

RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI BAHAYA AKTIVITAS GUNUNG BERAPI BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Michael Angelo Vincensio Simon¹, Widyadi Setiawan², Nyoman Putra Sastra³

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.

Email : jelojelo79@gmail.com¹, widyadi@unud.ac.id², putra.sastra@unud.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun perangkat sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung berapi berbasis mikrokontroler Arduino yang dapat memantau adanya perubahan suhu, kelembaban tanah dan gempa tremor melalui sensor-sensor yang diletakkan di lingkungan sekitar kawah. Sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung api ini relatif sederhana namun dapat sangat berfungsi untuk membantu lembaga pemerintahan dan juga masyarakat dimana akan mengurangi resiko untuk pengambilan data secara langsung dan juga mempercepat masyarakat untuk memperoleh informasi sehingga bisa menghindari dari radius bahaya. Sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung api ini juga fleksibel dengan area jangkauan *wifi* yang berkisar lebih dari 100 meter. Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mempunyai efektivitas dan fleksibilitas yang baik dimana mampu mengirimkan hasil *monitoring* ke *web server* ThingSpeak hingga menampilkannya pada aplikasi *smartphone* secara *realtime*.

Kata kunci : Gunung Api, Sistem Peringatan Dini, Arduino, Web Server, Aplikasi Smartphone.

ABSTRACT

This research aims to design and build an early warning system device of volcano activity hazards based on Arduino microcontroller that can monitor changes in temperature, soil moisture and tremor through sensors placed in the environment around the crater. This early warning system of volcano activity hazards is relatively simple but can be very useful to help government institutions and also the public which will reduce the risk of data collection directly and also speed up the public to get information so that they can avoid the radius of danger. The early warning system of volcano activity hazards is also flexible with wifi coverage areas that range more than 100 meters. Based on research and test that has been done shows that the system created has a good effectiveness and flexibility which is able to send monitoring results to the ThingSpeak and then display it on a smartphone application in realtime.

Key Words : Volcano, Early Warning System, Arduino, Web Server, Smartphone Application.

1. PENDAHULUAN

Sistem peringatan dini merupakan sebuah mekanisme untuk memberikan informasi awal pada masyarakat sebelum terjadinya suatu peristiwa yang dapat mengancam keselamatan jiwa dan juga harta benda [1], sebagai contoh, adalah erupsi gunung berapi. Untuk meminimalisir dampak negatif dari suatu bencana dapat dilakukan dengan memasang alat peringatan dini [2]. Unsur-unsur yang diamati pada proses monitoring dapat

dijadikan tolak ukur untuk memprediksi kondisi pada waktu mendatang [3]. Oleh sebab itu, dengan mengetahui informasi kondisi aktivitas atau status gunung berapi dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk memperkirakan sejauh mana level atau tingkat berbahaya dari gunung terhadap keamanan dan keselamatan manusia. Monitoring aktivitas gunung berapi dapat dilakukan dengan mengamati beberapa perilaku fisik yang kemudian dijadikan sebagai tanda akan terjadinya

letusan [4]. Untuk hal ini, instansi pemerintahan yang bergerak khusus dalam bidang kegunungpian adalah Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) atau secara internasional biasa disebut dengan *Volcanology Survey Indonesia* (VSI). Pemerintah memandang perlu adanya instansi yang menangani hal ini, karena di wilayah Indonesia ada sekitar 500 gunung, dengan 129 gunung api aktif yang bisa meletus setiap saat. Dari 129 Gunung Api aktif tersebut, hanya 70 gunung api aktif yang dipantau oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologis (PVMBG) [5].

Tahapan pemantauan aktivitas gunung berapi secara umum ada 3 tahap, yaitu 1) mendatangi gunung, 2) membangun posko pemantauan, dan 3) memasang alat deteksi aktivitas gunung berapi. Akurasi yang tinggi jika pemantauan data temperatur langsung di kawah, tetap berpotensi terkena dampak dari aktivitas gunung berapi yang berbahaya. Sedangkan pemantauan tanpa mendatangi langsung ke lokasi, akan mengurangi resiko bagi pemantau [6]. Adanya perkembangan IoT membuat hampir semua kegiatan monitoring lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *wireless sensor network* [7].

Penjelasan di atas, terutama masih banyaknya gunung api aktif yang tidak terpantau, merupakan latar belakang utama untuk diperlukannya pembuatan sebuah sistem pemantauan gunung api terutama yang dapat dipantau secara *remote*. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung berapi dengan menggunakan sensor suhu, kelembaban tanah dan getaran berbasis mikrokontroler Arduino. Rancang bangun sistem ini dimaksudkan agar perkiraan status aktivitas gunung berapi dapat dilakukan dengan lebih akurat dan *realtime*. Sistem peringatan dini ini menggunakan modul *Wifi* ESP8266 untuk terhubung pada koneksi internet, sehingga hasil pembacaan sensor diolah di Arduino akan langsung dikirim ke *web server* untuk kemudian

dijadikan sebagai bahan informasi bagi kepentingan lembaga terkait. Adapun data yang ada juga diteruskan ke interface berupa aplikasi *smartphone*. Modul *Wifi* ESP8266 adalah modul *Wifi* yang handal dengan harga yang terjangkau dan juga sudah banyak digunakan dalam penelitian [8].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gunung Berapi

Gunung berapi adalah lubang kepundan atau rekahan dalam kerak bumi tempat keluarnya cairan magma atau gas atau cairan lainnya ke permukaan bumi. Material yang dirupsikan ke permukaan bumi umumnya membentuk kerucut terpancung. Beberapa faktor penentu aktivitas gunung berapi yaitu suhu kawah, kelembaban tanah dan getaran/gempa. Berdasarkan faktor-faktor tersebut dapat ditentukan status gunung. Untuk menentukan status gunung api dapat menggunakan batasan suhu dan kelembaban tanah, hal ini ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Klasifikasi Status Gunung Berapi Berdasarkan Suhu di Sekitar Kawah [9]

Permukaan	10m	15m	Status
0° – 32°C	0° – 35°C	0° – 37°C	Normal
32° – 37°C	35° – 38°C	37° – 39°C	Waspada
37° – 39°C	38° – 40°C	39° – 41°C	Siaga
> 39°C	>40°C	>41°C	Awas

Tabel 2. Klasifikasi Status Kelembaban Tanah [10]

Kelembaban Tanah	Status Tanah
<15%	Kering
15 - 35%	Lembab
>35%	Basah

Tabel 3. Klasifikasi Status Gunung Berapi Berdasarkan Kelembaban Tanah di Sekitar Kawah

Kelembaban Tanah	Status
15 – 35%	Normal
10 – 14%	Waspada
5 – 9%	Siaga
0 - 4%	Awas

Tabel 4. Catatan Aktivitas Vulkanik yang Pernah Terjadi [11]

Location	Detected ^a	M > 1	M > 2	M > 3	M > 4	Mmax	LP ^b / tremor	Eruption	Ref. ^c
Long Valley									
May-80					-15/day	M = 6 (4)	No	No	14
May-82				7/3 days		M = 4.1	No	No	
Jul-82				4/10 days		M = 3.4	No	No	
Nov-82	-100/day		-9/day			M = 2.8	No	No	
Jan-83	-800/day			25/h	-10/day	M = 5.3 (2)	No	No	13
Jun-89	-40/day	-25/day	2/day			M = 3	No	No	6
Mar-90	> 300/day					M = 3	No	No	
Campi Flegri									
Oct-83	> 300/day					M = 4	No	No	9
Mar-84	-500/day		5/day			M = 4	No	No	9
Rabaul									
Apr-84	-1700/day					M = 4.8	No	No	10
Mt. St. Helens									
Mar-80	-600/day		> 70/day	-50/day	1-4/day	M = 4	Yes	Yes	2
Matsushiro									
Nov-65	-2000/day			> 200/day		M = 5	No	No	4
Ito-Okii									
Jul-89	-400/h			40/day		M = 5.5	Yes	Yes	5
Redoubt									
Dec-89	-150/h					M < 2	Yes	Yes	1
Fuego									
Jan-77	2000/day	70/day	£5/day			M = 2.8	No	No	17
Augustine									
Feb-86	> 5000/day					M = 2.5	No	Yes	7
Usu									
Aug-77	200/h			5/h		M = 3.8	Yes	Yes	16
Pavlof									
Apr-86	800/day	400/day				M = 2.1	Yes	Yes	11
Galapagos									
Jun-68				90/day	33/day	M = 5.2	?	No	3
Kilauea									
Jan-83	> 1100/day	92/day	18/day	1/day		M = 3.3	Yes	Yes	8
Mt. Hood									
Jul-80	20/h		14/h			M = 2.8	No	No	12
Medicine Lake									
Sep-88	80/h			2/h		M = 4.2	No	No	15

Tabel 4. memberikan informasi bahwa hampir semua kejadian erupsi gunung berapi diawali atau ditandai dengan adanya gempa tremor. Bisa dipastikan apabila terjadi gempa tremor, maka kemungkinan besar akan terjadi letusan atau erupsi gunung berapi. Gempa tremor merupakan gempa yang terjadi dari akibat adanya pergerakan magma dan batuan meleleh dari dalam perut bumi menuju ke permukaan. Gempa tremor biasanya berlangsung dalam hitungan menit sampai

beberapa jam sampai akhirnya terjadi letusan atau erupsi gunung berapi.

PVMBG menetapkan radius aman untuk setiap status gunung berapi yang ada dengan tujuan. agar menghindari bahaya dari peningkatan aktivitas gunung berapi,. Radius aman setiap gunung berapi berbeda-beda tergantung pada karakteristik gunung berapi tersebut. Pada penelitian ini digunakan data radius aman dari Kawah Puncak Gunung Agung sebagai referensi yang ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Radius Aman dari Kawah Puncak Gunung Agung [12].

Status	Radius Aman (km)
Normal	0
Waspada	3
Siaga	6
Awas	9

2.2 Sistem Peringatan Dini

Sistem peringatan dini merupakan mekanisme untuk memberikan informasi awal kepada masyarakat yang berkepentingan sebelum terjadi suatu peristiwa yang dapat mengancam keselamatan jiwa dan harta benda. Sistem ini hanya efektif berfungsi bila kedatangan (intensitas, waktu, dsb.) dari suatu peristiwa di suatu tempat sudah dapat diperkirakan sebelumnya. Oleh karena itu dibutuhkan *tools* untuk mendeteksi akan terjadinya suatu peristiwa tersebut dan menjadi sumber informasi bagi yang memerlukan. Ketepatan informasi hanya dapat dicapai apabila kualitas analisis dan sintesis yang memicu keluarnya informasi mempunyai ketepatan tinggi. Ada dua bagian utama dalam sistem peringatan dini, yaitu bagian hulu berupa usaha-usaha untuk mengolah data menjadi informasi yang tepat dan bagian hilir berupa usaha diseminasi informasi kepada masyarakat.

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital *input / output* (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP, dan tombol reset. Arduino sangat banyak digunakan karena harganya yang tergolong murah, memiliki bahasa pemrograman yang menyerupai bahasa C sehingga lebih mudah dalam pembelajaran, bersifat *open source*, tersedia banyak *library* gratis yang membuat Arduino bisa terhubung dengan macam-macam sensor, memiliki soket USB sekaligus adaptor dan juga tersedia banyak modul-modul yang kompatibel dengan Arduino.

2.4 ThingSpeak

Thingspeak merupakan *platform cloud server Internet of Things* (IoT) dan mempunyai fitur dapat menganalisis data menggunakan *Tools Matlab*. Pada *platform* ini *user* dapat mengupload data sensor dari berbagai macam *development board* yang ada. Untuk dapat menggunakan layanan thingspeak, *user* harus membuat akun terlebih dahulu pada situs www.thingspeak.com dengan mengikuti langkah-langkah yang diberikan termasuk membuat *channel*, selanjutnya *user* akan mendapatkan *API key* (*Autoritation Public Key*). *API Key* adalah kode yang digunakan untuk saling berkomunikasi antara *web server* dan *device* yang dirancang. Kode ini kemudian disalin ke program yang sudah dibuat pada *software* Arduino IDE lalu *upload* ke mikrokontroler.

2.5 Android Studio

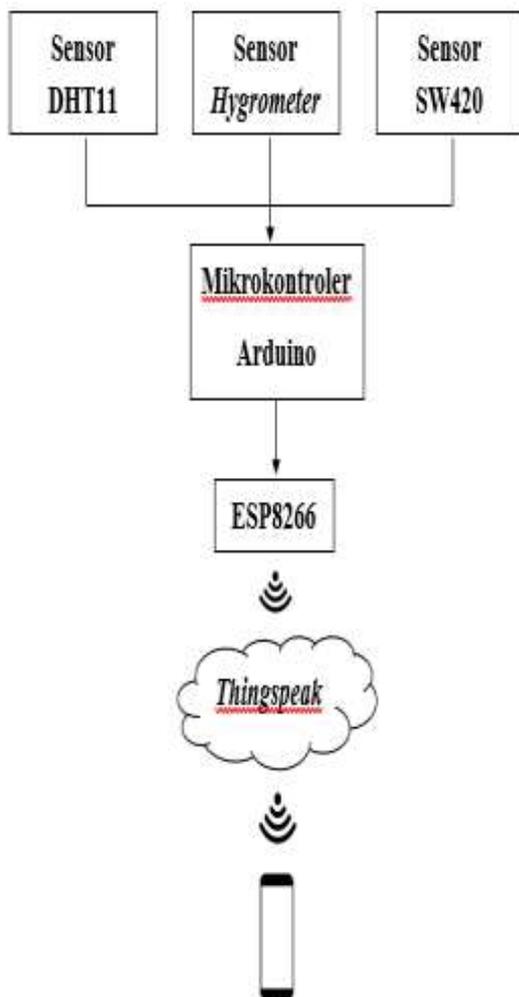
Android Studio adalah sebuah *Integrated Development Environment* (IDE) yang dapat digunakan khusus untuk membangun aplikasi android. Bahasa pemrograman utama yang digunakan adalah Java, sedangkan untuk membuat tampilan atau layout, digunakan bahasa XML. Android studio juga terintegrasi dengan *Android Software Development Kit* (SDK) untuk *deploy* ke perangkat android.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Hardware

Gambar 1., menunjukkan bahwa sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung berapi berawal dari sensor-sensor yang akan melakukan pembacaan kondisi lingkungan sekitar, yaitu sensor DHT11 akan mengukur suhu, sensor hygrometer akan mengukur kelembaban tanah dan sensor SW420 akan mendeteksi adanya getaran. Hasilnya akan dikirim ke mikrokontroler Arduino untuk diproses. Arduino terhubung dengan modul *Wifi* ESP8266 yang mana akan terkoneksi dengan *acces point* yang ada sehingga sistem terhubung dengan jaringan internet.

Selanjutnya data yang sudah diolah di mikrokontroler akan dikirimkan ke *web server thingspeak* untuk kemudian dijadikan sebagai bahan informasi bagi kepentingan lembaga terkait. Adapun data dari *web server* akan diteruskan ke aplikasi *smartphone* yang dirancang, sehingga masyarakat bisa memperoleh informasi status gunung berapi dari *smartphone* nya dan mendapatkan notifikasi peringatan serta arahan sewaktu-waktu status gunung berapi berubah menjadi lebih berbahaya.

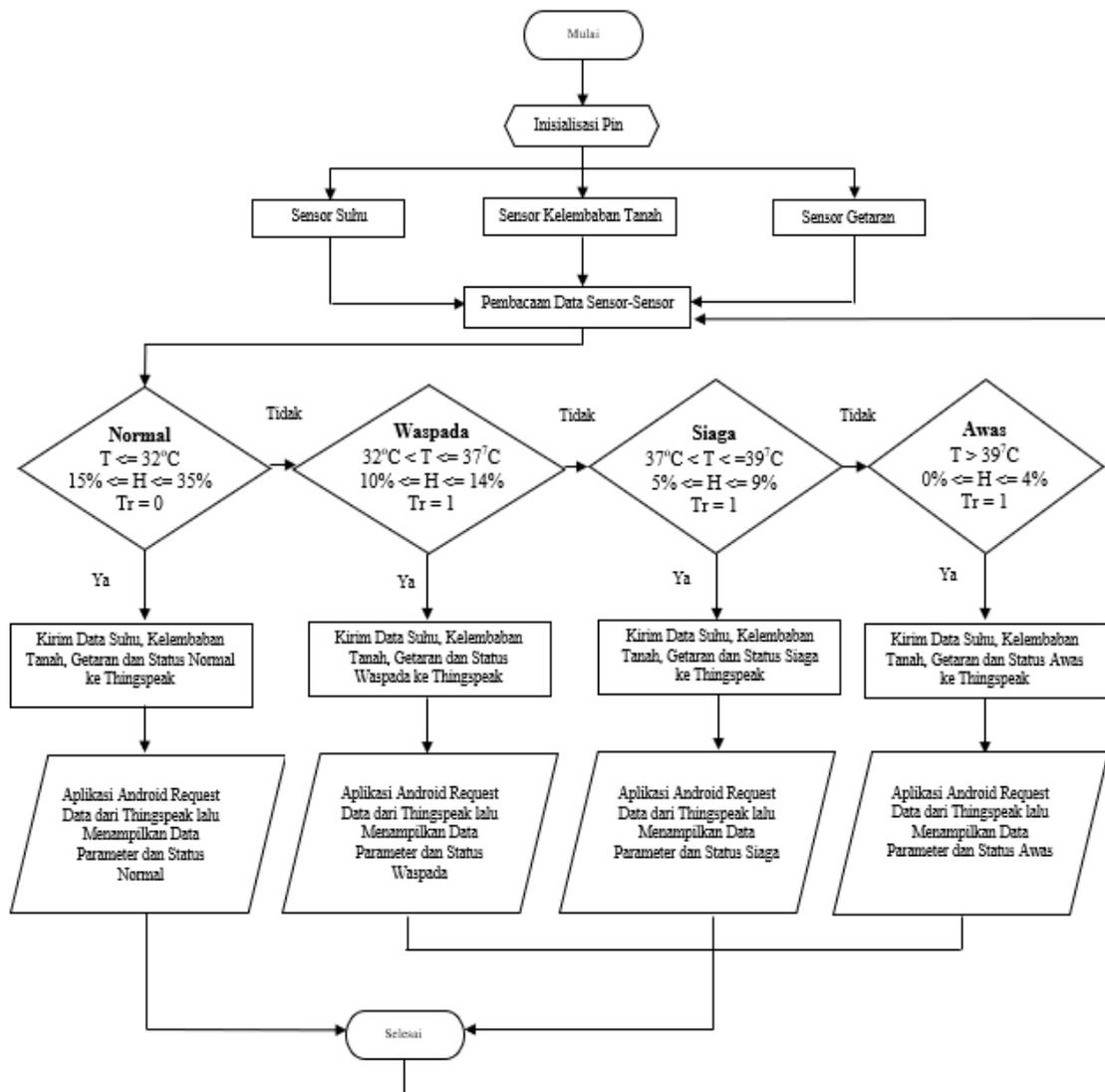


Gambar 1. Diagram Blog Hardware

3.2 Perancangan Software

Gambar 2., menunjukkan proses kerja atau logika yang dimulai dari tahap inialisasi pin komponen-komponen yang terhubung ke mikrokontroler Arduino. Sensor suhu, sensor kelembaban tanah

dan sensor getaran melakukan pembacaan kondisi lingkungan yang kemudian hasilnya diteruskan untuk diolah oleh mikrokontroler. Jika data hasil pembacaan sensor-sensor menunjukkan hasil yaitu suhu berada pada kondisi 0 - 32°C, kelembaban sebesar 15 - 35% dan tidak terjadi gempa tremor, maka data suhu, kelembaban tanah, getaran dan status "normal" akan dikirimkan ke *web server thingspeak*. Aplikasi android akan melakukan *request* data ke thingspeak lalu menampilkan data parameter dan status normal. Jika data hasil pembacaan sensor-sensor menunjukkan hasil yaitu suhu berada pada kondisi 33 - 37°C, kelembaban sebesar 10 - 14% dan terjadi gempa tremor, maka data suhu, kelembaban tanah, getaran dan status "waspada" akan dikirimkan ke *web server thingspeak*. Aplikasi android akan melakukan *request* data ke thingspeak lalu menampilkan data parameter dan status waspada. Jika data hasil pembacaan sensor-sensor menunjukkan hasil yaitu suhu berada pada kondisi 38 - 39°C, kelembaban sebesar 5 - 9% dan terjadi gempa tremor, maka data suhu, kelembaban tanah, getaran dan status "siaga" akan dikirimkan ke *web server thingspeak*. Aplikasi android akan melakukan *request* data ke thingspeak lalu menampilkan data parameter dan status siaga. Jika data hasil pembacaan sensor-sensor menunjukkan hasil yaitu suhu berada pada kondisi lebih dari 39°C, kelembaban sebesar 0 - 4% dan terjadi gempa tremor, maka data suhu, kelembaban tanah, getaran dan status "awas" akan dikirimkan ke *web server thingspeak*. Aplikasi android akan melakukan *request* data ke thingspeak lalu menampilkan data parameter dan status awas. Adapun ketika status "waspada", "siaga" dan "awas", masing-masing akan memunculkan notifikasi pada *smartphone* bahwa terjadi perubahan status gunung. Proses ini akan berulang terus-menerus karena sistem akan selalu melakukan *update* dan data akan dikirimkan ke *thingspeak* serta aplikasi jika terjadi peningkatan aktivitas gunung berapi.

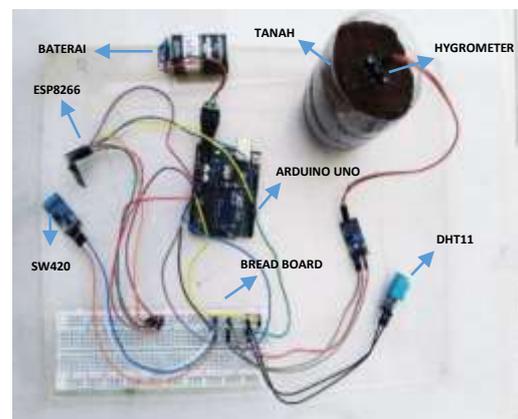


Gambar 2. Diagram Alir Software

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Hasil Perancangan

Perancangan dan realisasi sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung berapi berbasis mikrokontroler Arduino dengan menggunakan 3 sensor, yakni sensor DHT11, sensor hygrometer dan sensor SW420, telah dilakukan pada penelitian ini. Sistem peringatan dini ini terealisasi dalam bentuk prototype yang informasinya dapat dilihat pada aplikasi *smartphone*. Gambar prototype secara keseluruhan dan aplikasi *smartphone* masing-masing dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

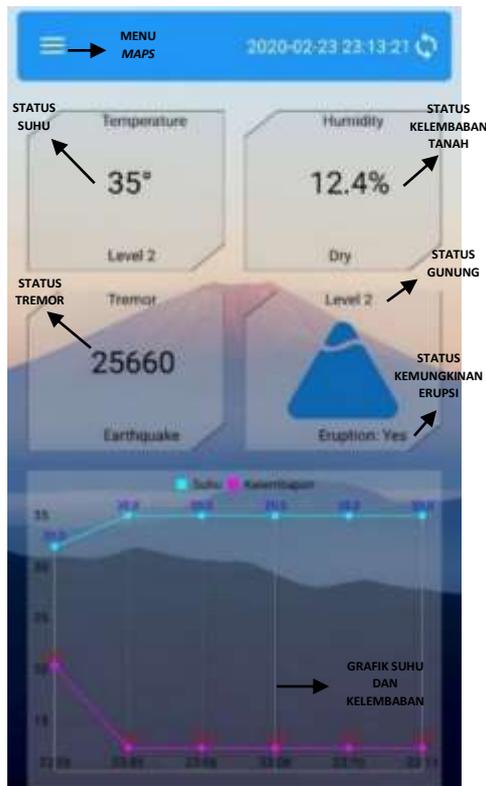


Gambar 3. Tampilan Prototype Alat

4.2 Pengujian dan Pembahasan Alat

4.2.1 Pengujian Jarak Jangkauan Wifi

Pengujian jarak jangkauan *Wifi* dilakukan dengan mengkonfigurasi modul ESP8266 sebagai *acces point*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi G-Net *Wifi* dan *Google Earth*. Pengujian dilakukan di area kampus Teknik Sipil Universitas Udayana Bukit Jimbaran, dengan rute *tracking* menjauhi *acces point* ESP. Pengukuran jarak menggunakan fitur *tools ruller* pada *google earth*.



Gambar 4. Tampilan Prototype Aplikasi

Pengujian jarak jangkauan *wifi* menggunakan *software* GNET *WIFI*. Berdasarkan Tabel 6., dapat diketahui bahwa jarak jangkauan maksimum dari perangkat sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung berapi ini adalah sebesar 133 m. Nilai RSSI yang didapatkan sebesar -91 dBm yang mana sesuai dengan yang tertera pada data sheet [13].

4.2.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

4.2.2.1 Penentuan Status Gempa Tremor

Oleh karena adanya keterbatasan dalam penggunaan *web server thingspeak*

yang menyebabkan data tidak bisa dikirim setiap detik, maka perlu dilakukan pengamatan untuk menentukan standar atau nilai minimum ketika terjadi gempa tremor. Gempa tremor dapat berlangsung dalam durasi paling singkat yaitu selama 1 menit, sehingga akan diamati berapa nilai minimum getaran yang dihasilkan dalam durasi 1 menit. Tabel 7 merupakan hasil pengamatan nilai minimum getaran yang diperoleh dalam durasi 1 menit dengan pemberian perlakuan gempa ringan yang sama.

Tabel 6. Data Hasil Drive Test

Jarak dari Acces Point (m)	RSSI (dBm)
3	-42
6	-42
8	-67
14	-68
19	-72
24	-75
29	-78
34	-79
40	-80
45	-80
50	-82
55	-84
61	-87
66	-87
71	-87
77	-88
82	-88
87	-88
92	-89
98	-89
103	-90
108	-91
113	-91
118	-90
123	-90
128	-91
133	-91
138	-127

Tabel 7. Hasil Pengamatan Nilai Minimum Getaran Dalam Durasi 1 Menit

Pengamatan ke-	Nilai Minimum Getaran
1	22047
2	21490
3	20369
4	20449
5	22140
6	24883
7	20142
8	20050
9	21012
10	20982

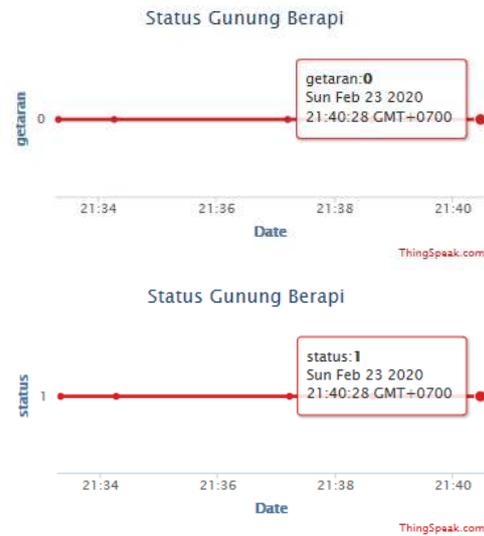
Berdasarkan Tabel 7., dapat dilihat bahwa hasil nilai minimum getaran yang dihasilkan dalam durasi 1 menit adalah di atas angka 20.000 getaran. Untuk itu dapat disimpulkan dan ditetapkan bahwa nilai minimum getaran untuk penentuan kondisi ketika terjadi gempa tremor yaitu adalah 20.000 getaran/menit.

4.2.2.2 Pengujian dengan Skenario

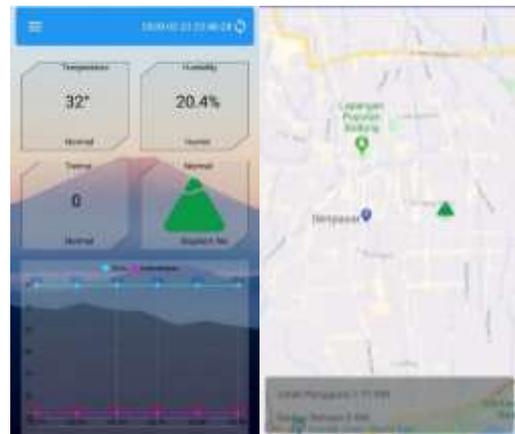
Pengujian keseleruhan sistem diperlukan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data sensor ke thingspeak dan aplikasi, serta untuk memastikan apakah *output* akhir yang tertera pada grafik-grafik thingspeak dan juga pada aplikasi sudah sesuai dengan logika yang sudah diprogram. Pengujian dilakukan pada tiap-tiap status yaitu status normal, waspada, siaga dan awas.

a. Status Normal

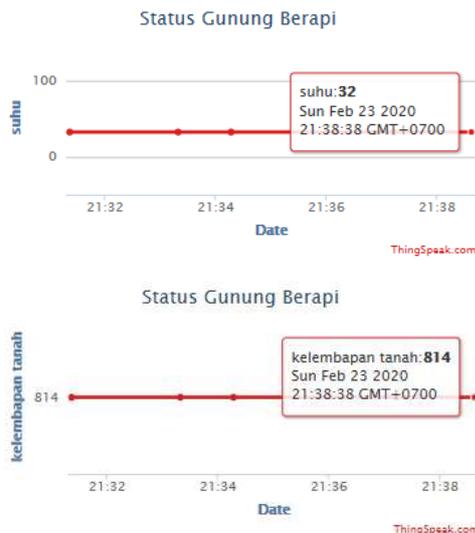
Status normal merupakan kondisi gunung berapi tidak menunjukkan adanya peningkatan aktivitas yang sifatnya signifikan. Dalam hal ini adalah tidak adanya peningkatan suhu di sekitar kawah, tidak ada penurunan tingkat kelembaban tanah dan tidak terjadi gempa tremor. Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan hasil pengujian keseluruhan sistem pada saat status normal.



Gambar 5. Tampilan Grafik Thingspeak Status Normal



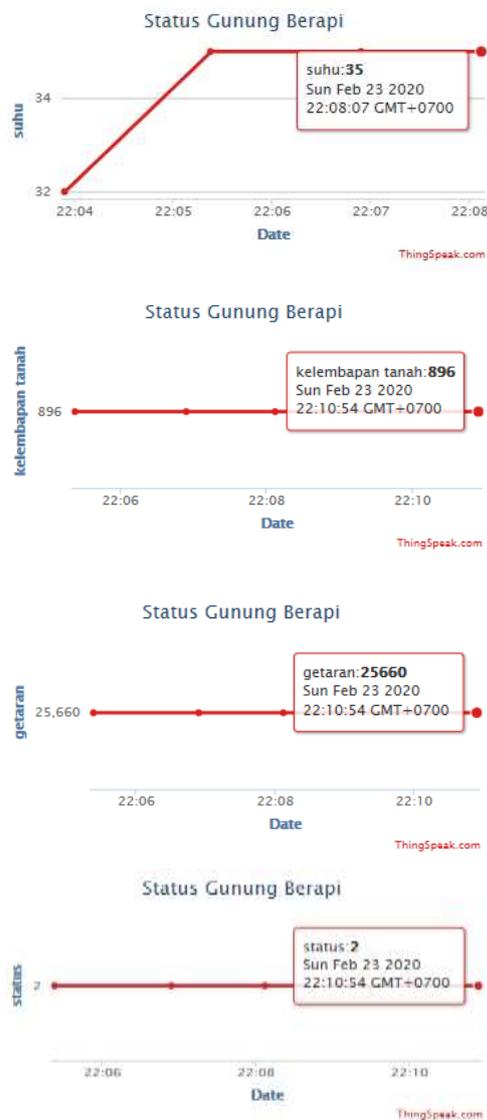
Gambar 6. Tampilan Aplikasi Status Normal



Gambar 5 dan Gambar 6, menunjukkan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan logika yang sudah di program, yaitu status normal dinyatakan dengan nilai suhu berkisar 0 - 32°C, kelembaban di antara 15 - 35% dan nilai getaran atau gempa tremor = 0. Pada tampilan *maps* menunjukkan bahwa jarak pengguna dari puncak gunung api adalah sejauh 1,71 KM. Simbol gunung berwarna hijau berarti gunung berapi berada dalam status normal dan radius bahaya sejauh 0 KM.

b. Status Waspada

Status waspada merupakan kondisi ketika gunung berapi mulai menunjukkan adanya peningkatan aktivitas baik seismik maupun vulkanik yang dalam hal ini adalah adanya peningkatan suhu secara tiba-tiba di sekitar kawah, adanya penurunan tingkat kelembaban tanah dan mulai sering terjadi gempa tremor. Pada status waspada ini mulai memungkinkan untuk terjadinya erupsi ringan, tergantung pada karakteristik gunung. Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan hasil pengujian keseluruhan sistem pada saat status waspada.



Gambar 7. Tampilan Grafik Thingspeak Status Waspada



Gambar 8. Tampilan Aplikasi Status Waspada

Gambar 7 dan Gambar 8, menunjukkan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan logika yang sudah di program, yaitu status waspada dinyatakan dengan nilai suhu berkisar 32 - 37°C, kelembaban di antara 10 - 14% dan nilai getaran atau gempa tremor > 20.000/menit. Pada tampilan *maps* pertama (kiri) menunjukkan bahwa ada peningkatan status gunung menjadi waspada, radius bahaya adalah sejauh 3 KM dan ada kemungkinan akan terjadinya erupsi. Jarak pengguna dari puncak gunung api adalah sejauh 4,33 KM dan simbol lokasi pengguna pada *maps* berada di luar *red zone*. Ini berarti bahwa pengguna sudah berada di luar radius bahaya atau sudah berada dalam radius aman. Pada tampilan *maps* kedua (kanan) menunjukkan bahwa ada peningkatan status gunung menjadi waspada, radius bahaya adalah sejauh 3 KM dan ada kemungkinan akan terjadinya erupsi. Jarak pengguna dari puncak gunung api adalah sejauh 2,73 KM dan simbol lokasi pengguna pada *maps* berada

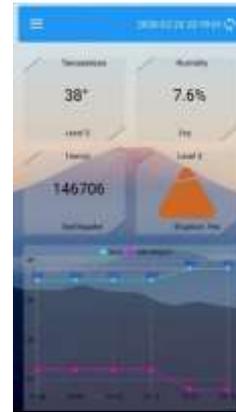
di dalam *red zone*. Ini berarti bahwa pengguna berada di dalam radius bahaya dan harus secepatnya berpindah atau melakukan evakuasi ke daerah dengan radius aman.

c. Status Siaga

Status siaga merupakan kondisi ketika gunung berapi menunjukkan adanya peningkatan aktivitas seismik secara intensif, termasuk dalam hal ini adalah adanya peningkatan suhu sekitar kawah, adanya penurunan tingkat kelembaban tanah dan seringnya terjadi gempa tremor. Pada status siaga ini sangat memungkinkan untuk terjadinya erupsi. Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan hasil pengujian keseluruhan sistem pada saat status siaga.



Gambar 9. Tampilan Grafik Thingspeak Status Siaga



Gambar 10. Tampilan Aplikasi Status Siaga

Gambar 9 dan Gambar 10, menunjukkan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan logika yang sudah di program, yaitu status siaga dinyatakan dengan nilai suhu berkisar 37 - 39°C, kelembaban di antara 5 - 9% dan nilai getaran atau gempa tremor > 20.000/menit. Pada tampilan *maps* pertama (kiri) menunjukkan bahwa ada peningkatan status gunung menjadi siaga, radius bahaya adalah sejauh 6 KM dan ada kemungkinan akan terjadinya erupsi. Jarak pengguna dari puncak gunung api adalah sejauh 6,48 KM dan simbol lokasi pengguna pada *maps* berada di luar *red zone*. Ini berarti bahwa pengguna sudah

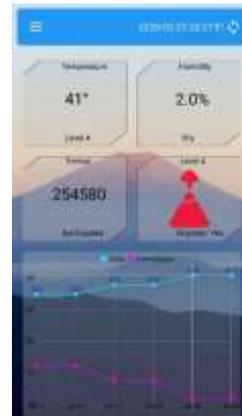
berada di luar radius bahaya atau sudah berada dalam radius aman. Pada tampilan *maps* kedua (kanan) menunjukkan bahwa ada peningkatan status gunung menjadi siaga, radius bahaya adalah sejauh 6 KM dan ada kemungkinan akan terjadinya erupsi. Jarak pengguna dari puncak gunung api adalah sejauh 5,46 KM dan simbol lokasi pengguna pada *maps* berada di dalam *red zone*. Ini berarti bahwa pengguna berada di dalam radius bahaya dan harus secepatnya berpindah atau melakukan evakuasi ke daerah dengan radius aman.

d. Status Awas

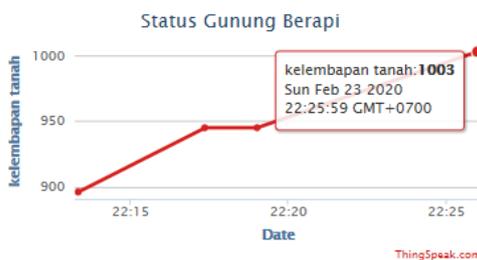
Status awas merupakan kondisi ketika gunung berapi berada dalam masa kritis dan akan segera meletus. Peningkatan aktivitas akan sangat intensif dibanding sebelumnya, termasuk dalam hal ini adalah adanya peningkatan suhu sekitar kawah dan penurunan tingkat kelembaban tanah yang sangat signifikan. Gempa tremor secara terus-menerus. Gambar 11 dan Gambar 12 merupakan hasil pengujian keseluruhan sistem pada saat status awas.



Gambar 11. Tampilan Grafik Thingspeak Status Awas



Gambar 12. Tampilan Aplikasi Status Awas



Gambar 11 dan Gambar 12, menunjukkan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan logika yang sudah di program, yaitu status awas dinyatakan dengan nilai suhu > 39°C, kelembaban di antara 0 - 4% dan nilai getaran atau gempa tremor > 20.000/menit. Pada tampilan *maps* pertama (kiri) menunjukkan bahwa ada peningkatan status gunung menjadi awas, radius bahaya adalah sejauh 9 KM dan kemungkinan besar akan terjadinya erupsi dalam waktu dekat. Jarak pengguna dari puncak gunung api adalah sejauh 9,70 KM dan simbol lokasi pengguna pada *maps* berada di luar *red zone*. Ini berarti bahwa

pengguna sudah berada di luar radius bahaya atau sudah berada dalam radius aman. Pada tampilan *maps* kedua (kanan) menunjukkan bahwa ada peningkatan status gunung menjadi awas, radius bahaya adalah sejauh 9 KM dan kemungkinan besar akan terjadinya erupsi dalam waktu dekat. Jarak pengguna dari puncak gunung api adalah sejauh 7,79 KM dan simbol lokasi pengguna pada *maps* berada di dalam *red zone*. Ini berarti bahwa pengguna berada di dalam radius bahaya dan harus secepatnya berpindah atau melakukan evakuasi ke daerah dengan radius aman.

5. KESIMPULAN

Perancangan, realisasi dan pengujian pada perangkat sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung berapi berbasis mikrokontroler Arduino dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

1. Perangkat sistem peringatan dini bahaya aktivitas gunung berapi berbasis mikrokontroler Arduino dapat diterapkan untuk memperkirakan level berbahaya dari peningkatan aktivitas gunung berapi secara realtime sehingga mencegah resiko pengambilan data secara langsung dan juga mempercepat masyarakat untuk memperoleh informasi serta menjauhi radius berbahaya.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa transmisi *wireless* yang digunakan mempunyai batas jangkauan sebesar 133 m.
3. Ada 4 status dalam peramalan status gunung berapi dengan menggunakan 3 parameter yaitu suhu, kelembaban tanah dan gempa tremor yang diklasifikasikan sebagai berikut:
 - a. Status normal, dinyatakan dengan nilai suhu berkisar 0 - 32°C, kelembaban di antara 15 - 35% dan nilai getaran atau gempa tremor = 0.
 - b. Status waspada, dinyatakan dengan nilai suhu berkisar 32 - 37

°C, kelembaban di antara 10 - 14% dan nilai getaran atau gempa tremor > 20.000.

- c. Status siaga, dinyatakan dengan nilai suhu berkisar 37 - 39 °C, kelembaban di antara 5 - 9% dan nilai getaran atau gempa tremor > 20.000.
- d. Status awas, dinyatakan dengan nilai suhu > 39°C, kelembaban di antara 0 - 4% dan nilai getaran atau gempa tremor > 20.000.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiyo, M.N., Santosa, P.I., Sumaryono, S. 2012. Purwarupa Sistem Peringatan Dini Awan Panas Gunungapi Berbasis Sistem Informasi Geografis (Kasus Gunung Merapi di Perbatasan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta). *JNTETI*, 1(1): 24-30.
- [2] Parwati, N. K. D., Wiharta, D. M., Setiawan, Widyadi. 2018. Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor dengan Sensor Hygrometer dan Piezoelectric. *E-Journal SPEKTRUM*, 5(2): 183-190.
- [3] Sucipto, Willy., Hartawan, I. G. A. K. D. D., Setiawan, Widyadi. 2017. Rancang Bangun Perangkat Pemantau Cuaca Otomatis Berbasis Mikrokontroler pada Jaringan WLAN IEEE 802.11b. *E-Journal SPEKTRUM*, 4(2): 48-55.
- [4] Alwan, C., et all. 2017. Perancangan Telemetri Aktivitas Gunung Berapi Menggunakan Sensor Seismik 3C Dengan Gelombang WiFi 2.4GHz. *Rekayasa Sipil*, 11(1): 17-23.
- [5] Hendradjaya, B., dan Hulu, E. 2012. Tinjauan Penggunaan Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Pemantauan Gunung Api Di Indonesia. *Jurnal STE/ITB Bandung*.
- [6] Pramono, J., Susila, T., Mardjoko, P.B. 2015. Perancangan Alat Telemetri Temperatur dan Gas Pada Gunung Berapi Secara *Wireless*. *TESLA*, 17(1): 88-103.

- [7] Sastra, Nyoman Putra, dan Wiharta, Dewa Made. 2016. *Environmental Monitoring as an IoT Application in Building Smart Campus of Universitas Udayana*. *IEEE*, 85-88.
- [8] Utara, G. S., Wirastuti, N. M. A. E. D., Setiawan, Widyadi. 2020. Prototipe Monitoring Suhu Ruangan dan Detektor Gas Bocor Berbasis Aplikasi BLYNK. *Journal SPEKTRUM*, 7(2): 1-7.
- [9] BPPTKG. 2016. GunungApi, merapi.bgl.esdm.go.id/pub/page.php?id=11/ diakses 27 Agustus 2019.
- [10] Suriadikusumah, A., dan Pratama, A. 2010. Penetapan Kelembaban, Tekstur Tanah dan Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kina di Sub Das Cikapundung Hulu melalui Citra Satelit Landsat-TM Image. *Jurnal Agrikultura*, 21(1): 85-92.
- [11] Sobradelo, R., Marti, J. 2014. Short Term Volcanic Hazard Assessment Through Bayesian Inference: Retrospective Application To The Pinatubo 1991 Volcanic Crisis. *Journal of Vulcanology and Geothermal Research*, 290: 1-11.
- [12] PVMBG. 2018. Laporan Kebencanaan Geologi, <https://vsi.esdm.go.id/> diakses 27 Agustus 2019.
- [13] Espressif Systems. 2015. ESP8266 *Datasheet*, <https://bbs.espressif.com/> diakses 27 Agustus 2019.