 bertindak sebagai pengendali, pemroses program, penyimpan program sistem, serta mengirim hasil pengukuran dari sensor-sensor ke Blynk Cloud melalui jaringan Wi-Fi.
13. Sensor *Ultrasonik* HC-SR04 digunakan untuk

- mengukur jarak pada objek berupa triplek.
14. Sensor *Soil Moisture* digunakan untuk mengukur kelembaban dalam tanah.
 15. Sensor *Rain Drop* digunakan untuk mendeteksi keberadaan hujan.
 16. LCD dan I2C digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran secara virtual.

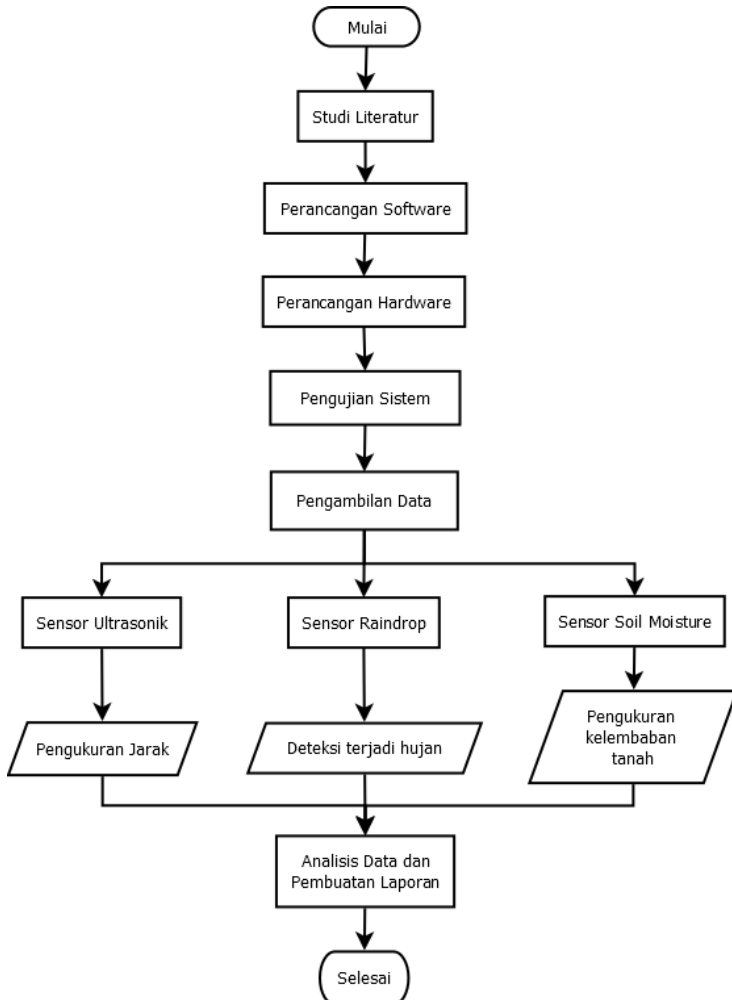
C. Prosedur Penelitian

Tahap penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 yang terdiri dari :

1. Studi Literatur

Tahap awal penelitian ini, dilakukan studi literatur untuk memastikan bahwa perancangan dan pelaksanaan penelitian berjalan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Sumber referensi yang digunakan dalam penelitian ini mencakup tugas akhir, buku modul, serta jurnal atau artikel dalam bentuk fisik maupun digital. Beberapa jurnal atau artikel tersebut diperoleh dari berbagai sumber, seperti JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika, JTSISKOM (Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer), JSINBIS (Jurnal Sistem Informasi Bisnis), Jurnal Inovasi Fisika Indonesia,

IOP Science, Jurnal Kajian Pendidikan Sains, AIP Publishing, dan Jurnal Pengembangan Teknologi Dan Ilmu Komputer.



Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian

2. Perancangan *Hardware*

Pada tahap kedua, penelitian melibatkan perancangan hardware yang mencakup pemilihan dan penyusunan komponen serta bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Proses ini mencakup desain rancang bangun untuk deteksi potensi pergerakan tanah longsor, cara kerja setiap komponen, serta perencanaan bentuk dan desain elektriknya. Setelah itu hardware akan dibuat sesuai dengan rencana yang telah disusun sebelumnya.

3. Perancangan *Software*

Tahap perancangan software mencakup pembuatan aplikasi untuk mengontrol dan memantau prototipe alat deteksi pergerakan tanah, serta pembuatan program untuk mengirim data berbasis Internet of Things (IoT) dari mikrokontroler NodeMCU ke aplikasi Android.

4. Pengujian dan Pengambilan Data

Proses pengujian dan pengambilan data pada penelitian ini dibagi menjadi dua fase, yakni pengujian sensor dan transduser, serta pengujian keseluruhan kinerja alat. Pengujian karakteristik sensor ultrasonik HC-SR04 bertujuan untuk

mengidentifikasi karakteristik sensor ini dengan membandingkan hasil pengukurannya dengan mistar atau meteran.

5. Analisis Data dan Pembuatan Laporan

Pada tahap analisis data dan penulisan laporan, dilakukan evaluasi data yang telah dikumpulkan selama pengujian. Data yang diperoleh berupa hasil pengukuran dari prototipe yang dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat standar seperti mistar. Selain itu, data sensor dianalisis untuk menilai akurasi dan presisi sensor, serta menghitung karakteristik dari berbagai jenis sensor yang digunakan.

6. Penarikan Kesimpulan

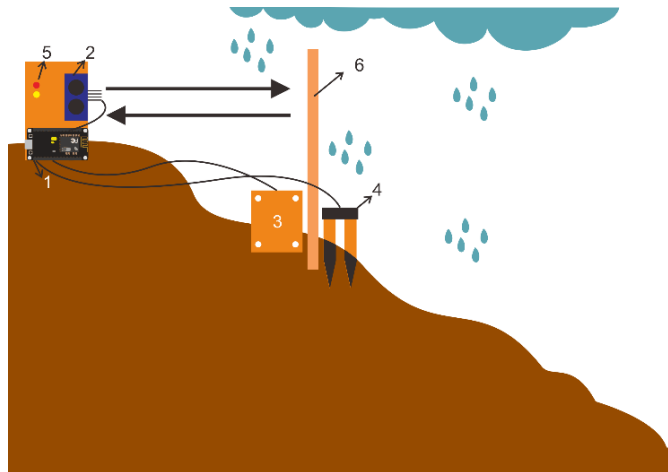
Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah mengevaluasi data hasil pengujian dan pengolahan data, merumuskan kesimpulan, serta memberikan rekomendasi atau saran pengembangan penelitian selanjutnya.

D. Desain Sistem dan Aplikasi Blynk

Perancangan sistem perangkat dan aplikasi Blynk pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Desain Alat

Desain alat deteksi pergerakan tanah mencakup kotak wadah untuk komponen, replica lereng tanah miniatur, tiang pemantul sensor ultrasonik dan dasar yang digunakan untuk mensimulasikan pergerakan tanah. Desain alat pendeteksi potensi pergerakan tanah tampak dari samping (Gambar 3.2).



Gambar 3. 2. Desain sistem deteksi potensi pergerakan tanah tampak samping

Desain pembuatan alat sistem deteksi potensi pergerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.2. Rancangan tersebut digambar tampak samping

dengan penjelasan untuk setiap komponennya sebagai berikut:

1. NodeMCU berperan sebagai mikrokontroler yang mampu menerima Bahasa program C++ melalui Arduino IDE. Perangkat ini mengintegrasikan sensor-sensor seperti sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *rain drop*, dan sensor *soil moisture* sehingga memiliki kemampuan untuk menentukan status kelembaban tanah, mendeteksi kondisi hujan di lingkungan, dan mengukur jarak antara sensor ultrasonik dengan objek yang menerima pantulan gelombang.
2. Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk melakukan pengukuran jarak yang mengindikasikan apakah objek penerima pantulan bergerak lebih dari atau kurang dari parameter yang telah ditentukan dalam program, atau statis. Data hasil pengukuran selanjutnya dikirim ke mikrokontroler untuk diolah, dan hasil pengolahan data tersebut ditampilkan pada layar LCD serta disediakan melalui aplikasi Blynk.

3. Sensor *rain drop* digunakan untuk mengidentifikasi keadaan hujan di sekitar lokasi di mana perangkat terpasang, data akan menentukan apakah hujan sedang turun atau tidak.
4. Sensor *soil moisture* digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kelembaban atau kadar air dalam tanah di sekitar daerah di mana sensor tersebut ditempatkan.
5. Lampu indikator menggunakan LED berwarna merah, kuning dan hijau dengan tujuan memberikan representasi visual tentang tingkat risiko atau bahaya terkait pergerakan tanah di sekitar lokasi.
6. Objek menggunakan papan tipis yang berfungsi untuk objek pemantul sinyal dari sensor ultrasonik. Objek ini juga menjadi indikator pergerakan tanah.

2. Desain Aplikasi Blynk

Aplikasi Blynk merupakan salah satu platform yang mendukung *Internet of Things (IoT)* dan tersedia secara gratis untuk diunduh melalui *App Store* dan *Google Play*. Setelah mengunduh dan

menginstal aplikasi di *smartphone*, Langkah selanjutnya adalah melakukan *registrasi* dengan memasukkan alamat email. Setelah *registrasi* selesai, pengguna dapat Membuat proyek baru dengan menekan opsi “*New Project*” di aplikasi Blynk. Jika proses ini berhasil, pengguna akan diberikan “*auth token*” yang kemudian berfungsi sebagai autentikasi perangkat untuk menghubungkan *source code* Arduino IDE dengan Blynk dan juga dengan server Blynk *Cloud*.



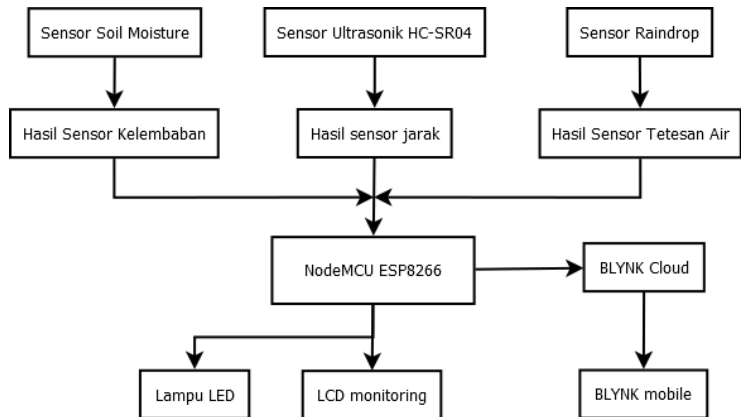
Gambar 3. 3. Tampilan User Interface (UI) aplikasi Blynk

Blynk menyajikan berbagai pilihan *widget* yang beragam, memungkinkan pengguna secara mudah menarik dan menjatuhkan berbagai pilihan *widget* ke dalam proyek yang sudah dikerjakan. Pengguna dapat menyesuaikan jumlah sumber daya yang tersedia sesuai kebutuhan. Gambar 3.3 adalah desain antarmuka aplikasi Blynk yang digunakan untuk penelitian ini.

E. Perancangan *Software*

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Arduinio IDE yang bersifat sumber terbuka dan aplikasi Blynk yang tersedia secara gratis untuk diunduh melalui *App Store* dan *Play Store*. Arduino IDE digunakan untuk menyusun *source code* yang merinci langkah-langkah operasi keseluruhan sistem, sementara Blynk digunakan untuk sistem monitoring yang memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui koneksi internet. Gambar 3.5 adalah diagram alur perangkat lunak yang merinci perancangan sistem pemantauan deteksi pergerakan tanah.

F. Perancangan *Hardware*



Gambar 3. 4. Diagram blok sistem *Hardware*

Rancangan perangkat keras dalam penelitian ini mencakup penggunaan satu unit sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai komponen input untuk mendeteksi jarak objek pemantul, satu sensor *soil* moisture sebagai inputan deteksi tingkat kadar air dalam tanah, dan satu sensor *rain drop* sebagai input data pendeteksi curah hujan. Sensor-sensor tersebut akan terhubung dengan pin digital NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data dari inputan. Data tentang jarak, tingkat kelembaban tanah, dan curah hujan akan ditampilkan pada layar LCD I2C dan Serial Monitor Arduino IDE, kemudian terkoneksi dengan aplikasi Blynk sebagai *platform Internet of Things* (IoT) menggunakan modul ESP8266

yang terintegrasi dalam mikrokontroler NodeMCU. Data juga akan disimpan di *Blynk Cloud*. Desain perangkat keras untuk sistem pemantauan deteksi pergerakan tanah dapat dilihat dalam Gambar 3.4.

G. Metode Perancangan dan Pengujian Sistem

Pengujian sistem deteksi pergerakan tanah berbasis IoT dimulai dengan menyiapkan prototype alat untuk menguji kemampuan deteksi sensor. Prototype tersebut dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mendeteksi perubahan jarak dengan menggerakkan objek pemantul secara manual dan berulang. Selanjutnya pengujian sensor *rain drop* dilakukan dengan membuat simulasi hujan di mana air diteteskan secara berkala agar sensor dapat mendeteksi keberadaan hujan. Selama pengujian berlangsung kelembaban tanah akan meningkat secara otomatis akibat air hujan yang terdeteksi dan hal ini akan dideteksi oleh sensor *soil moisture* yang terpasang. Dengan demikian, selama pengujian alat akan diatur untuk menguji kemampuan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *rain drop* dan sensor *soil moisture* sehingga sistem akan terus memantau perubahan jarak, keberadaan hujan dan

tingkat kelembaban tanah secara otomatis. Metode perancangan pengujian rancang bangun alat deteksi potensi pergerakan tanah longsor dijelaskan sebagai berikut :

1. Perancangan pengujian sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi Pergerakan Tanah

Menurut Ramadhani (2021), *error* pengukuran sensor dapat dihitung dengan mengambil selisih antara hasil pengukuran sensor dan alat ukur, kemudian hasilnya dikalikan dengan 100% dari nilai pengukuran alat ukur. Menentukan tingkat kesalahan dan ketelitian pengukuran sensor ultrasonik dapat menggunakan rumus berikut :

$$Error = \frac{Si}{SM} \cdot 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Ketelitian = 100\% - Error \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

Si adalah perbedaan antara hasil pengukuran dari sensor dengan mistar.

SM adalah hasil pengukuran menggunakan mistar.

SS adalah hasil pengukuran menggunakan sensor.

2. Perancangan Pengujian Sensor *Soil Moisture*

Pengujian sensor kelembaban tanah dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran dari alat ukur kelembaban tanah atau *Soil Survey Instrument 4 in 1*. Pada alat ukur acuan kalibrasi terdapat 5 kategori kelembaban tanah dari kondisi yang sangat kering hingga sangat basah meliputi D+ (*Dry+*), D (*Dry*), N (*Normal*), W (*Wet*), dan W+ (*Wet+*). Pada sistem deteksi potensi pergerakan tanah, kode D+ berarti kering+, D berarti kering, N berarti normal, W berarti basah dan W+ berarti basah+. Kalibrasi alat sistem deteksi tanah longsor dengan sensor *soil moisture* juga membandingkan kedua sensor tersebut dan diambil nilai rata-ratanya untuk dijadikan acuan penentuan nilai pada sistem.

3. Perancangan Pengujian Sensor *Rain Drop*

Pengujian sensor *rain drop* bertujuan untuk memastikan bahwa sensor tersebut berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan. Sensor *rain drop* digunakan sebagai perangkat untuk mendeteksi keberadaan hujan di sekitar

area tanah simulasi. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sensor dapat mengirimkan notifikasi secara akurat ke aplikasi Blynk saat terjadi hujan. Dengan demikian pengguna dapat dengan cepat mengetahui kondisi cuaca dan mengambil tindakan yang diperlukan sesuai dengan informasi yang diberikan oleh sensor.

4. Perancangan Pengujian Sistem Kendali dengan Aplikasi Blynk

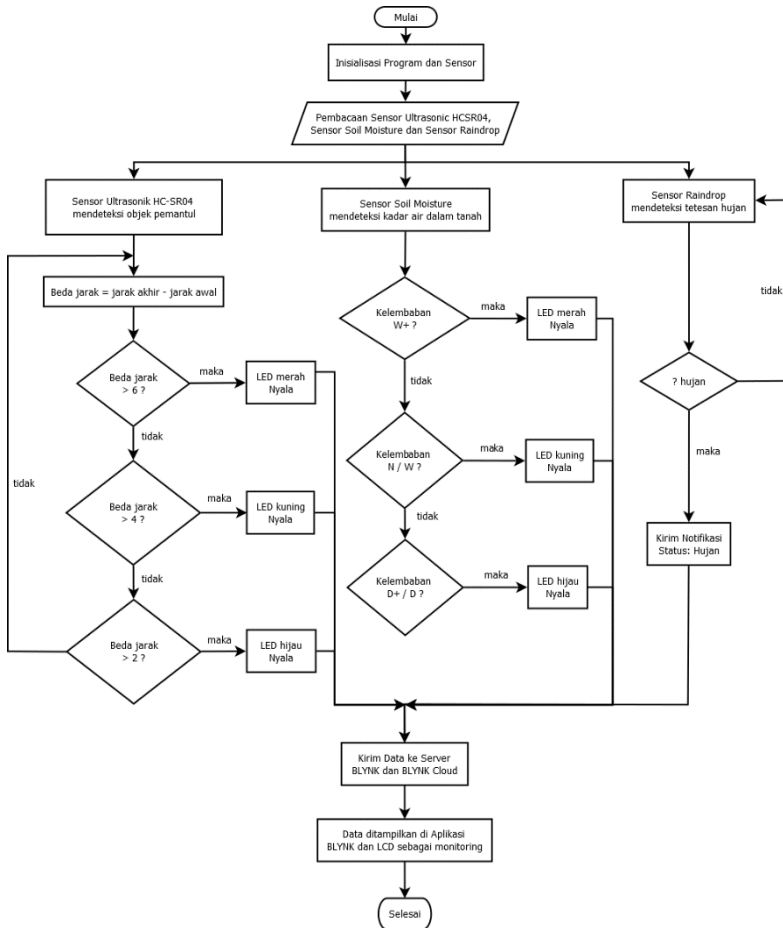
Pengujian sistem kendali alat deteksi pergerakan tanah menggunakan aplikasi Blynk bertujuan untuk menguji apakah *widget* tombol pada aplikasi Blynk dapat mengontrol sistem dengan baik. Pengujian ini melibatkan pemrograman NodeMCU untuk berkomunikasi dengan aplikasi Blynk, di mana tombol pada aplikasi akan mengirimkan perintah ke perangkat untuk mengaktifkan atau menonaktifkan status *LED*. Keberhasilan pengujian ini diukur dari respons sistem terhadap perintah yang diberikan melalui aplikasi Blynk.

5. Perancangan Pengujian Komunikasi Data

Pengujian komunikasi data bertujuan untuk menghubungkan NodeMCU ke jaringan *Wi-Fi* dan menjalin komunikasi antara NodeMCU dengan aplikasi Blynk. Aplikasi Blynk digunakan untuk mengendalikan, memantau, dan menyimpan data dari prototipe alat deteksi pergerakan tanah.

6. Perancangan Pengujian Prototipe Sistem Deteksi Pergerakan Tanah Longsor Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem ini meliputi pengujian pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *soil moisture*, komunikasi data NodeMCU dengan Blynk, dan pengujian alat secara menyeluruh. Varian data dalam penelitian ini terkait dengan tingkat kelembaban tanah, pergerakan tanah dan tingkat bahaya dalam sistem. Analisis data dilakukan dengan membandingkan data manual menggunakan mistar dan alat kalibrasi *Soil Survey 4 in 1* yang dipasang pada kotak baskom berisi tanah.



Gambar 3. 5. Diagram alir perancangan Software

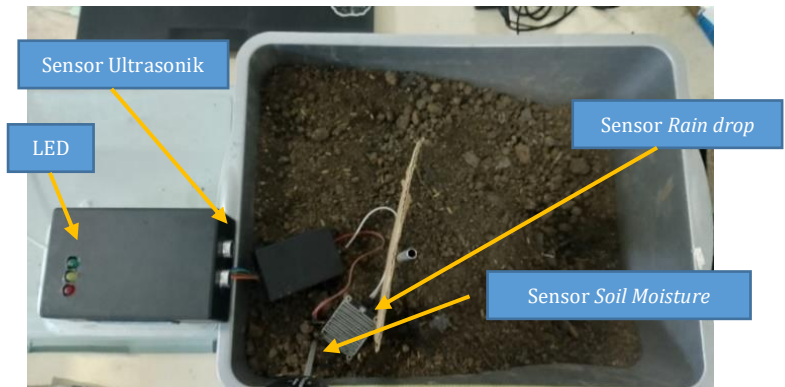
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

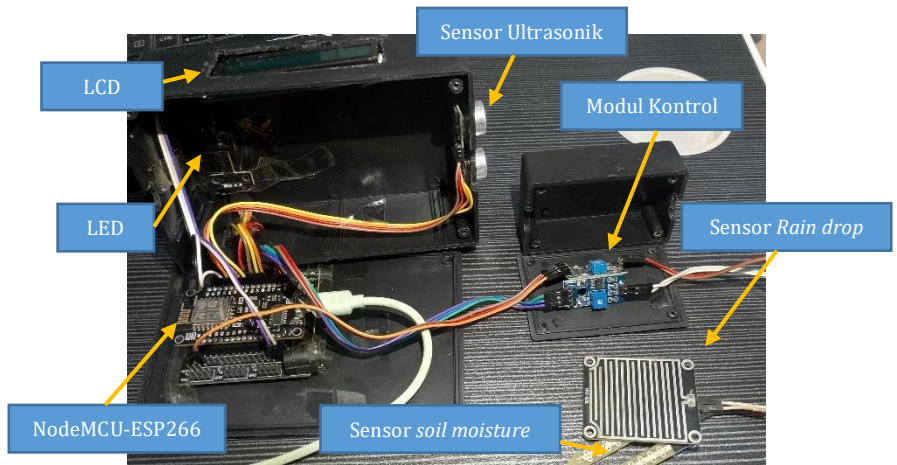
Pada bagian ini akan diuraikan tentang tahap pengujian dari setiap sistem yang telah dirancang. Pengujian ini mencakup evaluasi pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04, kalibrasi sensor kelembaban tanah, pengujian aplikasi Blynk, dan pengujian *prototype* keseluruhan sistem. Selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap hasil pengukuran tersebut dan karakteristik instrumentasi dari sensor ultrasonik HC-SR04, sensor kelembaban tanah dan sensor *rain drop*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan efektivitas sensor saat digunakan dalam pengukuran serta memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan yang direncanakan.

Hasil pengukuran dari desain *prototype* alat secara keseluruhan yang telah direncanakan dalam penelitian ini sesuai dengan gambaran desain perencanaan alat yang terdapat pada Gambar 3.2. Hasil dari perancangan *prototype* alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.1. *Prototype* alat deteksi tanah longsor dikemas dalam sebuah kotak hitam yang terbuat dari plastik dengan kotak tipe 1 berukuran 15

cm x 9,5 cm x 5 cm dan tipe 2 berukuran 7,5 cm x 5 cm x 2,5 cm. Kotak ini digunakan untuk mengemas mikrokontroler, layar *LCD*, modul kontrol, sensor ultrasonik HC-SR04, dan *LED Traffic Light Module*. Tanah ditempatkan di dalam kotak baskom plastik berukuran 47 cm x 37 cm x 15 cm (dihitung dimensi bagian dalam) dengan tiang yang diletakkan di tengah sebagai objek pemantul yang ditemplei kardus berukuran 17,4 cm x 12 cm. Hasil dari perancangan *prototype* secara keseluruhan dan perancangan sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4. 1. Implementasi prototype keseluruhan alat deteksi pergerakan tanah longsor tampak atas



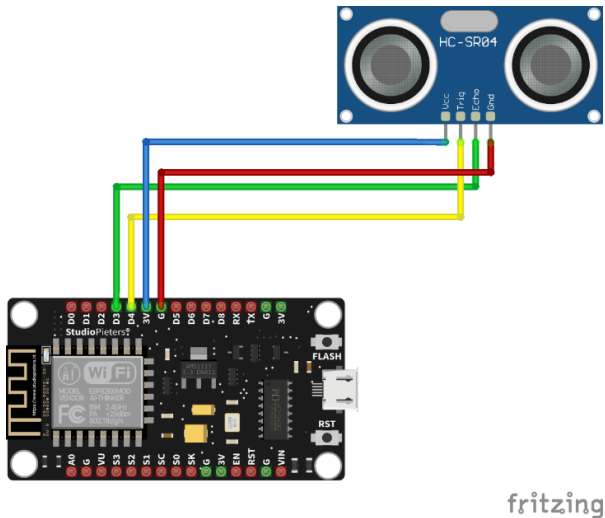
Gambar 4. 2. Implementasi perancangan sistem perangkat keras

A. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk menilai tingkat ketepatan sensor dalam mengukur pergeseran tanah dari posisi awalnya yang diindikasikan oleh objek pemantul. Data diambil untuk menguji sensor dengan menempatkan sensor dan objek pemantul sejajar.

Dalam pengujian ini, hasil pengukuran sensor akan dibandingkan dengan nilai pengukuran yang diambil menggunakan mistar. Data diambil dengan memvariasikan jarak objek pemantul dalam kenaikan sebesar 1 cm, mulai dari 14 cm hingga 23 cm. Rangkaian pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dapat

dilihat pada Gambar 4.3. Proses pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 3. Rangkaian pengujian sensor ultrasonik HC-SR04



Gambar 4. 4. Proses pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

No	SM (cm)	SS (cm)	SI (cm)	Error (%)	Akurasi (%)
1	14	14	0	0	100
2	15	15	0	0	100
3	16	16	0	0	100
4	17	17	0	0	100
5	18	18	0	0	100
6	19	19	0	0	100
7	20	20	0	0	100
8	21	21	0	0	100
9	22	22	0	0	100
10	23	23	0	0	100

$$Error = \frac{Si}{SM} \cdot 100\% \dots\dots\dots (4.1)$$

$$Akurasi = 100\% - Error \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan :

Si adalah perbedaan antara hasil pengukuran dari sensor dengan mistar.

SM adalah hasil pengukuran menggunakan mistar.

SS adalah hasil pengukuran menggunakan sensor.

Error adalah kesalahan *relative* sensor (%).

Akurasi adalah nilai ketelitian sensor (%).

Dari persamaan 4.1 dan 4.2 diperoleh hasil kesalahan relatif dan akurasi dari setiap pengukuran. Selanjutnya, untuk mengetahui kesalahan relatif dan

akurasi sensor secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

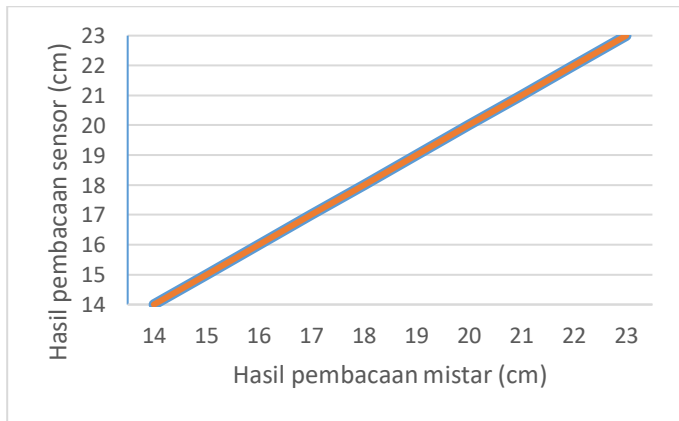
$$ErrorSensor = \frac{\sum Error}{n} \dots\dots\dots (4.3)$$

$$AkurasiSensor = \frac{\sum Akurasi}{n} \dots\dots\dots (4.4)$$

n merupakan jumlah data dari pengujian sensor. Dengan demikian, diperoleh kesalahan relatif dan akurasi sebagai berikut :

$$ErrorSensor = \frac{0 \%}{10} = 0\%$$

$$AkurasiSensor = \frac{1000\%}{10} = 100\%$$



Gambar 4. 5. Grafik sensor ultrasonik HC-SR04

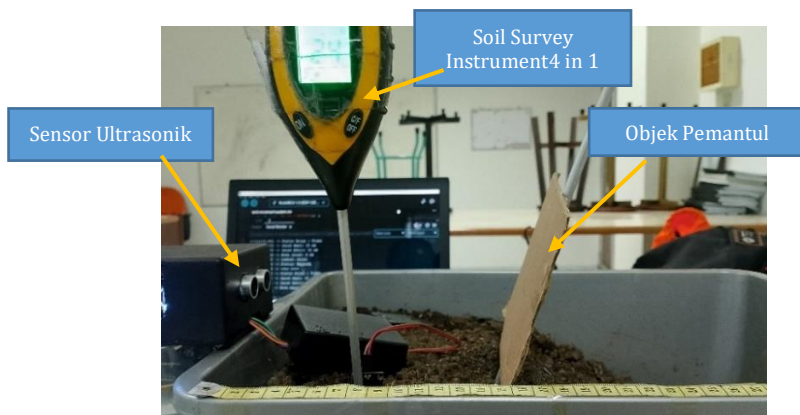
Data pengukuran yang dilakukan oleh sensor ultrasonik dan mistar terdapat dalam Tabel 4.1. Dari pengujian ini diperoleh nilai akurasi sensor sebesar 100% dengan kesalahan relatifnya atau error sebesar 0 %. Pada Gambar 4.5, ditampilkan grafik yang menunjukkan hasil pengukuran sensor ultrasonik sesuai dengan hasil pengukuran mistar, ditandai dengan garis lurus yang sama pada sumbu x (pengukuran mistar) dan sumbu y (pengukuran sensor ultrasonik). Perbedaan hasil pengukuran antara sensor ultrasonik dan mistar tidak signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor ultrasonik memiliki pembacaan deteksi jarak yang baik, sehingga dapat diandalkan sebagai alat deteksi pergerakan tanah.

B. Hasil Pengujian Sensor *Soil Moisture*

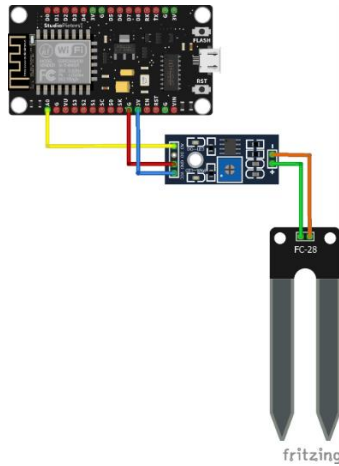
Pengujian sensor kelembaban tanah dilaksanakan untuk mengevaluasi keakuratan sensor dalam mengukur kelembaban tanah pada *prototype* alat deteksi pergerakan tanah longsor. Dalam pengujian ini, nilai pengukuran sensor akan dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh alat kalibrasi bernama *Soil Survey Instrument 4 in 1*.

Rangkaian pengujian sensor kelembaban tanah terdapat pada Gambar 4.7.

Data untuk pengujian sensor ini diambil dengan menempatkan sensor kelembaban tanah dan *Soil Survey Instrument 4 in 1* pada titik tanah yang sama. Posisi titik keduanya akan memengaruhi perbedaan hasil dari setiap sensor pendeteksinya. Jika posisinya terlalu jauh akan menghasilkan data yang berbeda. Proses pengujian sensor *soil moisture* dapat dilihat pada Gambar 4.6. Pengujian sensor *soil moisture* menunjukkan performa yang luar biasa, dengan tingkat akurasi yang mencapai 100%. Hal ini berarti sensor mampu memberikan hasil pengukuran yang presisi tanpa adanya kesalahan.



Gambar 4. 6. Proses pengujian sensor soil moisture



Gambar 4. 7. Rangkaian pengujian sensor soil moisture

Tabel 4. 2. Perbandingan pengukuran sensor *Soil Moisture* dengan *Soil Survey Instrument 4 in 1*

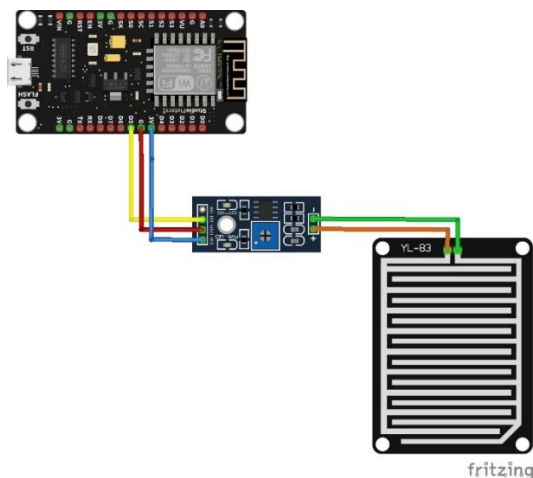
No	<i>Soil Survey Instrument 4 in 1</i>	Sensor Soil Moisture	Error (%)	Akurasi (%)
1	D+	Kering+	0	100
2	D+	Kering+	0	100
3	D+	Kering+	0	100
4	D	Kering	0	100
5	D	Kering	0	100
6	D	Kering	0	100
7	N	Normal	0	100
8	N	Normal	0	100
9	N	Normal	0	100
10	W	Basah	0	100
11	W	Basah	0	100
12	W	Basah	0	100
13	W+	Basah+	0	100
14	W+	Basah+	0	100
15	W+	Basah+	0	100

Proses pengujian sensor kelembaban tanah dilakukan dengan cara menuangkan air sebanyak 30 ml menggunakan gelas ukur. Kategori kelembaban tanah digunakan untuk memudahkan dalam menentukan tingkat kelembaban tanah pada simulasi. Air dituangkan secara bertahap hingga alat kalibrasi mendeteksi tingkat kelembaban tanah yang sesuai dengan setiap kategori. Dimulai dari kategori D+ yang menandakan tanah dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan 30 ml air berikutnya hingga alat kalibrasi mendeteksi kategori D dan seterusnya hingga mencapai kategori W+. Nilai deteksi dari alat kalibrasi menjadi tolak ukur untuk membandingkan hasil tersebut dengan hasil pengukuran sensor *soil moisture*. Data yang diperoleh dari sensor kelembaban tanah dan alat *soil survey instrument 4 in 1* dalam proses deteksi kelembaban tanah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

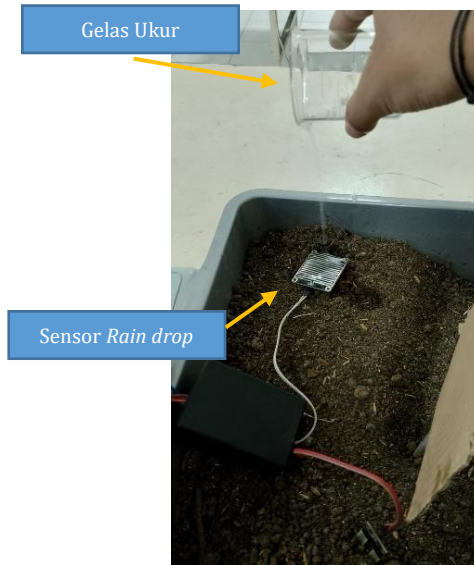
C. Hasil Pengujian Sensor *Rain Drop*

Sensor *rain drop* diuji dengan menerapkan pendekatan yang memanfaatkan pin digital pada mikrokontroler NodeMCU untuk menghasilkan sinyal yang mengindikasikan keberadaan hujan sebagaimana

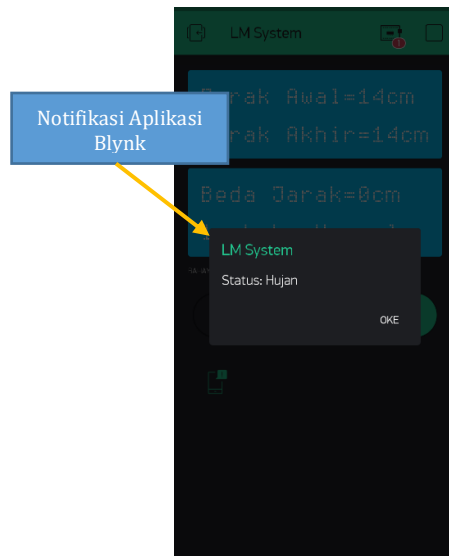
terlihat pada ilustrasi Gambar 4.8. Proses simulasi hujan dilakukan dengan meneteskan air secara berkala ke permukaan sensor *rain drop* yang menyebabkan peningkatan kelembaban dan dideteksi oleh sensor seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.9. Sinyal *output* yang dihasilkan oleh sensor akan diinterpretasikan oleh NodeMCU melalui pin digital *output* di mana keberadaan hujan akan ditunjukkan oleh sinyal yang sesuai. Selain itu notifikasi akan diberikan melalui aplikasi Blynk untuk memberikan informasi terkait hujan kepada pengguna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 8. Rangkaian pengujian sensor *rain drop*



Gambar 4. 9. Proses pengujian sensor *rain drop*



Gambar 4. 10. Notifikasi status hujan

Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Sensor *Rain drop*

No	Logika Nodemcu	Sensor <i>Raindrop</i>	Status Hujan pada Blynk	Error (%)	Akurasi (%)
1	High	OFF	Tidak Hujan	0	100
2	Low	ON	Hujan	0	100

Data yang tercantum dalam Tabel 4.3 menggambarkan kinerja sensor *rain drop* sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan. Sensor *rain drop* berhasil mendeteksi kehadiran hujan saat terjadi tetesan air dan memberikan pemberitahuan melalui aplikasi Blynk. Sensor *rain drop* terbukti memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi, yaitu 100%, tanpa menunjukkan adanya kesalahan (0%) selama pengujian.

D. Hasil Pengujian Sistem Kendali dengan Aplikasi Blynk

Pengujian sistem kendali menggunakan aplikasi Blynk bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *widget* tombol pada aplikasi Blynk dalam mengontrol status *LED*. Status *LED* akan berfungsi sesuai dengan kategori tingkat bahaya yang dideteksi oleh perangkat keras. Dalam pengujian ini, tombol kendali

ini memungkinkan pengguna dapat menonaktifkan status *LED* dari jarak jauh tanpa menyentuh perangkat secara langsung. Untuk mematikan status *LED*, pengguna dapat menyentuh tombol virtual pada aplikasi Blynk di *smartphone*. Tampilan layar pada aplikasi Blynk untuk mengontrol *LED* ditunjukkan pada Gambar 4.11 dalam kondisi *default* (hidup) dengan keterangan ON, tombol akan memberikan keterangan *OFF* ketika status *LED* telah dimatikan. Saat tombol virtual disentuh, status tombol akan berubah menjadi “*OFF*” dan notifikasi “mematikan status *LED*” akan muncul seperti pada Gambar 4.12. menekan tombol virtual sekali lagi akan mengaktifkan kembali sistem dan notifikasi “mengaktifkan kembali” akan ditampilkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13.

Dalam pengujian yang dilakukan, sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian kendali deteksi pergerakan tanah melalui *smartphone* dilakukan dengan berbagai jarak kendali, mulai dari 1 meter hingga 10 meter. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jangkauan kendali alat deteksi pergerakan tanah melalui aplikasi Blynk. Pada

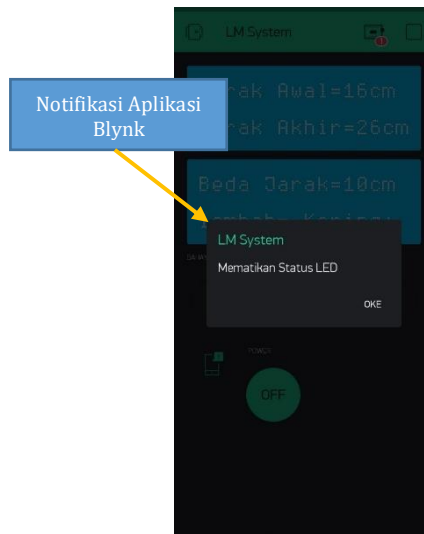
pengujian dengan jarak 1-5 meter, ketika tombol virtual pada aplikasi Blynk disentuh, perangkat akan menyala namun terdapat *delay* selama 1 detik. Pada pengujian jarak 6-8 meter, ketika tombol virtual, perangkat menyala namun terdapat *delay* 2 detik. Pada pengujian dengan jarak 9-10 meter, ketika tombol virtual disentuh, perangkat menyala namun terdapat *delay* 3 detik. Hal ini disebabkan adanya halangan seperti dinding rumah atau karena sinyal *smartphone* yang tidak dapat menjangkau sistem. Hasil pengujian tombol virtual pada *smartphone* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Hasil Pengujian Sistem Kendali

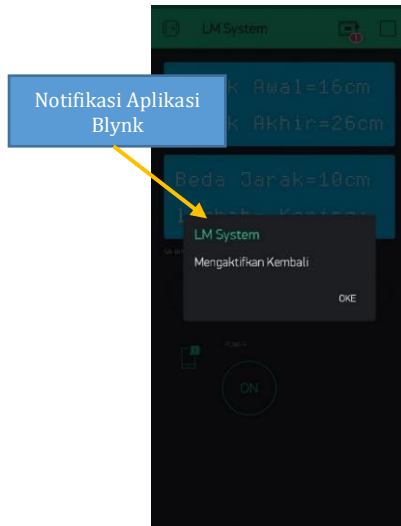
No	Jarak (m)	Kondisi LED	Keterangan
1	1	Hidup	Delay 1 detik
2	2	Hidup	Delay 1 detik
3	3	Hidup	Delay 1 detik
4	4	Hidup	Delay 1 detik
5	5	Hidup	Delay 1 detik
6	6	Hidup	Delay 2 detik
7	7	Hidup	Delay 2 detik
8	8	Hidup	Delay 2 detik
9	9	Hidup	Delay 3 detik
10	10	Hidup	Delay 3 detik



Gambar 4. 11. Tampilan tombol sistem kontrol pada aplikasi Blynk



Gambar 4. 12. Notifikasi ketika status LED dimatikan



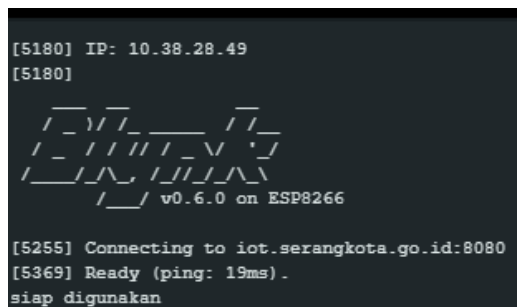
Gambar 4. 13. Notifikasi ketika sistem diaktifkan kembali

E. Hasil Pengujian Komunikasi Data

Pengujian komunikasi data bertujuan untuk memastikan mikrokontroler NodeMCU dapat terhubung ke jaringan *WiFi*. Pengujian mikrokontroler NodeMCU pada modul ESP8266 di konfigurasi agar dapat menampilkan hasil percobaan saat terhubung dengan jaringan *WiFi*. Selain itu, modul juga diprogram untuk menampilkan *Internet Protocol Address (IP Address)* sebagai identifikasi numerik dalam sistem. Selanjutnya NodeMCU akan terhubung ke *server Blynk* sehingga data yang dirposes oleh mikrokontroler

dapat diakses melalui aplikasi Blynk untuk keperluan pemantauan, pengendalian, dan penyimpanan data. Dalam pengujian ini NodeMCU dihubungkan ke komputer atau laptop yang telah terinstal Arduino IDE. Dalam Arduino IDE perlu menginstal *library* Blynk untuk pengujian ini.

Program komunikasi data diunggah ke mikrokontroler NodeMCU untuk memeriksa hasil komunikasi dan fungsi *library* Blynk. Buka serial monitor di Arduino IDE, pastikan *WiFi* dengan SSID dan kata sandi yang telah disesuaikan dengan program yang diunggah pada NodeMCU telah aktif. Program yang diunggah pada NodeMCU menggunakan *SSID WiFi* "UIN_Walisongo-AX" tanpa kata sandi, sehingga pada *variable password* cukup dengan mengisi tanda petik kosong ("").

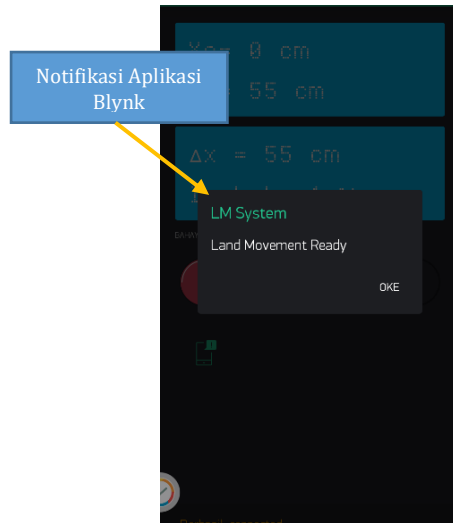


```
[5180] IP: 10.38.28.49
[5180]

  _ _ _ _ _
 / _ \ / _ \ / _ \ / _ \
/_ _ \/_ _ \/_ _ \/_ _ \
  _ _ \ v0.6.0 on ESP8266

[5255] Connecting to iot.serangkota.go.id:8080
[5369] Ready (ping: 19ms).
siap digunakan
```

Gambar 4. 14. Serial monitor pengujian komunikasi data



Gambar 4. 15. Notifikasi sistem telah tersambung pada server Blynk dan jaringan *WiFi*

Gambar 4.14 merupakan notifikasi “*Land Movement Ready*” pada aplikasi Blynk menunjukkan bahwa komunikasi serial antara modul ESP8266 dan *server* Blynk berjalan dengan baik. Tampilan pengujian data pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa Blynk berhasil terhubung ke *WiFi* “UIN_Walisongo-AX” dengan alamat IP 10.38.28.49 dan berhasil juga terhubung ke *server* “iot.serangkota.go.id” menggunakan *port* 8080 dengan *ping* 19ms. Berikut adalah tampilan pada serial monitor yang

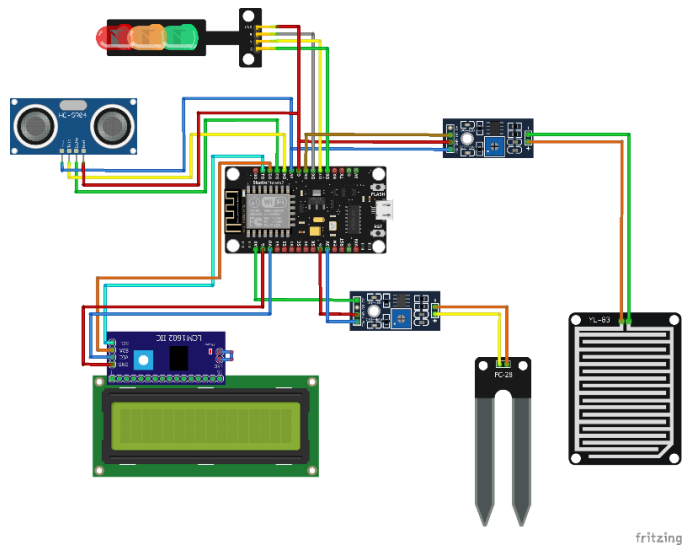
menampilkan hasil komunikasi antara Blynk dan mikrokontroler NodeMCU.

F. Hasil Perancangan Pengujian Prototipe Sistem Deteksi Potensi Pergerakan Tanah Longsor Secara Keseluruhan

Pengujian total sistem prototipe deteksi pergerakan tanah longsor dilakukan dengan mengevaluasi hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *soil moisture*, sensor *rain drop*, indikator *LED*, dan pembacaan sensor yang ditampilkan di aplikasi Blynk. Pengujian keseluruhan ini dilakukan berdasarkan dua kondisi, yaitu saat tanah dalam keadaan kering dan basah. Kondisi kering berarti simulasi tanah belum diberikan perlakuan guyuran air, sedangkan kondisi basah diperoleh dengan menyiramkan air sebanyak 30 ml hingga setiap variasi kategori kelembaban terdeteksi oleh sistem. Gambar 4.16 menunjukkan rangkaian lengkap sistem pada alat deteksi pergerakan tanah berbasis *Internet of Things*.

Pada sistem deteksi pergerakan tanah yang dibangun menerapkan kategori bahaya untuk mengelompokkan kondisi tanah yang terdeteksi, yaitu “aman”, “waspada”, dan “bahaya” yang ditampilkan

pada layar *LCD* dan juga aplikasi blynk (Fitriani *et al.*, 2019). Kategori ini ditampilkan dengan perbedaan warna *LED* pada alat sistem deteksi pergerakan tanah dan layar aplikasi blynk. Klasifikasi ini didasarkan pada intensitas pergerakan tanah yang dideteksi oleh sensor ultrasonik dan kelembaban tanah yang terdeteksi oleh sensor *soil moisture*.



Gambar 4. 16. Rangkaian keseluruhan sistem prototipe deteksi pergerakan tanah

Ketika kondisi tanah dianggap “aman” akan menunjukkan bahwa tidak ada tanda-tanda

pergerakan tanah yang signifikan terdeteksi atau setara dengan pergerakan tanah kurang dari 4 cm dari posisi awal dalam kondisi tanah kering ditandai dengan warna hijau. Dalam penelitian oleh Fitriani et al (2019), kondisi “aman” didefinisikan sebagai pergerakan tanah kurang dari 1 cm.

Saat kondisi tanah diklasifikasikan sebagai “waspada” akan mengindikasikan adanya perubahan kecil dalam stabilitas tanah yang mungkin menyebabkan pergerakan tanah lebih lanjut. Rentang nilai pergerakan dalam kategori “waspada” adalah 5-6 cm atau menunjukkan kelembaban tanah basah, ditandai dengan warna kuning. Penelitian yang dilakukan oleh Fitriani et al (2019) memiliki nilai pergerakan tanah 2-3 cm dalam kondisi “waspada”.

Sementara itu, kategori “bahaya” menunjukkan adanya pergerakan tanah yang signifikan atau potensi bahaya yang tinggi. Tingkat “bahaya” memerlukan tindakan pengamanan atau evakuasi segera dengan pergerakan tanah lebih dari 6 cm atau menunjukkan kelembaban tanah yang sangat basah, ditandai dengan warna merah. Penelitian oleh Fitriani et al (2019) menunjukkan pergerakan tanah sebesar 3 cm dalam kategori “bahaya”.

Pada Tabel 4.5 hasil pengujian dari alat deteksi pergerakan tanah secara keseluruhan menunjukkan tiga kondisi status yang dipengaruhi oleh adanya hujan pada tanah simulasi, kelembaban tanah, serta perbedaan jarak awal dan akhir setelah objek pemantul digeser. Jarak awal ditetapkan pada 14 cm di setiap pengambilan data dan objek pemantul digeser sejauh 3 cm hingga 9 cm yang akan didefinisikan sebagai perbedaan jarak. Data diambil sebanyak mungkin hingga mendapatkan nilai yang stabil, kemudian dipilih 15 data yang nilainya mendekati nilai alat pembanding berupa mistar maupun alat *Survey Soil Instrument 4 in 1* dengan jeda setiap pengambilan data sebesar 6,5 detik.



Gambar 4. 17. Slide ke-1 pada pengujian keadaan aman dan kelembaban tanah kering

Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

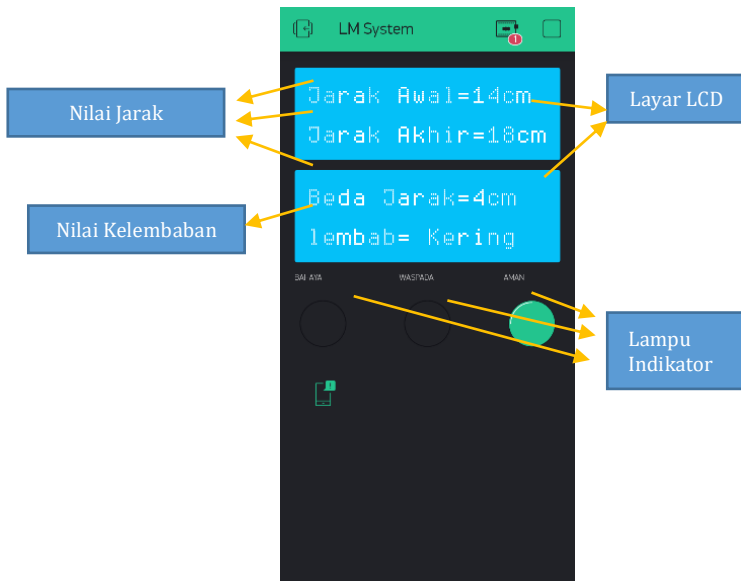
No	Kelembaban Tanah	Notifikasi Hujan	Jarak Awal (cm)	Jarak Akhir (cm)	Beda Jarak (cm)	Warna Status
1	Kering+	Tidak Ada	14	18	4	Aman
2	Kering+	Tidak Ada	14	20	6	Waspada
3	Kering+	Tidak Ada	14	23	9	Bahaya
4	Kering	Tidak Ada	14	18	4	Aman
5	Kering	Tidak Ada	14	20	6	Waspada
6	Kering	Tidak Ada	14	22	8	Bahaya
7	Normal	Tidak Ada	14	18	4	Aman
8	Normal	Tidak Ada	14	20	6	Waspada
9	Normal	Tidak Ada	14	22	8	Bahaya
10	Basah	Hujan	14	18	4	Waspada
11	Basah	Hujan	14	20	6	Waspada
12	Basah	Hujan	14	22	8	Bahaya
13	Basah+	Hujan	14	17	3	Bahaya
14	Basah+	Hujan	14	20	6	Bahaya
15	Basah+	Hujan	14	21	7	Bahaya



Gambar 4. 18. Slide ke-2 pada pengujian keadaan aman dan kelembaban tanah kering

Pada kondisi tanah kering yang dikategorikan oleh sistem sebagai kelembaban kering+, kering, dan

normal, objek pemantul digeser dari 14 cm menjadi 18 cm menimbulkan pergerakan tanah sejauh 4 cm. Dalam kondisi ini, lampu indikator *LED* menampilkan warna hijau. Indikator yang sama juga akan ditampilkan pada aplikasi Blynk, menandakan bahwa kondisi masih dalam keadaan aman. Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 menunjukkan pengujian pada tanah kondisi kering yang menampilkan status dalam keadaan aman pada *LED* alat deteksi pergerakan tanah dan Gambar 4.19 tampilan status aman pada aplikasi Blynk.



Gambar 4. 19. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan aman dan kelembaban tanah kering

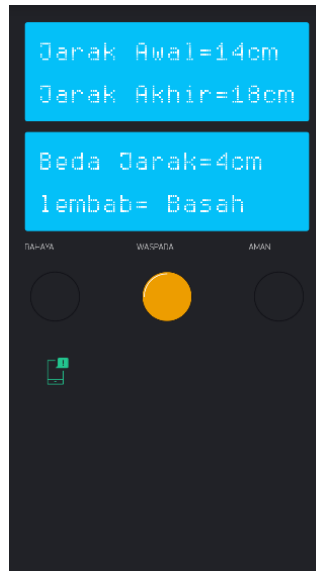
Berbeda dengan kondisi tanah basah yang dideteksi oleh sistem dengan tingkat kelembaban tanah basah dan basah+. Pada kondisi ini, tanah telah diguyur air sehingga alat mendeteksi hujan dan mengirimkan notifikasi pada aplikasi Blynk. Objek pemantul digeser hingga menghasilkan perbedaan jarak di bawah 5 cm. Lampu indikator *LED* akan menyala kuning ketika kelembaban tanah berada pada kondisi basah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.20 dan 4.21 di sistem, serta Gambar 4.22 di aplikasi Blynk. Sementara itu, indikator berwarna merah akan menyala saat kelembaban tanah mencapai kondisi basah+ seperti terlihat pada Gambar 4.23 dan 4.24 di sistem dan Gambar 4.25 di aplikasi Blynk. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi tanah akan mengalami pergerakan tanah dalam beberapa waktu ke depan dan perlu adanya tindakan lebih lanjut.



Gambar 4. 20. Slide ke-1 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah



Gambar 4. 21. Slide ke-2 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah



Gambar 4. 22. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah



Gambar 4. 23. Slide ke-1 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+



Gambar 4. 24. Slide ke-2 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menggeser objek pemantul dari jarak awal 14 cm menjadi 20 cm sehingga pergerakan tanah terdeteksi sejauh 6 cm. Pada kondisi kelembaban tanah kering+, kering, normal, dan basah, lampu indikator *LED* akan berwarna kuning yang diartikan sebagai tingkat waspada. Hal ini terjadi karena kelembaban tanah belum mencapai tingkat sangat basah dan pergerakan tanah masih dibawah 7 cm. Gambar 4.26 dan 4.27 menunjukkan data pada sistem di mana pergerakan tanah masih berada di bawah 7 cm dan Gambar 4.28 merupakan *screenshot* pada aplikasi Blynk dalam pengambilan data yang sama.



Gambar 4. 25. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+



Gambar 4. 26. Slide ke-1 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah

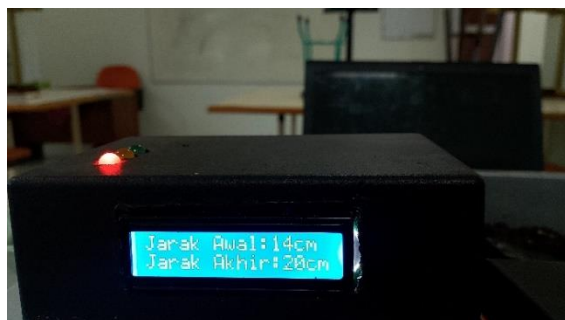


Gambar 4. 27. Slide ke-2 pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah

Pada kondisi tanah dengan kelembaban basah+ yang terbaca oleh sensor *soil moisture*, meskipun pergerakan tanah masih dibawah 7 cm, kelembaban tanah telah berada pada kondisi sangat basah. Oleh karena itu, status pada lampu indikator *LED* dan aplikasi Blynk akan menunjukkan warna merah yang menandakan bahwa kondisi tersebut dalam keadaan bahaya. Penjelasan tersebut ditampilkan pada Gambar 4.29 dan 4.30 untuk prototipe alat deteksi pergerakan tanah serta pada Gambar 4.31 yang ditunjukkan dalam aplikasi Blynk. Pada simulasi ini, tindakan cepat dari pihak terkait diperlukan untuk melakukan evakuasi segera karena pergerakan tanah akan mengarah pada bencana tanah longsor.



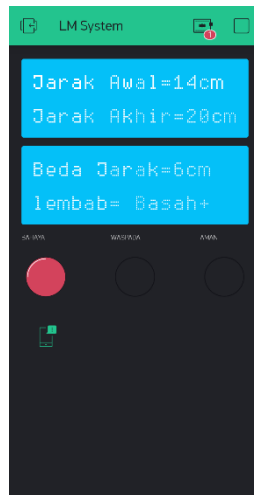
Gambar 4. 28. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan waspada dan kelembaban tanah basah



Gambar 4. 29. Slide ke-1 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+



Gambar 4. 30. Slide ke-2 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+



Gambar 4. 31. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah basah+



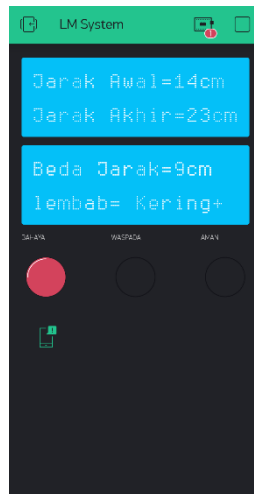
Gambar 4. 32. Slide ke-1 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah kering+

Pengambilan data berikutnya dilakukan dengan menggeser objek pemantul dari jarak awal 14 cm sejauh 21-23 cm, sehingga sensor ultrasonik mendeteksi pergerakan tanah melebihi 6 cm. Kelembaban tanah baik dalam kondisi kering hingga basah akan diartikan sebagai status bahaya karena tanah telah bergerak melebihi ambang batas dari kategori “bahaya”. Gambar 4.32 dan 4.33 menunjukkan pengambilan data saat kelembaban tanah berada pada kategori kering+ di mana tanah simulasi belum disiram dengan air namun status pada lampu LED di sistem menunjukkan warna merah. Hal ini juga terlihat pada aplikasi Blynk yang ditampilkan dalam Gambar 4.34. Dalam keadaan ini, tanah telah bergerak signifikan dan

bisa dianggap bahwa simulasi tanah telah mengalami pergerakan tanah longsor. Objek pemantul dalam kondisi ini kemungkinan besar telah terbawa ke dasar jurang.



Gambar 4. 33. Slide ke-2 pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah kering+



Gambar 4. 34. Notifikasi Blynk pada pengujian keadaan bahaya dan kelembaban tanah kering+

Alat telah bekerja sesuai dengan yang dirancang di mana pergerakan tanah dianggap “aman” ketika sensor ultrasonik mendeteksi pergerakan objek pantul kurang dari 4 cm. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi pergerakan tanah lebih dari 4 cm tetapi kurang dari 6 cm, kondisi tersebut diartikan sebagai “waspada”. Jika pergerakan tanah melebihi 6 cm dari posisi awal, kondisi tersebut diartikan sebagai “bahaya”. Setelah melakukan pengujian, perbedaan utama antara sistem Fitriani dan penelitian ini terletak pada rentang pengukurannya. Namun, jika ambang batas jarak yang digunakan sama, maka kedua sistem akan menghasilkan tingkat bahaya yang setara.

Kelembaban tanah akan dianggap “aman” ketika sensor *soil moisture* mendeteksi kelembaban pada tingkat kering+, kering, dan normal. Ketika sensor mendeteksi kelembaban yang signifikan pada kondisi basah, sistem akan mengklasifikasikan kondisi tersebut sebagai “waspada” Kondisi dianggap “bahaya” ketika kelembaban tanah mencapai kategori basah+.

Sensor *rain drop* akan mendeteksi kondisi hujan yang kemudian mempengaruhi tingkat kelembaban tanah di sekitar area simulasi. Ketika sensor mendeteksi hujan, hal ini akan membuat tanah

lebih mudah bergerak ke bawah sehingga meningkatkan risiko tanah longsor. Terjadinya tanah longsor bergantung pada beban yang ada pada tanah termasuk air hujan. Kondisi tanah yang basah dan mendekati bidang gelincir akan memudahkan pergerakan tanah.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi pergerakan tanah yang dirancang telah berfungsi dengan baik. Sistem ini mampu mendeteksi pergeseran tanah dalam tiga kategori yaitu “aman” pada pergeseran kurang dari 4 cm, “waspada” antara 5-6 cm, dan “bahaya” lebih dari 7cm. Sistem juga dapat mendeteksi kelembaban tanah dalam tiga kategori, yaitu “aman” dengan level kering+, kering dan normal. Kategori “waspada” pada level basah, sedangkan “bahaya” pada level basah+. Sensor *rain drop* mendeteksi hujan di sekitar area yang dapat membantu memprediksi pergerakan tanah saat hujan.
2. Kinerja alat deteksi pergerakan tanah secara keseluruhan menunjukkan bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Sensor ultrasonik HC-SR04 mencapai akurasi 100%, sensor *soil moisture* 100% dan sensor *rain drop* 100%. Lampu indikator *LED* pada alat deteksi pergerakan

tanah dan aplikasi Blynk berfungsi dengan baik dan menampilkan warna yang sama.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran disampaikan untuk pengembangan lebih lanjut guna mendapatkan hasil yang lebih maksimal, yaitu:

1. Sensor pada alat deteksi pergerakan tanah dapat dilengkapi dengan jenis sensor lain agar dapat lebih optimal dalam mendeteksi berbagai kondisi. Misalnya penambahan sensor *inclinometer* atau *accelerometer* untuk mendeteksi kemiringan tanah, sensor tekanan untuk mengukur beban pada tanah seperti sensor tekanan *piezoresistive*, sensor *rain gauge* untuk mendapatkan curah hujan.
2. Mengintegrasikan alat dengan data cuaca eksternal dan sistem informasi geografis (GIS) untuk memberikan analisis lebih mendalam mengenai potensi tanah longsor berdasarkan kondisi cuaca dan topografi.
3. Mengembangkan sistem komunikasi yang lebih kuat dan memiliki jangkauan lebih luas seperti penggunaan teknologi *LoRa (Long Range)* atau *mesh network* untuk memastikan alat dapat mengirim data dari lokasi terpencil.

4. Membuat aplikasi *mobile* atau menyajikan data melalui *website* yang lebih interaktif dan *user-friendly* untuk memudahkan warga dan pihak berwenang dalam memonitoring kondisi tanah secara *real-time* serta menerima peringatan dini.
5. Menjalinkan kolaborasi dengan berbagai disiplin ilmu seperti geologi, klimatologi, Teknik sipil, dan informatika untuk menghasilkan solusi yang lebih komprehensif dan efektif dalam mitigasi risiko tanah longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A.W., Ichwana, A.N., Randongkir, R.E. and Septian, R.T. (2016) *RBI Risiko Bencana Indonesia*.
- Budiman, F., Susanto, E., Mukhtar, H., Perdana, D., Pamungkas, Y.A. and Yakobus, Y.K. (2020) 'Sistem pemantauan tanah longsor berdasarkan laju adsorpsi air pada tanah menggunakan sensor kelembapan, kemiringan, dan suhu', 8(June), pp. 255–262. Available at: <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13591>.
- Dasmaseila, C.R.C., Sembiring, I. and Purnomo, H.D. (2020) 'Sistem Peringatan Dini Rawan Bencana Longsor Di Kota Ambon menggunakan IoT', *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 10(2), pp. 220–227. Available at: <https://doi.org/10.21456/vol10iss2pp220-227>.
- Dewi, N.H.L., Rohmah, M.F. and Zahara, S. (2019) 'Prototype Smart Home Dengan Modul NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet Of Things (IOT)'.
- ElectronicWings. *Soil Moisture Sensor Interfacing with Arduino UNO*. Diunduh di <https://www.electronicwings.com/arduino/soil-moisture-sensor-interfacing-with-arduino-uno> diakses 29 November 2023.
- Fatiatun, Firdaus, Jumini, S. and Prasetya Adi, N. (2019) 'Analisis Bencana Tanah Longsor Serta Mitigasinya', *Jurnal Kajian Pendidikan Sains* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.32699/spektra.v5vi2i.113>.
- Fitriani, P.N., Lestari, K.D., Pratama, H.D. and Madlazim (2019) 'Rancang Bangun Prototipe Deteksi Dini Tanah Longsor Berbasis Double Sensor', 08, pp. 50–58.
- Huda, A.K. (2021) *Rancang Bangun Monitoring Kemiringan Gedung Dan Penurunan Tanah Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbasis Internet Of Things (IOT)*. Semarang.

- IOTkece. 2022. *Cara kerja Sensor Ultrasonik (Sensor jarak)*. Diunduh di <https://iotkece.com/cara-kerja-sensor-ultrasonic-sensor-jarak> diakses 29 November 2023.
- Jayanti, T.A.D., Sudarmanto, A. and Faqih, M.I. (2020) 'Cold Smoking Equipment Design of Smoked Fish Products with Closed Circulation Using Temperature and Concentration Monitoring System Based on Arduino Uno', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Institute of Physics Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/846/1/012025>.
- Khadri, D., Razi, F. and Fauziah, A. (2021) 'Perancangan Prototype Pendeteksi Level Air dan Curah Hujan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis Arduino Wemos', *Jurnal Tekro*, 05(02). Available at: <http://www.PhPMYAdmin.net>.
- Leksono, J.W., Indahwati, E., Yanuansa, N., Ummah, I. and K.W, H. (2019) 'Modul Belajar Arduino Uno'.
- Manullang, A.B.P., Saragih, Y. and Hidayat, R. (2021) *Implementasi Nodemcu ESP8266 Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis IoT, Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*. Available at: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jireISSN.2620-6900>.
- Muchlian, M., Honesti, L. and Roza, D.A. (2022) *Analisis Trend Risiko Bencana Tanah Longsor di Indonesia*. Padang.
- Nandi (2007) 'Longsor', *Jurusan Pendidikan Geografi FPIPS - UPI*, pp. 2–45.
- Naryanto, H.S., Soewandita, H., Ganesha, D., Prawiradisastra, F. and Kristijono, A. (2019) 'Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), pp. 272–282. Available at:

- <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.272-282>.
- Paimin, Sukresno and Pramono, I.B. (2009) *Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor*. Tropenbos International Indonesia Programme (2009). Available at: www.tropenbos.org.
- Puspasari, F., Fahrurrozi, I., Satya, T.P., Setyawan, G., Al Fauzan, M.R. and Admoko, E.M.D. (2019) 'Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian', *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(2), pp. 36–39. Available at: <https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4393>.
- Ramadhani, M.N. (2021) 'Real Laboratory Praktikum Koefisien Muai Panjang Berbasis Internet Of Things Dan Aplikasi Android'.
- Sasmoko, D. (2021) *Arduino Dan Sensor Pada Project Arduino DIY*. Edited by I.A. Dianta. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik.
- Somantri, L. (2014) *Kajian Mitigasi Bencana Longsor Lahan Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh*. Padang.
- Sudarmanto, A., Khalif, M.A. and Huda, A.K. (2023) 'Detection of building slope and land subsidence using ultrasonic HC-SR04 sensors based Arduino Uno R3 and Blynk', in *The 3rd International Confrence On Science, Mathematics, Environment, And Education: Flexibility in Research and Innovation on Science, Mathematics, Environment, and Education For Sustainable Development*. AIP Publishing, p. 100004. Available at: <https://doi.org/10.1063/5.0125207>.
- Suhaeb, S., Abd Djawad, Y., Jaya, H., Ridwansyah, Sabran and Risal, A. (2017) *Mikrokontroler Dan Intrface*.
- Sulistiyanti, S.R., Purwiyanti, S. and Pauzi, G.A. (2020) 'Sensor & Prinsip Kerjanya'.
- Verdi, V.V., Sarwoko, M. and Kurniawan, E. (2015) *Desain Dan Implementasi Sistem Pengukuran Kelembapan Tanah*

Menggunakan SMS Gateway Berbasis Arduino.

- Wardana, D.P.T., Ramdani, F. and Pradana, F. (2018) 'Sistem Deteksi Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis 3D WebGIS', *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(3), pp. 1142–1150.
- Wibowo, I.S., Ciptadi, P.W. and Hardyanto, R.H. (2019) 'Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Menggunakan Sensor Accelerometer dan Sensor Soil Moisture Berbasis Android', pp. 164–169.
- Widodo, A. and Sumaedi, A. (2023) 'Prototipe Deteksi Hujan Berbasis Arduino Uno Menggunakan Rain Drop Sensor Module', *Jurnal Teknik Informatika STMIK Antar Bangsa*, 9(1).
- Wisnurat. 2020. *Arsitektur NodeMCU ESP8266 GPIO*. Diunduh di <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/> diakses 29 November 2023.

Lampiran 1. *Source Code* Sistem prototipe Alat Deteksi Pergerakan Tanah

```
// Libraries
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Pin Definitions
#define BLYNK_PRINT Serial
#define ECHO_PIN D3           // trigger pin of
the ultrasonic sensor
#define TRIG_PIN D4           // echo pin of the
ultrasonic sensor
#define RAIN_SENSOR_PIN D5    // raindrop sensor
pin
#define LED_RED_PIN D6        // LED red pin
(bahaya)
#define LED_YELLOW_PIN D7     // LED yellow pin
(waspada)
#define LED_GREEN_PIN D8      // LED green pin
(aman)
// scl d1 (LCD)
// sda d2 (LCD)
// Blynk Setup
BlynkTimer timer;
WidgetLED led1(V6);
WidgetLED led2(V7);
WidgetLED led3(V8);
// LCD Setup
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //
Default address 0x27
// Blynk Authentication and WiFi Credentials
char auth[] =
"BmNHeCm3Rsia6ZL7dQwpNo_Rg5zSDgBJ";
// WiFi 1
// char ssid[] = "UIN_Walisongo-AX";
// char pass[] = "";
// WiFi 2
```

```

char ssid[] = "realme_C53";
char pass[] = "12345678";
// Sensor Variables
long pulseDuration;
int currentDistance;
int deltaDistance;
int rainStatus;
int humidityValue;
int previousDistance = 0;
const int thresholdDistance = 5;
// Threshold
const int distanceThresholdSafe = 2;
const int distanceThresholdWarning = 4;
const int distanceThresholdDanger = 6;
const int humidityThresholdSafe = 612;
const int humidityThresholdWarning = 408;
const int humidityThresholdDanger = 254;
bool systemEnabled = true;
// Setup Function
void setup() {
    // Start Serial Communication
    Serial.begin(9600);
    // Initialize Sensor Pins
    pinMode(RAIN_SENSOR_PIN, INPUT);
    pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
    pinMode(LED_RED_PIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_YELLOW_PIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_GREEN_PIN, OUTPUT);
    // Initialize LCD Screen
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    // Scroll LCD to left
    lcd.home();
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("-deteksi pergerakan tanah-");
}

```

```

    for (int j = 1; j <= 25; j++) {
        lcd.scrollDisplayLeft();
        delay(500);
    }
    // Connect to Blynk
    Blynk.begin(auth, ssid, pass,
"iot.serangkota.go.id", 8080);
    Serial.println("sistem siap digunakan");
    Blynk.notify("Land Movement Ready");
}
// control system
BLYNK_WRITE(V10) {
    int pinValue = param.asInt();
    if(pinValue == HIGH) {
        Serial.println("Tombol ditekan, mematikan
semua system");
        Blynk.notify("Mematikan Status LED");
        systemEnabled = false;
        turnOffAllLEDs();
    } else {
        Serial.println("Tombol dilepas,
mengaktifkan kembali system");
        Blynk.notify("Mengaktifkan Kembali");
        systemEnabled = true;
        resetSystem();
    }
}
// Loop Function
void loop() {
    if(systemEnabled) {
        sendSensor();
    }
    Blynk.run();
    timer.run();
}
// Function to Read and Send Sensor Data
void sendSensor() {
    if (!systemEnabled) return;

```

```

    // Read humidity from analog pin A0
    humidityValue = analogRead(A0);
    float voltage = humidityValue * (5.0 /
1023.0);
    // Read Raindrop Sensor
    rainStatus = digitalRead(RAIN_SENSOR_PIN);
    // Trigger Ultrasonic Sensor
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    // Measure Pulse Duration
    pulseDuration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
    currentDistance = pulseDuration * 0.034 / 2;
    currentDistance = max(currentDistance, 0);
    Serial.println("==== =====");
    Serial.print("Status Hujan : ");
    Serial.println((rainStatus == 0) ? "Ya" :
"Tidak");
    Serial.print("Jarak Awal: ");
    Serial.print(previousDistance);
    Serial.println(" cm");
    Serial.print("Jarak Akhir: ");
    Serial.print(currentDistance);
    Serial.println(" cm");
    deltaDistance = currentDistance -
previousDistance;
    // function abs
    deltaDistance = abs(deltaDistance);
    Serial.print("Beda Jarak: ");
    Serial.print(deltaDistance);
    Serial.println(" cm");
    // Display on LCD
    // Display 1
    lcd.home();
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);

```

```

lcd.print("Jarak Awal:");
lcd.print(previousDistance);
lcd.print("cm");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Jarak Akhir:");
lcd.print(currentDistance);
lcd.print("cm");
delay(3500);
if(!systemEnabled) return;
// Display 2
lcd.home();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Beda Jarak:");
lcd.print(deltaDistance);
lcd.print("cm");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Lembab:");
Serial.print("Lembab: ");
// Moisture Category
if (humidityValue >= 816) {
    Serial.println("Kering+");
    lcd.print("Kering+");
    Blynk.virtualWrite(V4, "Kering+");
} else if (humidityValue >= 612) {
    Serial.println("Kering");
    lcd.print("Kering");
    Blynk.virtualWrite(V4, "Kering");
} else if (humidityValue >= 408) {
    Serial.println("Normal");
    lcd.print("Normal");
    Blynk.virtualWrite(V4, "Normal");
} else if (humidityValue >= 254) {
    Serial.println("Basah");
    lcd.print("Basah");
    Blynk.virtualWrite(V4, "Basah");
} else if (humidityValue >= 0) {
    Serial.println("Basah+");

```

```

        lcd.print("Basah+");
        Blynk.virtualWrite(V4, "Basah+");
    } else {
        Serial.println("Sensor tidak terbaca");
    }
    if(!systemEnabled) return;
    // Send sensor data to Blynk app
    Blynk.virtualWrite(V1, previousDistance);
    Blynk.virtualWrite(V2, currentDistance);
    Blynk.virtualWrite(V3, deltaDistance);
    Blynk.virtualWrite(V5, rainStatus);
    if (deltaDistance > 5) {
        Serial.println("Perubahan jarak yang signifikan terdeteksi!");
    }
    previousDistance = currentDistance;
    // System Algorithm
    if (rainStatus == 0) {
        Serial.println("Status hujan dikirim!");
        Blynk.notify("Status: Hujan");
    }
    if(!systemEnabled) return;
    if (humidityValue < humidityThresholdDanger
|| deltaDistance > distanceThresholdDanger) {
        Serial.println("Status: Bahaya");
        setDangerLEDs();
    } else if (humidityValue <
humidityThresholdWarning || deltaDistance >
distanceThresholdWarning) {
        Serial.println("Status: Waspada");
        setWarningLEDs();
    } else if (humidityValue <
humidityThresholdSafe || deltaDistance >
distanceThresholdSafe) {
        Serial.println("Status: Aman");
        setSafeLEDs();
    } else {

```

```

        Serial.println("Status: System Still
Working");
        turnOffAllLEDs();
    }
    delay(3000);
}
// Function to reset system state
void resetSystem() {
    // Reset variables and sytem state
    previousDistance = 0;
    currentDistance = 0;
    deltaDistance = 0;
    humidityValue = 0;
    rainStatus = 0;
    Serial.println("Sistem telah direset");
}
// Turn off all LEDs
void turnOffAllLEDs() {
    led1.off();
    led2.off();
    led3.off();
    digitalWrite(LED_RED_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_GREEN_PIN, LOW);
}
// Turn on the green LED
void setSafeLEDs() {
    if(!systemEnabled) return;
    led1.off();
    led2.off();
    led3.on();
    digitalWrite(LED_RED_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_GREEN_PIN, HIGH);
}
// Turn on the yellow LED
void setWarningLEDs() {
    if(!systemEnabled) return;

```

```

    led1.off();
    led2.on();
    led3.off();
    digitalWrite(LED_RED_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, HIGH);
    digitalWrite(LED_GREEN_PIN, LOW);
}
// Turn on the red LED
void setDangerLEDs() {
    if(!systemEnabled) return;
    led1.on();
    led2.off();
    led3.off();
    digitalWrite(LED_RED_PIN, HIGH);
    digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_GREEN_PIN, LOW);
}

```

Lampiran 2. Datasheet Sensor

HC-SR04 Ultrasonic Sensor

Elijah J. Morgan

Nov. 16 2014

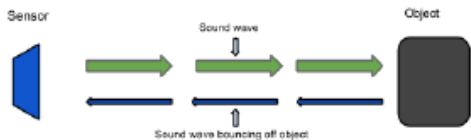
The purpose of this file is to explain how the HC-SR04 works. It will give a brief explanation of how ultrasonic sensors work in general. It will also explain how to wire the sensor up to a microcontroller and how to take/interpret readings. It will also discuss some sources of errors and bad readings.

1. How Ultrasonic Sensors Work
2. HC-SR04 Specifications
3. Timing chart, Pin explanations and Taking Distance Measurements
4. Wiring HC-SR04 with a microcontroller
5. Errors and Bad Readings



1. How Ultrasonic Sensors Work

Ultrasonic sensors use sound to determine the distance between the sensor and the closest object in its path. How do ultrasonic sensors do this? Ultrasonic sensors are essentially sound sensors, but they operate at a frequency above human hearing.



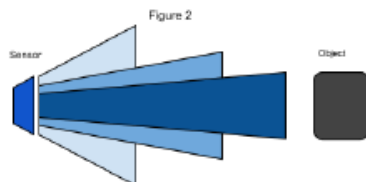
The sensor sends out a sound wave at a specific frequency. It then listens for that specific sound wave to bounce off of an object and come back (Figure 1). The sensor keeps track of the time between sending the sound wave and the sound wave returning. If you know how fast something is going and how long it is traveling you can find the distance traveled with equation 1.

Equation 1. $d = v \times t$

The speed of sound can be calculated based on the a variety of atmospheric conditions, including temperature, humidity and pressure. Actually calculating the distance will be shown later on in this document.

It should be noted that ultrasonic sensors have a cone of detection, the angle of this cone varies with distance, Figure 2 show this relation. The ability of a sensor to

detect an object also depends on the objects orientation to the sensor. If an object doesn't present a flat surface to the sensor then it is possible the sound wave will bounce off the object in a way that it does not return to the sensor.



2. HC-SR04 Specifications

The sensor chosen for the Firefighting Drone Project was the HC-SR04. This section contains the specifications and why they are important to the sensor module. The sensor modules requirements are as follows.

- Cost
- Weight
- Community of hobbyists and support
- Accuracy of object detection
- Probability of working in a smoky environment
- Ease of use

The HC-SR04 Specifications are listed below. These specifications are from the Cytron Technologies HC-SR04 User's Manual (source 1).

- Power Supply: +5V DC
- Quiescent Current: <2mA
- Working current: 15mA
- Effectual Angle: <15°
- Ranging Distance: 2-400 cm
- Resolution: 0.3 cm
- Measuring Angle: 30°
- Trigger Input Pulse width: 10uS
- Dimension: 45mm x 20mm x 15mm
- Weight: approx. 10 g

The HC-SR04's best selling point is its price; it can be purchased at around \$2 per unit.

3. Timing Chart and Pin Explanations

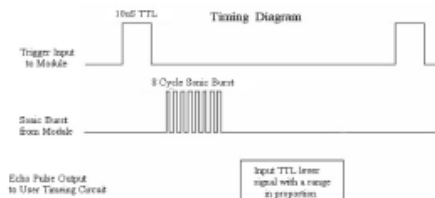
The HC-SR04 has four pins, VCC, GND, TRIG and ECHO; these pins all have different functions. The VCC and GND pins are the simplest -- they power the HC-SR04. These pins need to be attached to a +5 volt source and ground respectively. There is a single control pin: the TRIG pin. The TRIG pin is responsible for sending the ultrasonic burst. This pin should be set to HIGH for 10 μ s, at which point the HC-SR04 will send out an eight cycle sonic burst at 40 kHz. After a sonic burst has been sent the ECHO pin will go HIGH. The ECHO pin is the data pin -- it is used in taking distance measurements. After an ultrasonic burst is sent the pin will go HIGH, it will stay high until an ultrasonic burst is detected back, at which point it will go LOW.

Taking Distance Measurements

The HC-SR04 can be triggered to send out an ultrasonic burst by setting the TRIG pin to HIGH. Once the burst is sent the ECHO pin will automatically go HIGH. This pin will remain HIGH until the burst hits the sensor again. You can calculate the distance to the object by keeping track of how long the ECHO pin stays HIGH. The time ECHO stays HIGH is the time the burst spent traveling. Using this measurement in equation 1 along with the speed of sound will yield the distance travelled. A summary of this is listed below, along with a visual representation in Figure 2.

1. Set TRIG to HIGH
2. Set a timer when ECHO goes to HIGH
3. Keep the timer running until ECHO goes to LOW
4. Save that time
5. Use equation 1 to determine the distance travelled

Figure 3
Source 2



Source 2

To interpret the time reading into a distance you need to change equation 1. The clock on the device you are using will probably count in microseconds or smaller. To use equation 1 the speed of sound needs to be determined, which is 343 meters per second at standard temperature and pressure. To convert this into more useful form use equation 2 to change from meters per second to microseconds per centimeter. Then equation 3 can be used to easily compute the distance in centimeters.

$$\text{Equation 2. Distance} = \frac{\text{Speed}}{100.15 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ Meter}}{100 \text{ cm}} \times \frac{1 \mu\text{s}}{100.15 \text{ m}} \times \frac{28,772 \mu\text{s}}{\text{cm}}$$

$$\text{Equation 3. Distance} = \frac{\text{time}}{58} = \frac{\mu\text{s}}{\mu\text{s/cm}} = \text{cm}$$

4. Wiring the HC-SR04 to a Microcontroller

This section only covers the hardware side. For information on how to integrate the software side, look at one of the links below or look into the specific microcontroller you are using.

The HC-SR04 has 4 pins: VCC, GND, TRIG and ECHO.

1. VCC is a 5v power supply. This should come from the microcontroller.
2. GND is a ground pin. Attach to ground on the microcontroller.
3. TRIG should be attached to a GPIO pin that can be set to HIGH.
4. ECHO is a little more difficult. The HC-SR04 outputs 5v, which could destroy many microcontroller GPIO pins (the maximum allowed voltage varies). In order to step down the voltage use a single resistor or a voltage divider circuit. Once again this depends on the specific microcontroller you are using, you will need to find out its GPIO maximum voltage and make sure you are below that.

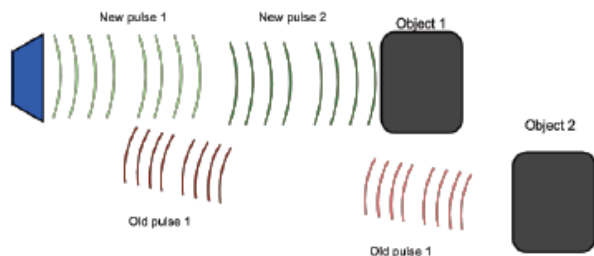


Figure 4

5. Errors and Bad Readings

Ultrasonic sensors are great sensors – they work well for many applications where other types of sensors fall short. Unfortunately, they do have weaknesses. These weaknesses can be mitigated and worked around, but first they must be understood. The

first weakness is that they use sound. There is a limit to how fast ultrasonic sensors can get distance measurements. The longer the distance, the slower they are at reporting the distance. The second weakness comes from the way sound bounces off of objects. In enclosed spaces it is possible, if not probable that there will be unintended echos. The echos can very easily cause false short readings. In Figure 2 a pulse was sent out. It bounced off of object 1 and returned to the sensor. The distance was recorded and then a new pulse was sent. There was another object farther away, so that when the new pulse reaches object 1, the first signal will reach the sensor. This will cause the sensor to think that there is an object closer than is actually true. The old pulse is smaller than the new pulse because it has grown weaker. The longer the pulse exists the weaker it grows until it is negligible. If multiple sensors are being used, the number of echos will increase along with the number of errors. There are two main ways to reduce the number of errors. The first is to provide shielding around the sensor. This prevents echos coming in from angle outside what the sensor should actually pick up. The second is to reduce the frequency at which pulses are sent out. This gives more time for the echos to dissipate.



Works Cited

Source 1.

"HC-SR04 User's Manual." *docs.google*. Cytron Technologies, May 2013 Web. 5 Dec. 2009.
<https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit>

Source 2.

"Attiny2313 Ultrasonic distance (HC-SR04) example." *CircuitDB*. n.a. 7 Sept. 2014 Web. 5 Dec. 2014. <<http://www.circuitdb.com/?p=1162>>

Links

These are not formatted; you will need to copy and paste them into your web browser.

Want to learn about Ultrasonic Sensors in general?

<http://www.sensorsmag.com/sensors/acoustic-ultrasound/choosing-ultrasonic-sensor-proximity-or-distance-measurement-825>

All about the HC-SR04

- <http://www.circuitdb.com/?p=1162>
- <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>
- <http://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/>
- <http://www.ezdenki.com/ultrasonic.php>
("fantastic tutorial, explains a lot of stuff")
- <http://www.electrow.com/hcsr04-ultrasonic-ranging-sensor-p-316.html>
("this one has some cool charts")



SparkFun Soil Moisture Sensor (with Screw Terminals)

SEN-13637 Open Source Hardware



Description: The SparkFun Soil Moisture Sensor is a simple breakout for measuring the moisture in soil and similar materials. The soil moisture sensor is pretty straightforward to use. The two large, exposed pads function as probes for the sensor, together acting as a variable resistor. The more water that is in the soil means the better the conductivity between the pads will be, resulting in a lower resistance and a higher SIG out. This version of the Soil Moisture Sensor includes a 3-pin screw pin terminal pre-soldered to the board for easy wiring and setup.

To get the SparkFun Soil Moisture Sensor functioning, all you will need is to connect the VCC and GND pins to your Arduino-based device (or compatible development board). You will receive a SIG out, which will depend on the amount of water in the soil. One commonly known issue with soil moisture sensors is their short lifespan when exposed to a moist environment. To combat this, we've had the PCB coated in gold finishing (ENIG, or Electroless Nickel Immersion Gold).

Note: Check the Hookup Guide below for assembly and weatherproofing instructions, as well as a simple example project that you can put together yourself!



<https://www.sparkfun.com/products/13637> 7-10-17

Capacitive Rain Sensor

THICK FILM TECHNOLOGY

CAPACITY SENSOR

P.N. 650201442G

DESCRIZIONE

AUREL ha sviluppato un sensore di pioggia capacitivo in grado di sentire la presenza di acqua sulla sua superficie.

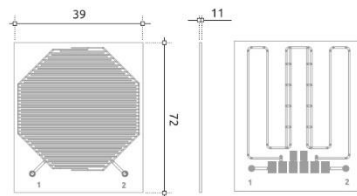
È realizzato su substrato ceramico e grazie alla sua area di sensibilità è in grado di modificare la capacità in funzione del rapporto di acqua accumulata su di esso.

DESCRIPTION

AUREL has developed a capacity sensor, component able to notice the presence of water on its surface.

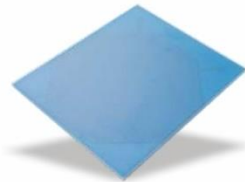
It's realized on ceramic substrate and thanks to its sensitivity area is able to change the capacity depending on the ratio water accumulated on it.

DIMENSION



TECHNICAL SPECIFICATION

Sensitive area (%water)	Capacitance (pF)	Ratio capacitance (%)
0	110 ± 15%	0
25	199	81
30	267	173
50	375	241
100	>490	>360



APPLICATIONS

- Control systems in Home automation (awnings, venetian blinds)
- Irrigation systems for agriculture & monitoring
- Weather stations
- Control systems in industrial automation

Information subject to change without notice



Lampiran 3. Hasil Turnitin

r 27-5-24 bim skripsi Bando Mega Kusuma-12-103.pdf

ORIGINALITY REPORT

23%	22%	6%	9%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	7%
2	repository.its.ac.id Internet Source	1%
3	Submitted to Universitas PGRI Semarang Student Paper	1%
4	Submitted to Academic Library Consortium Student Paper	1%
5	e-journal.stmiklombok.ac.id Internet Source	1%
6	123dok.com Internet Source	1%
7	eprints.unhasy.ac.id Internet Source	<1%
8	e-jurnal.pnl.ac.id Internet Source	<1%
9	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1%
10	repository.ub.ac.id Internet Source	<1%

11	Submitted to State Islamic University of Alauddin Makassar Student Paper	<1 %
12	jtsiskom.undip.ac.id Internet Source	<1 %
13	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
14	eprints.unugha.ac.id Internet Source	<1 %
15	1library.net Internet Source	<1 %
16	Submitted to Universitas Jember Student Paper	<1 %
17	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
18	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
19	Submitted to Universitas Merdeka Malang Student Paper	<1 %
20	Submitted to itera Student Paper	<1 %
21	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
22	www.scribd.com Internet Source	<1 %
eprints.umk.ac.id		

23	Internet Source	<1 %
24	Putri Ayu Wulandari, Phyta Rahima, Sirojul Hadi. "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things Pada Tanaman Hias Sirih Gading", Jurnal Bumigora Information Technology (BITE), 2020 Publication	<1 %
25	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sidoarjo Student Paper	<1 %
26	docplayer.info Internet Source	<1 %
27	dspace.uii.ac.id Internet Source	<1 %
28	geograf.id Internet Source	<1 %
29	Submitted to UIN Walisongo Student Paper	<1 %
30	Submitted to Federal University of Technology Student Paper	<1 %
31	Submitted to Lincoln High School Student Paper	<1 %
32	eprints.amikompurwokerto.ac.id Internet Source	<1 %

33	core.ac.uk Internet Source	<1 %
34	docobook.com Internet Source	<1 %
35	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
36	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
37	Submitted to Universitas Muhammadiyah Purwokerto Student Paper	<1 %
38	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1 %
39	garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
40	online-journal.unja.ac.id Internet Source	<1 %
41	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
42	repository.upbatam.ac.id Internet Source	<1 %
43	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
44	Submitted to Universitas Siswa Bangsa Internasional Student Paper	<1 %

45	id.wikipedia.org Internet Source	<1 %
46	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
47	Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang Student Paper	<1 %
48	Submitted to Universitas Budi Luhur Student Paper	<1 %
49	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1 %
50	apbsrilanka.org Internet Source	<1 %
51	ojs.kalbis.ac.id Internet Source	<1 %
52	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
53	infopublik.id Internet Source	<1 %
54	repositori.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
55	repository.ittelkom-pwt.ac.id Internet Source	<1 %
56	www.neliti.com Internet Source	<1 %

57	Edi Anugrah, Muhammad Hasbi, Musfirah Putri Lukman. "PENERAPAN SISTEM MONITORING DAN KENDALI PINTAR UNTUK TANAMAN TERUNG BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN METODE PENYIRAMAN IRIGASI TETES", Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer), 2021 Publication	<1 %
58	adwayyash.wordpress.com Internet Source	<1 %
59	educatinalwithptkdotnet.wordpress.com Internet Source	<1 %
60	inilahakumei.blogspot.com Internet Source	<1 %
61	maskusno.wordpress.com Internet Source	<1 %
62	toffeeev.com Internet Source	<1 %
63	www.coloradoriverrecovery.org Internet Source	<1 %
64	www.greeners.co Internet Source	<1 %
65	www.homehaven.ie Internet Source	<1 %
66	www.indonetwork.co.id Internet Source	<1 %

67 Rakhmat Sudrajat, Fahimatu Rofifah. <1 %
"Rancang Bangun Sistem Kendali Kipas
Angin dengan Sensor Suhu dan Sensor
Ultrasonik Berbasis Arduino Uno", remik,
2023
Publication

68 Rausan Fikri, Boni Pahanop Lapanporo,
Muhammad Ishak Jumarang. "Rancang
Bangun Sistem Monitoring Ketinggian
Permukaan Air Menggunakan
Mikrokontroler ATMEGA328P Berbasis Web
Service", POSITRON, 2015
Publication

69 Ridho Alamsyah, Eddy Ryansyah, Andari
Yasinta Permana, Ratna Mufidah. "SISTEM
PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY DENGAN
TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS
BERBASIS ESP8266 DAN APLIKASI BLYNK",
Jurnal Informatika dan Teknik Elektro
Terapan, 2024
Publication

70 Rival Biasrori, I Wayan Agus Arimbawa, IGP
Wirarama Wedashwara W.. "SISTEM
PENDUKUNG KEPUTUSAN KONSUMSI
LISTRIK DENGAN IMPLEMENTASI IOT DAN
FUZZY RULE MINING", Jurnal Informatika
dan Rekayasa Elektronik, 2019
Publication

Submitted to Universitas Pamulang

71

Student Paper

<1 %

72

Wahyu Apriansyah Zukri, Rigel Rigel,
Antarissubhi Antarissubhi, Adriani Adriani.
"Rancang Bangun Alat Pengisian Laddle
Nikel Matte Otomatis dengan Sensor HC-
SR 04 dan Buzzer Menggunakan
Mikrokontroler Atmega", MASALIQ, 2023

Publication

<1 %

73

bebasbanjir2025.wordpress.com

Internet Source

<1 %

74

city.seruu.com

Internet Source

<1 %

75

kiserautomotive.com

Internet Source

<1 %

76

libraryeproceeding.telkomuniversity.ac.id

Internet Source

<1 %

77

marmerbutik.com

Internet Source

<1 %

78

repository.pip-semarang.ac.id

Internet Source

<1 %

79

repository.polman-babel.ac.id

Internet Source

<1 %

80

repository.uinjkt.ac.id

Internet Source

<1 %

81

repository.umsu.ac.id

Internet Source

<1 %

82	S. Mekid, K. Chenaoua. "IoT-enabled smart mask for monitoring body parameters and location through cloud", Internet of Things, 2023 Publication	<1 %
83	belajar-mikrokontroler2017.blogspot.com Internet Source	<1 %
84	repository.unair.ac.id Internet Source	<1 %
85	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
86	widuri.raharja.info Internet Source	<1 %
87	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
88	moam.info Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup

A. Identitas Diri

Nama : Bando Mega Kusuma
Tempat, Tanggal Lahir : Bogor, 24 Oktober 1999
Alamat Rumah : Jl. Kebon Rejo Tengah No. 5 RT/RW
006/013 Kel. Kebonbatur, Kec.
Mranggen, Kab. Semarang, 59567.
No Telepon : 089677291389
E-mail : bandomega1@gmail.com

B. Riwayat Hidup

2006-2012 : MI Miftahush Shibyan 02
2012-2015 : SMP HASANUDDIN 10
2015-2018 : SMAN 10 Semarang
2019-2024 : UIN Walisongo Semarang