

Data Logger dan Web File Server Sensor Tiltmeter Untuk Pemantauan Gunung Api Berbasis ESP32

Wahyu Andrian Kusuma ^{a*}, Ahmad Izzuddin ^b, Nuzul Hikmah ^c, Iyan Mulyana ^d, Heri Kuswandarto ^e

Teknik Elektronika, Universitas Pancamarga Probolinggo, Indonesia

^{a*}wahyu.andriam.kusuma@gmail.com

^bahmad.izzuddin@upm.ac.id

^cn.hikmah1807@upm.ac.id

^diyanmulyana@gmail.com

^ekuswandarto.hery@gmail.com

Kata Kunci :

ABSTRAK

Gunung Api
Data Logger
Tiltmeter
File Server

Gunung api adalah salah satu fenomena alam yang memiliki potensi bahaya besar. Pemantauan aktivitas gunung api di Indonesia dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah dengan menggunakan sensor tiltmeter untuk mendeteksi deformasi gunung api. Keberlangsungan data adalah suatu keharusan dalam memantau aktivitas gunung api, maka ancaman dari putusnya data sebisa mungkin diminimalisir. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem data logger dan web file server berbasis ESP32 untuk sensor tiltmeter, yang dapat menyimpan data secara otomatis dan memberikan akses mudah melalui web browser. Metode yang digunakan mencakup desain dan implementasi perangkat keras dan lunak, serta pengujian sistem di lapangan dan perbandingan dengan data yang dihasilkan oleh sistem yang sudah ada sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini cukup efektif untuk mengintegrasikan data GPS untuk penandaan waktu dan koordinat, serta mengamankan data dalam format .csv di kartu SD. Sistem ini juga teruji mampu memberikan akses pengunduhan dan pengunggahan data dengan mudah, serta mampu beroperasi secara andal tanpa mengganggu sistem akuisisi data yang sudah ada. Sehingga penelitian ini mampu meningkatkan efisiensi waktu dalam pengolahan data tiltmeter mencapai 82.94% di Pos Pengamatan Gunung api Bromo.

Volcano
Data Logger
Tiltmeter
File Server

Volcanoes are one of the natural phenomena with significant potential hazards. In Indonesia, monitoring volcanic activity is conducted using various methods, one of which involves using tiltmeter sensors to detect volcanic deformation. The continuity of data is crucial in monitoring volcanic activity, making it imperative to minimize the risk of data loss. This study aims to design and

develop a data logger and web file server system based on the ESP32 for tiltmeter sensors, which can automatically store data and provide easy access through a web browser. The methods employed include the design and implementation of both hardware and software, as well as field testing and comparison with data generated by pre-existing systems. The results indicate that this system is effective in integrating GPS data for time and coordinate marking, and in securely storing data in .csv format on an SD card. The system has also been tested to provide easy data download and upload access, and it has proven to operate reliably without disrupting existing data acquisition systems. Consequently, this research has succeeded in improving time efficiency in tiltmeter data processing by 82.94% at the Bromo Volcano Observatory

1. PENDAHULUAN

Gunung api adalah lubang atau rekahan tempat keluarnya magma atau material panas ke permukaan bumi. Erupsi gunung api, selain memberikan pemandangan indah dan tanah subur, dapat menyebabkan dampak negatif seperti aliran lava, letusan piroklastik, hujan abu, dan lahar. Contoh nyata adalah erupsi Gunung Merapi tahun 2010 yang menyebabkan lebih dari 350 kematian dan kerugian material besar. Indonesia memiliki sekitar 127 gunung api, dengan 72 Pos Pengamatan Gunung api (PPGA) untuk memantau aktivitasnya, salah satunya PPGA Bromo di Probolinggo, Jawa Timur. [1]

Pemantauan gunung api dilakukan dengan metode kegempaan, deformasi, kimia, dan visual. Deformasi, perubahan bentuk gunung api, adalah parameter penting yang dipantau dengan alat seperti GPS, EDM, Leveling, Tiltmeter, dan INSAR. Tiltmeter untuk monitoring aktifitas gunung api sering digunakan untuk mendeteksi perubahan deformasi yang lebih halus.[2] Pada tahun 2023, PVMBG menambahkan tiltmeter di Gunung Batok tanpa data logger, membuatnya rentan kehilangan data jika terjadi gangguan listrik di PPGA.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun data logger yang murah, mudah dirawat, dan mudah dioperasikan. Data logger ini menggabungkan data GPS untuk stamp waktu dan koordinat dengan data dari sensor tiltmeter dan menyimpannya ke sebuah file .csv yang disimpan di kartu SD setiap bulan. Data logger ini memberikan akses unduh dan unggah data melalui web browser, mengakomodir perubahan IP Address dan pengaturan zona waktu penyimpanan data, serta menampilkan status konektivitas dan hardware untuk mempermudah diagnosis kerusakan melalui *Web File Server* yang dapat diakses menggunakan *web browser*. Penelitian ini menyumbangkan solusi data logger yang efisien dan efektif untuk pemantauan gunung api, yang dapat diakses melalui web browser dengan mudah dan beroperasi secara independen dari sistem akuisisi data utama

2. METODE

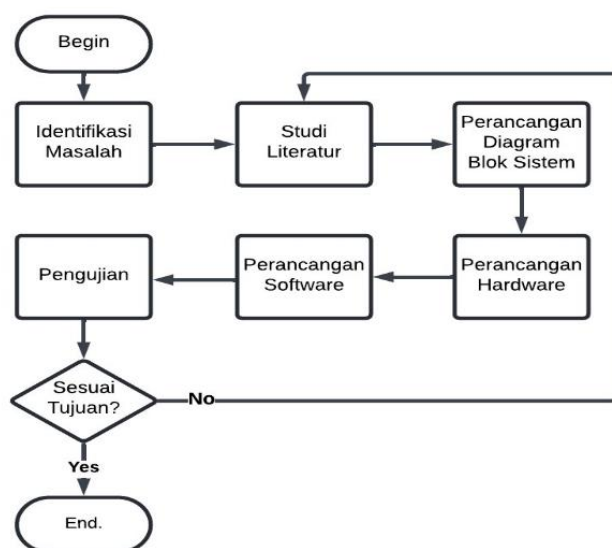
2.1. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pos Pengamatan Gunung api (PPGA) Bromo, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Dusun Cemorolawang Desa Ngadisari Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo Jawa Timur.

2.2. Alur Perancangan

Alur perancangan dibuat agar penelitian dapat berjalan secara terstruktur dan sistematis guna mendapatkan hasil yang baik. Adapun alur perancangan sistem sebagai berikut: 1) Identifikasi

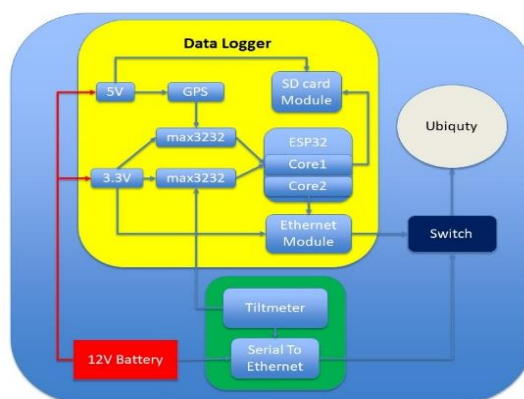
Masalah: mengidentifikasi masalah yang dihadapi setelah modernisasi peralatan pemantauan gunung Bromo tahun 2023 pada sistem pemantauan deformasi menggunakan Tiltmeter. 2) Studi Literatur: hal ini dilakukan dengan mempelajari penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini. 3) Perancangan Diagram Blok Sistem Data Logger: hal ini dilakukan agar peneliti dapat merencanakan, mengembangkan, dan menguji perangkat keras dengan cara yang lebih terstruktur dan efisien. 4) Perancangan Hardware: hal ini dilakukan untuk menentukan dan mempelajari karakteristik serta spesifikasi komponen-komponen yang dibutuhkan. 5) Perancangan Software: hal ini berguna untuk merencanakan dan mengembangkan software pada alat yang dibuat pada penelitian ini dan memelihara aplikasi di masa yang akan datang secara lebih efisien dan efektif, agar dapat mengurangi kompleksitas dan meningkatkan kualitas akhir dari perangkat lunak yang dihasilkan. 6) Pengujian: hal ini dilakukan guna mengetahui apakah alat yang dibuat pada penelitian ini sudah berjalan sesuai tujuan penelitian atau belum, jika belum maka proses akan diulang kembali hingga berhasil, jika sudah berhasil maka penelitian selesai. Pengujian akan dilakukan di PPGA Bromo dan di stasiun peralatan pemantauan gunung Batok.



Gambar 1. Diagram Alur Perancangan

A. Sistem Data Logger

Disini dibuat diagram blok sistem data logger untuk sensor tiltmeter untuk pengamatan gunung api disisi pengirim hingga sistem penerima atau *client*:



Gambar 2. Rancangan Sistem Data Logger



Gambar 3. Rancangan Sistem di Sisi Client

Sistem ini bekerja dengan tegangan baterai 12 volt di stasiun pemantauan gunung api di gunung Batok. Sumber tersebut dialirkan untuk tiltmeter, *serial to ethernet Moxa* (untuk sistem akuisisi data yang sudah ada), kemudian dialirkan ke data logger, kemudian diturunkan tegangannya ke 3.3volt oleh modul *LM2596 Mini Buck Converter Step Down Volt Adjustable* untuk modul ethernet *USR-ES1 W5500* dan 2 buah rangkaian *RS232 to TTL* menggunakan IC *Max3232* untuk komunikasi antara sensor tiltmeter dan GPS dengan *ESP32*. Kemudian 5volt untuk kebutuhan modul *SD card* dan *ESP32*, karena kedua komponen tersebut sudah memiliki regulator tegangan ke 3.3 volt.

Disini pada sistem mikrokontroler, peneliti memanfaatkan spesifikasi pada *ESP32* yang memiliki 2 core. Tujuan dari hal tersebut adalah agar tugas akuisisi data tiltmeter, gps dan penyimpan di kartu SD tidak terganggu oleh tugas penanganan permintaan dari computer client seperti unduh dan unggah berkas. Tugas core 1 pada *ESP32* untuk penyimpanan data, proses pengambilan data GPS yang dikonversi berdasarkan *time zone* yang ditentukan, pembacaan data tiltmeter yang meliputi suhu sensor, sumbu X dan Y yang dikonversi dari derajat ke mikro radian dengan ketelitian 5 angka dibelakang koma menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{converted } Y = Y * (\pi / 180) * 10^6 \quad (1)$$

$$\text{converted } X = X * (\pi / 180) * 10^6 \quad (2)$$

Dimana:

X = Nilai pembacaan komponen sumbu X pada sensor tiltmeter

Y = Nilai pembacaan komponen sumbu Y pada sensor tiltmeter

π = phi

Sedangkan program *handle client* diproses pada core 2, untuk akses *web file server* untuk antar muka pengguna, untuk menghapus file, unduh file, unggah file mengatur konfigurasi *IP Address* dan zona waktu juga merestart data logger jika dibutuhkan. Serta fitur memantau status dari setiap komponen yang ada di dalam data logger untuk mempermudah mendiagnosa data logger saat ada kesalahan didalam sistemnya melalui *web browser*.

Metode komunikasi dari *server* ke *client* menggunakan jaringan *Local Area Network (LAN)* yang menggunakan jaringan nirkabel memanfaatkan radio antenna digital *Ubiquity Powerbeam 5AC* dari stasiun gunung Batok ke *PPGA Bromo*. Pada sisi *client* di *PPGA Bromo*, data tiltmeter dapat langsung dilihat di sistem akuisisi data yang sudah ada dan jika membutuhkan datanya bisa diunduh dengan mengakses data logger ini di *web browser*.

Sistem ini diprogram menggunakan bahasa *C++* pada kode editor *Arduino IDE* dengan menyisipkan kode *HTML* kedalamnya sehingga mampu menghasilkan sebuah *WebServer*. Dan dengan memasukan juga file *CSS.h* untuk membuat sebuah *WebFile Server* rapih jika dipandang.

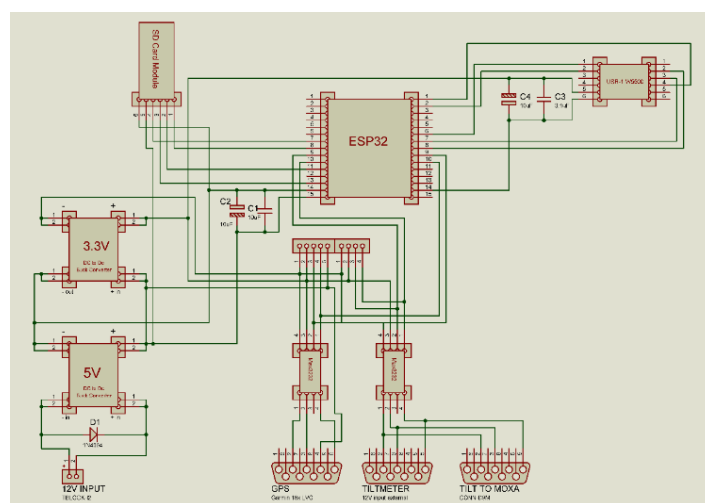
B. Perancangan Hardware

Adapun komponen-komponen utama yang dibutuhkan pada penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1 - Daftar komponen

No.	Nama Barang/Bahan	Banyak
1	Modul ESP32	1
2	Ethernet shield w5500	1
3	Modul Micro SD	1
4	GPS Garmin 18x LVC DB9 connector	1
5	Modul max3232	2
6	Modul LM2596 Mini Buck Converter Step Down Volt Adjustable	2
7	Kapasitor keramik 0.1 uF	2
8	Kapasitor Elektrolit 10 uF	2
9	Dioda 1N4004	1
10	Tiltmeter Jewwel D700 series	1

Berikut adalah skematik atau koneksi antar setiap komponen dari data logger :



Gambar 4. Skematik Data Logger

Adapun koneksi-koneksi dari setiap komponen dituangkan didalam table-table berikut:

Tabel 2 - Konfigurasi pin untuk membaca data GPS

Nama komponen	Pin	Dihubungkan ke Komponen	Pin
LM2596	In +	Accu	+12V
LM2596	In -	Accu	- 12V
GPS	DB9 (4)	LM2596 (5v)	Out +
GPS	DB9(5)	Max3232	RS232(-)
GPS	DB9(3)	Max3232	RS232 →
GPS	DB9(2)	Max3232	RS232 ←
Mx3232	TTL -	LM2596 (3.3v)	Out - / Gnd
Mx3232	TTL →	ESP32	16 / Rx2
Mx3232	TTL ←	ESP32	17 / Tx2
Mx3232	TTL +	LM2596 (3.3v)	Out +

Tabel 3 - Konfigurasi Pin Untuk Membaca Data Tiltmeter

Nama komponen	Pin	Dihubungkan ke Komponen	Pin
Tiltmeter	Power	Accu	12V
Tiltmeter	In -	Accu	- 12V
Tiltmeter	DB9(5)	Max3232	RS232 (-)
Tiltmeter	DB9(3)	Max3232	RS232 →
Tiltmeter	DB9(2)	Max3232	RS232 ←
Mx3232	TTL -	LM2596 (3.3v)	Out - / Gnd
Mx3232	TTL →	ESP32	27 / Rx
Mx3232	TTL ←	ESP32	26 / Tx
Mx3232	TTL +	LM2596 (3.3v)	Out +

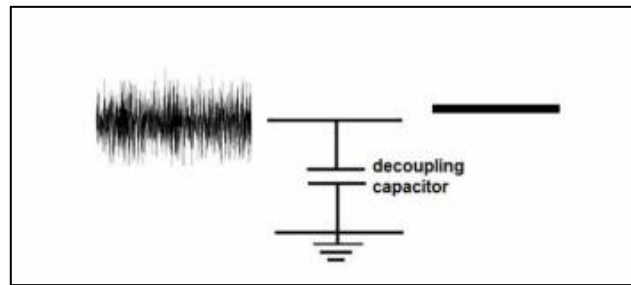
Tabel 4 - Konfigurasi pin untuk komunikasi dengan kartu SD

Nama komponen	Pin	Dihubungkan ke Komponen	Pin
Modul Micro SD	GND	LM2596 (5v)	Out - / Gnd
Modul Micro SD	VCC	LM2596 (5v)	Out +
Modul Micro SD	MISO	ESP32	33
Modul Micro SD	MOSI	ESP32	13
Modul Micro SD	SCK	ESP32	14
Modul Micro SD	CS	ESP32	25

Tabel 5 - Konfigurasi Pin Untuk Komunikasi Dengan Modul Ethernet

Nama komponen	Pin	Dihubungkan ke Komponen	Pin
Modul Ethernet	GND	LM2596 (3.3v)	Out - / Gnd
Modul Ethernet	VCC	LM2596 (3.3v)	Out +
Modul Ethernet	MISO	ESP32	19
Modul Ethernet	MOSI	ESP32	23
Modul Ethernet	SCK	ESP32	18
Modul Ethernet	CS	ESP32	5
Modul Ethernet	Reset	ESP32	22

Ditambahkan juga rangkaian *decoupling capacitor* didekat pin Vin ESP32 dan modul ethernet. Kapasitor elektrolit sebesar 10uF untuk membantu meredam fluktuasi tegangan frekuensi rendah dari catu daya, sebagai reservoir energi massal dan memperlancar perubahan amplitudo besar yang lambat dan kapasitor keramik 0.1uF dipasang sedekat mungkin dengan pin IC untuk mengelola derau frekuensi tinggi secara efektif dengan mengalihkannya ke ground secara cepat. Kedekatan ini memastikan bahwa gangguan frekuensi tinggi sementara dinetralkan dengan segera, sehingga pasokan DC tetap stabil untuk IC dan komponen sensitif lainnya. [3]

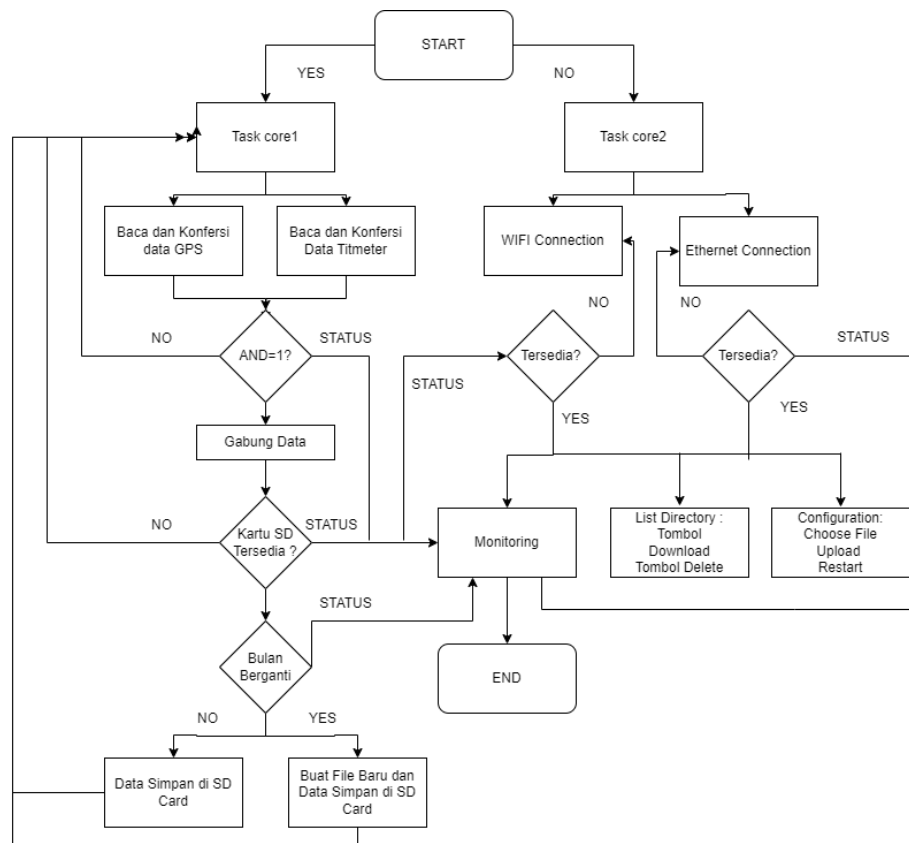


Gambar 5. Efek Dari Decoupling Capacitor[3]

Selain itu ditambahkan juga proteksi rangkaian dengan diode 1N4004 dimana salah satu aplikasi dari dioda adalah sebagai pengaman terhadap tegangan terbalik. Ketika pemasangan suplai tegangan terbalik, maka komponen-komponen sensitif dalam rangkaian dapat mengalami kerusakan. Untuk mencegah hal ini, dioda dapat digunakan sebagai pengaman tegangan terbalik. [4]

C. Perancangan Software

Program pada ESP32 dimulai dari inisialisasi library yang dipakai, fungsi setup yaitu fungsi yang dijalankan sekali saat hardware baru dijalankan hingga membagi tugas untuk Core 1 dan Core 2 untuk diulang terus menerus selagi hardware berjalan.

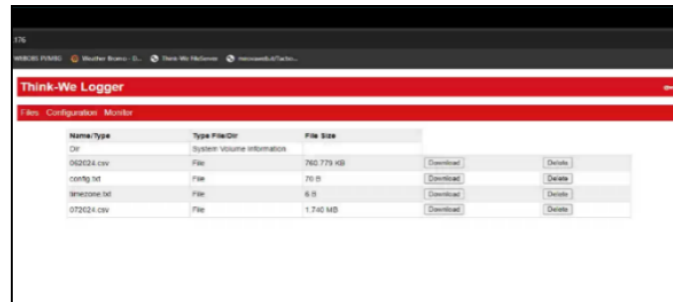


Gambar 6. Flowchart Software

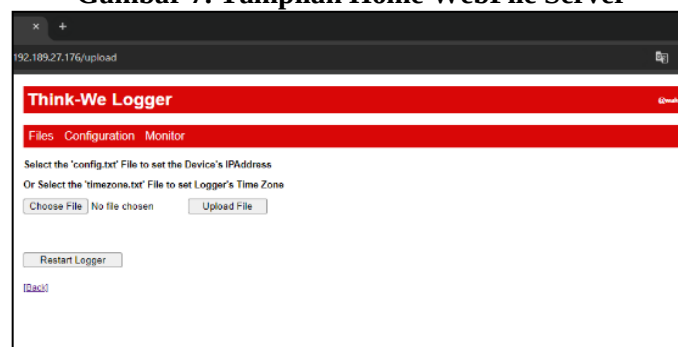
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

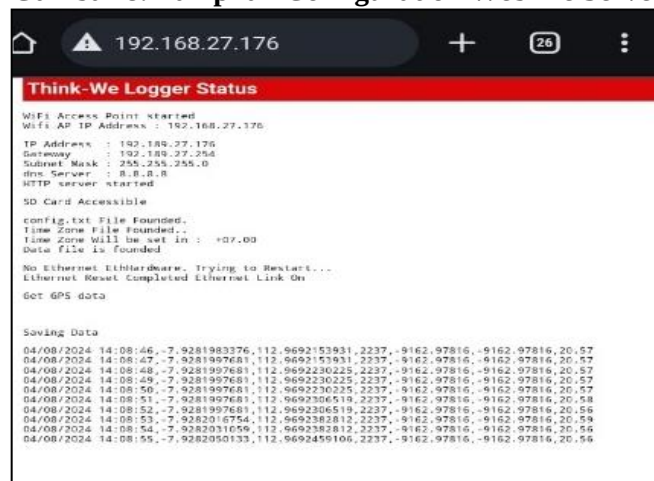
Adapun hasil dari tampilan WebFile Server yang telah berjalan sebagai berikut:



Gambar 7. Tampilan Home WebFile Server



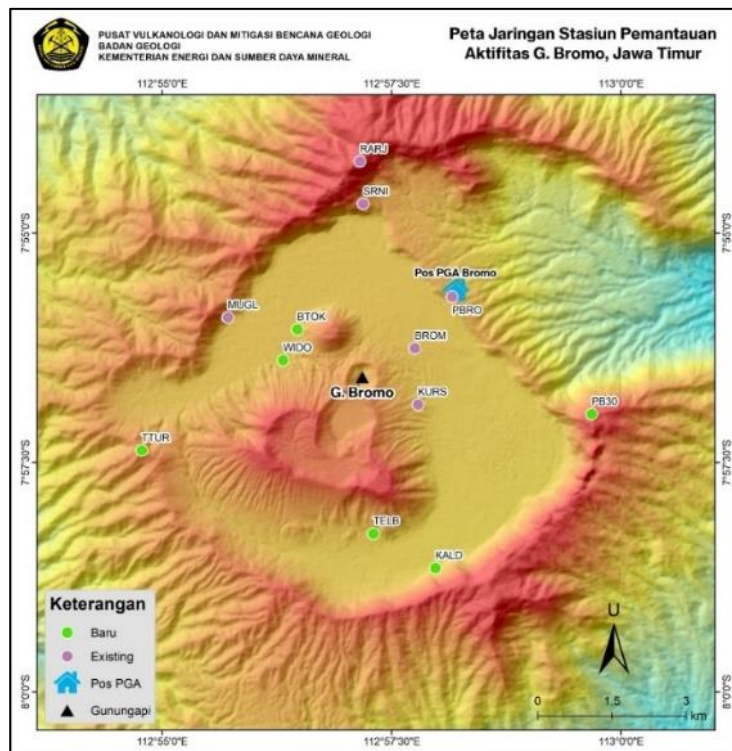
Gambar 8. Tampilan Configuration WebFile Server



Gambar 9. Tampilan Monitor WebFile Server

B. Pengujian

Pengujian dilakukan di PPGA Bromo dan di stasiun pemantauan gunung api di gunung Batok selama dua bulan, dilakukan juga perbandingan dengan data logger tiltmeter TS-8160-4200 yang dipasang di stasiun peralatan pengamatan di lautan pasir gunung Bromo guna mengetahui keefisienan, keefektifitasan dan keandalan sitem data logger dan WebFile Server yang dibuat. Serta dilakukan juga *User Acceptance Testing* (UAT) untuk mengetahui tingkat keramahan kepada pengguna. Yang dimaksud dari tes ini adalah tahapan dalam siklus pengujian software untuk memastikan produk yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan harapan *end user*. [5]



Gambar 10. Peta Jaringan Peralatan Pengamatan Gunung api Bromo. Garis Hijau Adalah Jalur Transmisi Data Stasiun Batok. Garis Marun Adalah Jalur Transmisi Data Stasiun Laut Pasir.

C. Pengujian Kecepatan Unduh, Unggah Dan Restart

Pengukuran kecepatan unduh, unggah dan restart menggunakan *stopwatch* yang ada di computer.

Tabel 6 - Pengujian Fitur Unduh, Unggah dan Restart di PPGA Bromo

Operasi	Jenis File	Besar File (KB)	Lama Operasi (detik)	Kecepatan (KB/s)
Unduh	csv	2435	18.01	135.20
Unggah	doc	350.53	27.6	12.70
Restart			34.79	

Tabel 7 - Pengujian Fitur Unduh, Unggah dan Restart di St. Batok

Operasi	Jenis File	Besar File (KB)	Lama Operasi (detik)	Kecepatan (KB/s)
Unduh	csv	2435	20.65	117.92
Unggah	doc	350.53	51.65	6.79
Restart			69.54	

D. Pengujian keluaran data tanpa data logger dan dengan data logger

Berikut adalah data dari sistem akuisisi data tiltmeter tanpa data logger dan dengan menggunakan data logger sebagai:

Tabel 8 - Data Dari Data Logger

Tanggal Waktu	Latitude	Longitude	Altitude
14/07/2024 23:41	-7.9338651	112.941368	2171
14/07/2024 23:42	-7.9338651	112.941368	2171
14/07/2024 23:43	-7.9338651	112.941368	2171
14/07/2024 23:44	-7.9338632	112.941368	2171
14/07/2024 23:45	-7.9338632	112.941368	2171
14/07/2024 23:46	-7.9338632	112.941368	2171
14/07/2024 23:47	-7.9338632	112.941368	2171
14/07/2024 23:48	-7.9338632	112.941368	2171
14/07/2024 23:49	-7.9338617	112.941368	2171
14/07/2024 23:50	-7.9338617	112.941376	2171

Tabel 9 - Lanjutan Data Dari Data Logger

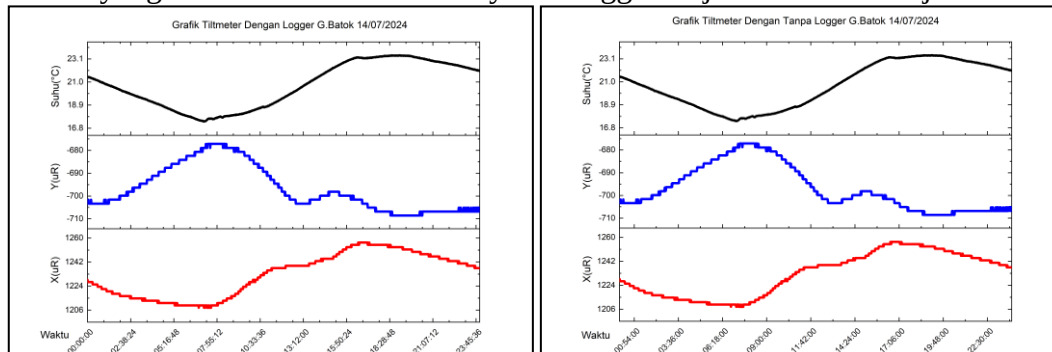
Tanggal Waktu	X	Y	Suhu
14/07/2024 23:41	1237.43845	-706.85835	22.13
14/07/2024 23:42	1239.18381	-705.11299	22.11
14/07/2024 23:43	1237.43845	-706.85835	22.12
14/07/2024 23:44	1237.43845	-706.85835	22.12
14/07/2024 23:45	1237.43845	-706.85835	22.11
14/07/2024 23:46	1237.43845	-705.11299	22.08
14/07/2024 23:47	1237.43845	-706.85835	22.09
14/07/2024 23:48	1237.43845	-705.11299	22.06
14/07/2024 23:49	1237.43845	-706.85835	22.09
14/07/2024 23:50	1237.43845	-705.11299	22.06

Tabel 10 - Hasil Data Tanpa Data Logger

Tanggal	Waktu	X	Y	Suhu
14/07/2024	23:41:00	1237.438	-706.8581	22.13
14/07/2024	23:42:00	1237.547	-706.7491	22.12875
14/07/2024	23:43:00	1239.075	-705.2222	22.11062
14/07/2024	23:44:00	1237.438	-706.8581	22.12
14/07/2024	23:45:00	1237.438	-706.8581	22.11937
14/07/2024	23:46:00	1237.438	-706.7491	22.10812
14/07/2024	23:47:00	1237.438	-705.2222	22.08063
14/07/2024	23:48:00	1237.438	-706.7491	22.08813
14/07/2024	23:49:00	1237.438	-705.2222	22.06188
14/07/2024	23:50:00	1237.438	-706.7491	22.08813

E. Pengujian grafik data logger dengan tanpa data logger

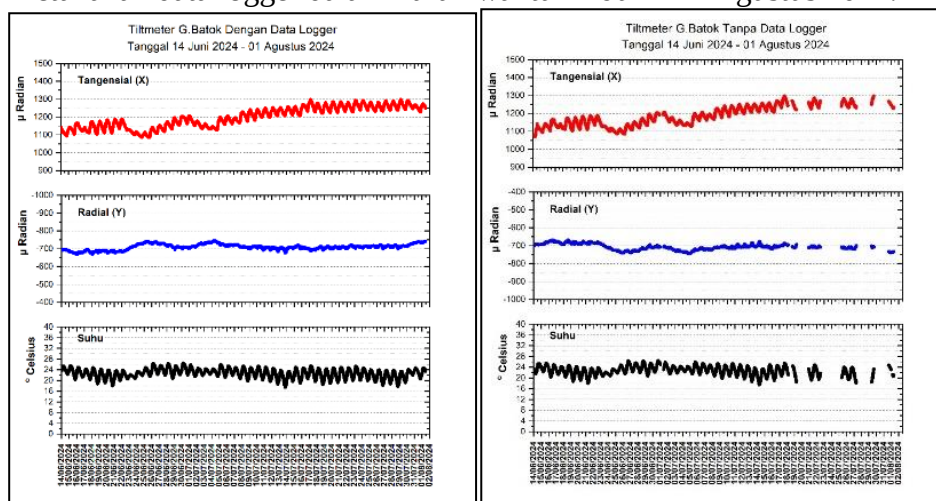
Sample data yang diambil selama satu hari yaitu tanggal 14 juli 2024 untuk uji kualitas data.



Gambar 11 – a.) Grafik Tiltmeter G.Batok Dengan Data Logger. b.) Grafik Tiltmeter G.Batok Tanpa Data Logger.

F. Pengujian Ketahanan

Pengujian ketahanan data logger dalam kurun waktu 14 Juni – 1 Agustus 2024.



Gambar 12 - a.) Grafik Tiltmeter G.Batok Dengan Data Logger. b.) Grafik Tiltmeter G.Batok Tanpa Data Logger.

G. Pengujian perbandingan dengan data logger TS-8160-4200

Dilakukan juga perbandingan data logger yang dibuat pada penelitian ini dengan data logger yang sudah dipakai sejak tahun 2015 di gunung Bromo yaitu data logger TS-8160-4200. Adapun pengujian perbandingan ini melingkupi pengujian kecepatan proses unduh dan unggah dari data logger TS-8160-4200 menggunakan aplikasi FileZila yang diukur menggunakan stop watch yang ada pada sistem windows.

Selain itu juga dibandingkan data keluaran dari setiap data logger, dimana pada uji perbandingan ini agar data dapat dilihat perbedaannya digunakan aplikasi notepad untuk membukanya. Dilakukan juga perbandingan dari langkah-langkah pengolahan data dari setiap data logger hingga menjadi grafik yang bisa dibaca oleh para PGA. Pada pengujian ini juga dilakukan perhitungan efisiensi waktu pengolahan data dari data logger yang dibuat dari penelitian ini dibandingkan dengan pengolahan yang dilakukan dengan data logger TS-8160-4200.

Perhitungan efisiensi waktu dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

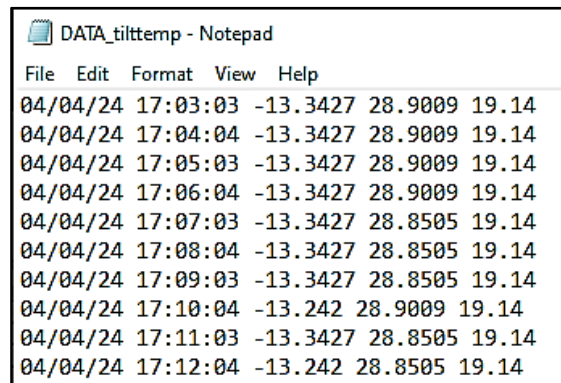
$$\text{Efisiensi Waktu} = \frac{T \text{ Logger Lama} - T \text{ Logger Baru}}{T \text{ Logger Lama}} * 100\% \quad (3)$$

Dimana:

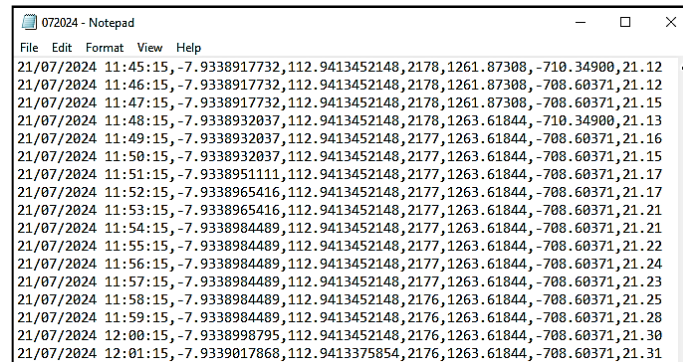
T = Lama proses pengolahan data

Tabel 11 - Kecepatan Unduh, Unggah Data Logger TS-8160-4200

Operasi	Jenis File	Besar File (KB)	Lama Operasi (detik)	Kecepatan (KB/s)
Unduh	csv	3583	51.11	700.97
Unggah	jpg	1313.44	20.19	65.05



Gambar 13. Data Dari Data Logger TS-8160-4200



Gambar 14. Data dari Data Logger Penelitian

Tabel 12 - Langkah Proses Pengolahan Data Tiltmeter Menggunakan Data Logger Penelitian

No.	Input	Proses	Output
1.	Buka Web Browser	Tambah data dan koneksi ke database atau aplikasi pembuat grafik	Data ditampilkan
2.	Ketikan Alamat IP data logger		
3.	Klik Download data yang ingin diambil		

Tabel 13 - Langkah Proses Pengolahan Data Tiltmeter Menggunakan Data Logger TS-8160-4200

No.	Input	Proses	Output
1.	Buka FileZilla	Buka File yang telah didownload dengan Ms.Excel	Data ditampilkan
2.	Masukan IP data logger pada tab Site Manager	Salin data asli yang telah didownload ke file Ms.Excel lain untuk dikonfersi zona waktunya	
3.	Klik Download data yang ingin diambil	Konfersi data di file Ms.Excel	
4.		Koneksikan atau tambah data ke database atau ke aplikasi pembuat grafik	

Tabel 14 - Efisiensi Waktu Data Logger Penelitian Dibandingkan Dengan Data Logger TS-8160-4200

No.	Data Logger	Lama Pengerjaan (detik)
1.	TS-8160-4200	510.87
2.	Data Logger Penelitian	87.17
	Efisiensi Waktu	82.94 %

H. User acceptance testing

Survey ini diajukan kepada 5 PGA sebagai pengguna akhir dari produk yang dibuat. Berikut adalah pertanyaan-pertanyaan yang diberikan kepada para end user selain Nama, Instansi dan Jabatan beserta pilhan dan bobot dari setiap jawabannya.

Tabel 15 - Nilai tingkat kemudahan pengguna

Pertanyaan	Koresponden				
	1	2	3	4	5
Seberapa mudah Anda mengakses web file server melalui perangkat Anda (komputer/ smartphone)?	100	75	100	75	100
Seberapa mudah Anda menemukan fitur yang Anda butuhkan di antarmuka web file server?	100	75	100	100	100
Bagaimana penilaian Anda terhadap kecepatan respon sistem ketika mengunggah atau mengunduh file melalui web file server?	100	75	100	100	100
Apakah fitur-fitur yang tersedia pada web file server sudah memenuhi kebutuhan Anda?	100	75	100	100	100
Bagaimana pendapat Anda tentang tampilan visual dan desain dari antarmuka web file server?	100	75	100	75	75
Seberapa mudah Anda mengunggah atau mengunduh file menggunakan web file server?	100	75	100	100	100
Apakah Anda mengalami masalah atau kegagalan saat menggunakan web file server (misalnya, file tidak bisa diunggah/diunduh)?	100	100	100	100	100
Bagaimana pengalaman keseluruhan Anda dalam menggunakan data logger dengan web file server ini?	100	75	100	75	100
Bobot	100	78.12	100	90.62	96.88
Hasil	93.12				

I. Pembahasan

Analisa dari data-data yang didapat dari hasil pengujian-pengujian yang telah dilakukan sebagai berikut:

Kecepatan operasi lebih cepat ketika dilakukan di PPGA Bromo. Hal tersebut bisa disebabkan oleh koneksi yang digunakan oleh data logger ini. Di PPGA Bromo data logger langsung dikoneksikan menggunakan kabel UTP sehingga hampir tidak ada faktor lingkungan yang mempengaruhi kecepatan dari operasinya. Di stasiun pemantaun gunung Batok data logger memiliki waktu operasi yang lebih lambat, hal ini disebabkan karena jarak yang cukup jauh

dari PPGA Bromo dan juga dapat juga terpengaruh oleh cuaca. Adapun data dari stasiun gunung Batok tidak langsung ke PPGA Bromo, tetapi melalui repeater yang jarak transmisi datanya sekitar 11 km dari PPGA Bromo.

Format waktu dan pemisah data dari data looger berbeda dari sistem tanpa data logger. Pada sistem data logger tanggal dan waktu hanya dipisah oleh sepasi, sedangkan pada sistem lama data dipisah oleh koma, sehingga data pada sistem yang sebelumnya perlu diolah terlebih dahulu di program microsoft excel agar dapat dijadikan grafik pada aplikasi pengolah grafik. Data dari sistem data logger ini juga memiliki location stamp dan memiliki ketelitian 5 angka dibelakang koma, jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya yang membuat maksimal 10 karakter.

Tidak ada perbedaan yang signifikan pada kedua data, baik itu sistem akuisisi data tiltmeter sistem lama atau data logger sistem yang baru. Maka dapat dikatakan data dari data logger yang dibuat ini sudah akurat dalam membaca data dari sensor tiltmeter.

Dari hasil uji ketahanan, data logger ini mampu efektif mengamankan data saat computer akuisisi data mati karena gangguan pada sistem catu daya di PPGA Bromo.

Dari hasil uji banding dengan data logger TS-8160-4200 pada kecepatan akses download maupun upload data logger TS-8160-4200 lebih unggul dibandingkan dengan kecepatan download dan upload data logger yang dibuat pada penelitian ini. Ini disebabkan data logger TS-8160-4200 memiliki keunggulan dari segi spesifikasi perangkat kerasnya.

Data dari hasil perbandingan anatara data yang dihasilkan dari data logger yang dibuat pada penelitian ini dengan data dari data logger TS-8160-4200, nampak bahwa data dari data logger penelitian ini dipisah menggunakan tanda koma, sedangkan data dari data logger TS-8160-4200 dipisah menggunakan spasi. Ketelitian pada data logger yang dibuat pada penelitian ini lebih teliti karena memiliki ketelitian 5 angka dibelakang koma secara konsisten, sedangkan pada data logger TS-8160-4200 tidak terlalu teliti dan konsisten saat membuat angka dibelakang komanya.

Data dari data logger TS-8160-4200 memiliki *time-stamp* dalam format UTC. Ketika akan diolah menjadi grafik, data tersebut harus dikonfersi lebih dahulu di microsoft excel untuk dirubah ke format Waktu Indonesia Barat (WIB) yang menyebabkan proses pengolahan data kurang efisien. Sedangkan pada data logger yang dibuat ini sudah tidak perlu lagi dikonfersi zona waktunya karena memiliki kemampuan untuk menyimpan data dengan zona waktu yang dibutuhkan. Sehingga sistem yang dibuat pada penelitian ini memangkas tahapan pada pengolahan data. Maka didapat produk yang dibuat pada penelitian lebih efisien 82.94% dibandingkan sistem yang sudah ada sebelumnya.

Hasil dari tes UAT yang dilakukan oleh 5 peserta ini memiliki tingkat kemudahan bagi pengguna mencapai 93.125%, dimana produk data logger dan WebFile Server ini sudah dapat dikatakan produk yang *user-friendly*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada data logger dan WebFile Server pada penelitian ini maka disimpulkan bahwa Data Logger dan WebFile Server Sensor Tiltmeter yang dirancang menggunakan ESP32 cukup efektif dan berfungsi dengan baik untuk menyimpan dan mengamankan data dari sensor tiltmeter tanpa merisaukan lagi saat aliran listrik padam di PPGA. Data yang dihasilkanpun dapat dipercaya karena tidak memiliki perbedaan dari sistem yang telah digunakan sebelumnya dalam mendeteksi deformasi gunung api, bahkan lebih teliti dari sistem yang ada sebelumnya.

Selain itu jika dibandingkan dengan data logger yang sudah ada dan telah beroperasi sebelumnya, meskipun data logger ini tidak unggul di segi kecepatan transfer datanya, tapi sangat efisien dalam pengolahan datanya karena tidak perlu lagi ada konversi pada zona

waktunya dengan tingkat ke efisienan mencapai 82.94%. Selain itu data logger ini tidak perlu menggunakan banyak aplikasi untuk terhubung dengannya karena dapat diakses dengan mudah menggunakan Web Browser. Pada uji UAT menunjukan bahwa antarmuka yang diberikan oleh WebFile Server yang dibuatpun memberikan nilai kepuasan hingga 93.12%. Maka sistem ini dinilai *user-friendly* dan memudahkan pengguna untuk mengoperasikannya.

Adapun kinerja dan keandalan sistem saat dilakukan pengujian pun menunjukan hasil cukup memuaskan dalam hal aksesibilitas. ESP32 sebagai mikrokontroler menunjukkan keandalan yang baik dalam mengumpulkan data dari sensor tiltmeter.

Daftar Pustaka

Badan Geologi Indonesia, *Data Dasar Gunung Api Indonesia*, 2nd ed. Bandung: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011.

R. Scarpa and R. I. Tilling, "Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards," *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards*, 1996, doi: 10.1007/978-3-642-80087-0.

EPCI, "Decoupling and Filtering Capacitors Guideline," EUROPEAN PASSIVE COMPONENTS INSTITUTE. Accessed: Jul. 31, 2024. [Online]. Available: <https://passive-components.eu/kemet-decoupling-and-filtering-capacitors-guideline/>

R. Indriani Andini, "Dioda Sebagai Pengaman Polaritas Terbalik Pada Rangkaian Elektronik | PDF," scribd. Accessed: Aug. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/347566692/Dioda-Sebagai-Pengaman-Polaritas-Terbalik-Pada-Rangkaian-Elektronik>

Revoupedia, "Apa itu UAT (User Acceptance Testing)? Arti, Fungsi, Contoh, FAQs 2024 | RevoU," Revoupedia. Accessed: Aug. 12, 2024. [Online]. Available: <https://revou.co/kosakata/uat>

H. Abbas, "17 Free and Open-source Web-based Cloud File Managers," Madevel. Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://medevel.com/15-web-based-file-manager/>

Amira K, "Pengertian Server," Gramedia Blog.

H. Bentoutou, A. Boutte, L. Limam, E.-Y. Belaidi, and A. Laribi, "Design and Analysis of a DC/DC Buck Converter with Load Switch for Educational Nanosatellite Power Subsystems," 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/374870633>

EmbeddedTS, "TS-8160-4200 Low Power PC/104 TS-SOCKET Embedded Computer," EmbeddedTS. Accessed: Jul. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.embeddedts.com/products/TS-8160-4200>

Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet 2.4 GHz Wi-Fi + Bluetooth® + Bluetooth LE SoC Including," 2024. [Online]. Available: www.espressif.com

Espressif Systems, "ESP-FAQ Handbook," Aug. 2024.

Evan Felicia, "Programming IoT dengan Arduino IDE – School of Information Systems,"

Binus. Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://sis.binus.ac.id/2023/05/04/programming-iot-dengan-arduio-ide/>

A. Farida and F. Rosalina, "Pelatihan Dasar-Dasar Pengoperasian GPS Garmin Bagi Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sorong," 2020.

Garmin, "GPS 18x TECHNICAL SPECIFICATIONS," 2024. [Online]. Available: www.garmin.com

IC Components Limited, "A Comprehensive Guide to Decoupling and Bypass Capacitors: Mechanisms, Applications, and Differences," IC Components.com. Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.ic-components.com/blog/a-comprehensive-guide-to-decoupling-and-bypass-capacitors-mechanisms,applications,and-differences.jsp>

M. Ilyas, Y. Suprpto, T. Warsito, and R. Diana P, "' RANCANGAN INTERFACE KOMUNIKASI DATA AERONAUTICAL FIXED TELECOMUNICATION NETWORK MENGGUNAKAN GSM GATEWAY BERBASIS ARDUINO " Oleh," 2018.

Jewell Instruments LLC, "Model D700 Digital Floor Mount Tiltmeter," 2018. [Online]. Available: www.jewellinstruments.com

Jinan USR IOT Technology Limited, "SPI to Ethernet Module," 2010. [Online]. Available: www.usr.so

Kristianto, A. Basuki, H. D. Purnamasari, and D. K. Syahbana, "The 2021 Semeru volcano eruption: An insight from visual, seismic, and deformation monitoring data," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1227/1/012030.

Last Minute Engineers, "In-Depth Tutorial to Interface Micro SD Card Module with Arduino," Last Minute Engineers. Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: https://lastminuteengineers.com/arduino-micro-sd-card-module-tutorial/#google_vignette

J. Linggarjati, "Design and Prototyping of Temperature Monitoring System for Hydraulic Cylinder in Heavy Equipment using ESP32 with data logging and WiFi Connectivity," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Mar. 2022. doi: 10.1088/1755-1315/998/1/012042.

A. López-Vargas, M. Fuentes, M. V. García, and F. J. Muñoz-Rodríguez, "Low-Cost Datalogger Intended for Remote Monitoring of Solar Photovoltaic Standalone Systems Based on ArduinoTM," *IEEE Sens J*, vol. 19, no. 11, pp. 4308–4320, Jun. 2019, doi: 10.1109/JSEN.2019.2898667.

N. Lysbetti Marpaung and D. E. Ervianto, "Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 dengan PC sebagai Tampilan," 2012.

Maxim Integrated Products, "General Description Benefits and Features • Integrated Features Saves Board Space and Simplifies Design • Charge Pump Circuitry Eliminates the Need for a Bipolar $\pm 12V$ Supply • Wide Single-Supply Operation From +3V to +5.5V Supply • Always-On Extra Outputs Enable Monitoring of External Devices • Power Saving

Extends Battery Life • 1 μ A Supply Current in Shutdown Mode While Receiver is Active (MAX3222, MAX3237, MAX3241),” 2019. [Online]. Available: www.maximintegrated.com

P. Megantoro, A. W. Anugrah, M. H. Abdillah, B. J. Kustanto, M. Fadhilah, and P. Vigneshwaran, “Smart measurement and monitoring system for aquaculture fisheries with IoT-based telemetry system,” *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 13, no. 3, pp. 1555–1565, Jun. 2024, doi: 10.11591/eei.v13i3.6900.

P. Megantoro *et al.*, “Instrumentation system for data acquisition and monitoring of hydroponic farming using ESP32 via Google Firebase,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 27, no. 1, pp. 52–61, Jul. 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v27.i1.pp52-61.

Positek, “Tilt Sensor Applications.” Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.positek.com/news-media/blog-archive/tilt-sensor-applications>

RDL Technologies Pvt Ltd, “Data Logger IIoT 4.0.” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://rdltech.in/data-logger-iiot-4-0>ridhoazhar313, “(micro card adapter modue with esp32)error opening test.txt/cannot writning file on micro sd card - Using Arduino / Project Guidance - Arduino Forum,” Arduino Forum. Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://forum.arduino.cc/t/micro-card-adapter-modue-with-esp32-error-opening-test-txt-cannot-writning-file-on-micro-sd-card/888625>

F. Salamone, L. Danza, I. Meroni, and M. Pollastro, “A low-cost environmental monitoring system: How to prevent systematic errors in the design phase through the combined use of additive manufacturing and thermographic techniques,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 4, Apr. 2017, doi: 10.3390/s17040828.

H. R. P. Seilellah, “Switch: Definisi, Fungsi Utama, Cara Kerja dan Keunggulannya,” Telkom University. Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://it.telkomuniversity.ac.id/switch-adalah/?btwaf=89453352>

A. Terada *et al.*, “The 2018 phreatic eruption at Mt. Motoshirane of Kusatsu–Shirane volcano, Japan: eruption and intrusion of hydrothermal fluid observed by a borehole tiltmeter network,” *Earth, Planets and Space*, vol. 73, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1186/s40623-021-01475-4.

Ubiquiti Networks, “Up to 450+ Mbps Throughput Dedicated Wi-Fi Radio for Management Datasheet,” 2019.

USGS, “Monitoring Volcano Ground Deformation with Tiltmeters,” United States Geological Survey (USGS). Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Tiltmeter>

C. Vargas-Salgado, J. Aguila-Leon, C. Chiñas-Palacios, and E. Hurtado-Perez, “Low-cost web-based Supervisory Control and Data Acquisition system for a microgrid testbed: A case study in design and implementation for academic and research applications,” *Heliyon*, vol. 5, no. 9, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02474.

M. Waruwu, “Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan,” *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, May 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.

J. Zhang *et al.*, “Multichannel subgrade temperature acquisition system based on LabVIEW and serial communication,” in *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, 2013, pp. 558–563. doi: 10.1109/CoASE.2013.6653948.