

Rancang Bangun Alat Transmisi Data Temperatur Gunung Api Menggunakan *Transceiver* nRF24L01+

Muhammad Shadri*, Wildian

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Universitas Andalas, Padang

*ajo.shadri@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merancang bangun alat transmisi temperatur gunung api menggunakan sistem telemetri nirkabel sensor berbasis Arduino Uno R3. Perangkat keras sistem ini terdiri dari satu unit *transmitter* yang dilengkapi oleh sensor LM35 dan satu unit *receiver* yang terhubung dengan pemrograman LabView pada PC. Semua unit dikendalikan dengan menggunakan Arduino Uno R3. Data temperatur dikirim oleh unit *transmitter* ke unit *receiver* menggunakan *transceiver* nRF24L01+ yang memanfaatkan gelombang radio sebagai media pengiriman. Hasil pengujian sensor LM35 memperlihatkan bahwa hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan temperatur adalah linear dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9987. Pengujian *transceiver* nRF24L01+ pada kondisi tanpap penghalang atau *line of sight* (LOS) diperoleh jarak maksimum sebesar 1,1 km. Pengujian *transceiver* nRF24L01+ pada kondisi dengan penghalang atau *non line of sight* (NLOS) pada posisi datar diperoleh jarak maksimum 258 m. Pada posisi tak datar *transceiver* nRF24L01+ bekerja maksimum pada sudut kemiringan sebesar 7,30° yaitu dengan jarak transmisi 329,67 m. Pada sudut kemiringan lebih besar dari 7,30° maka jarak transmisi akan berkurang. Kata kunci: gunungapi, gelombang radio, LM35, telemetrinirkabel, *transceiver* nRF24L01+

ABSTRACT

In this research, we designed the wireless telemetry sensor system based on Arduino Uno R3 to transmit the measured data of volcano temperature. Hardware system consists of a transmitter unit equipped by an LM35 sensor and a receiver unit connected to LabView program on a PC. All units are controlled using Arduino Uno R3. The temperature data were sent by the transmitter unit to the receiver unit using nRF24L01 + transceiver that uses radio waves as delivery medium. The LM35 sensor shows a linear relationship (with correlation coefficient of 0.9987) between the sensor output voltage with temperature. NRF24L01 + transceiver transmits data with a maximum transmission distance of 1.1 km in line of sight (LOS) condition. NRF24L01 + transceiver in non line of sight (NLOS) condition in a non-elevated ground works very well up to distance of 258 m, while in elevated ground nRF24L01 + transceiver worked on a maximum slope angle of 7.30°, with transmission distance of 329.67 m. Transmission distance decreases significantly for tilt angle larger than 7.30°.

Keywords: volcano, radio frequency, LM35, wireless telemetry, transceiver nRF24L01+

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan jumlah gunung api yang dikategorikan aktif terbanyak di dunia. Terdapat sekitar 500 gunung di wilayah Indonesia, 129 diantaranya dikategorikan sebagai gunung api aktif yang bisa meletus setiap saat. Jumlah gunung api aktif yang dipantau oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologis (PVMBG) hanya 70 gunung api (Hendrajaya & Hulu, 2012). Keadaan tersebut menjadikan Indonesia rawan dengan ancaman bencana letusan gunung api. Akibat adanya ancaman tersebut, maka diperlukan suatu sistem monitoring terhadap aktivitas gunung api. Sistem yang diperlukan adalah sistem yang dapat memberikan informasi secara *realtime* mengenai aktivitas gunung api. Menurut BPPTKG (2015), peningkatan aktivitas gunung api dapat dilihat dari naiknya frekuensi gempa, naiknya kadar belerang, membesarnya fisik gunung, perubahan kemiringan lereng dan temperatur kawah gunung api.

Tabel 1 merupakan salah satu contoh kriteria temperatur kawah gunung api, yaitu Gunung Kelud, Jawa Timur sebagai penentu status gunung api. Pada Tabel 1 temperatur kawah Gunung Kelud Jawa Timur diukur pada 3 titik yaitu permukaan, kedalaman 10 m dan 15 m. Tingkatan temperatur masing-masing titik digunakan sebagai parameter penentu status gunung tersebut. Penerapan alat pemantau temperatur kawah pada gunung api yang lain mesti melakukan kajian dan penyesuaian karakteristik perubahan temperatur kawah pada setiap gunung api sehingga dapat ditentukan parameter statusnya. Penelitian ini akan mengukur perubahan temperatur pada permukaan kawah gunung api. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa

temperatur pada permukaan kawah gunung api akan berstatus normal pada kisaran 0-32°C, sedangkan pada kisaran 33-37°C gunung api akan berstatus waspada, pada kisaran 38-39°C gunung api akan berstatus siaga dan pada temperatur di atas 39°C gunung api akan berstatus awas.

Tabel 1 Data temperatur sebagai penentu status Gunung Kelud

Permukaan	Kedalaman 10 m	Kedalaman 15 m	Status
0°C-32°C	0°C-35°C	0°C-37°C	Normal
33°C-37°C	36°C-38°C	38°C-39°C	Waspada
38°C-39°C	39°C-40 °C	40°C-41°C	Siaga
>39 °C	>40 °C	>41 °C	Awas

(Sumber: BPPTKG, 2016)

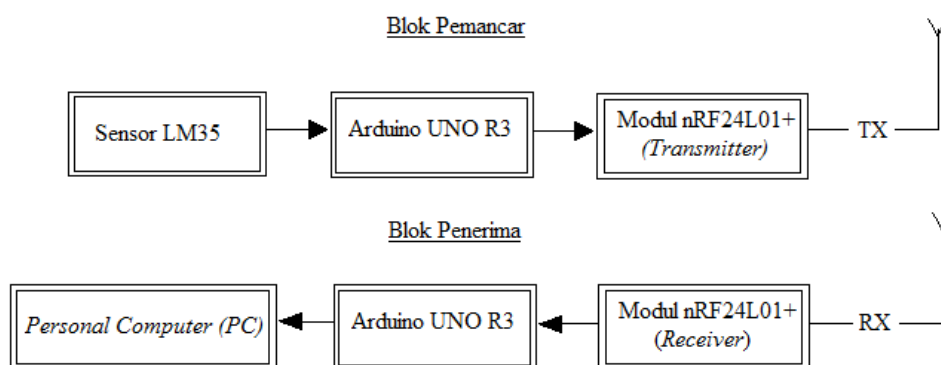
Pamungkas dan Wirawan (2015) merancang desain *realtime* monitoring berbasis *wireless sensor network* upaya mitigasi bencana erupsi gunung api menggunakan protokol zigbee/IEEE 802.15.4. Sistem telemetri tersebut dapat menjangkau jarak maksimum pada tiap node sensor pada kondisi tanpa penghalang adalah 500 m sedangkan jarak jangkauan tiap node pada kondisi dengan penghalang hanya berkisar 15 m tergantung jenis material penghalang.

Pada penelitian ini dirancang sistem pengukuran temperatur kawah gunung api secara nirkabel. Pemilihan modul *transceiver* merupakan hal yang cukup penting dalam merancang suatu sistem telemetri nirkabel. Penelitian ini akan merancang bangun alat transmisi data temperatur kawah gunung api secara telemetri nirkabel menggunakan nRF24L01+. Pemilihan nRF24L01+ karena memiliki *data rate*, stabilitas, akurasi dan toleransi yang lebih baik dibandingkan Xbee Pro (Fajriansyah dkk., 2016). Selain itu, jangkauan transmit data modul nRF24L01+ dapat mencapai jarak maksimum 1000 m (Docfoc, 2016).

II. METODE

2.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem untuk perancangan perangkat keras yang akan dibangun dalam penelitian ini adalah seperti pada Gambar 1. Rancangan uji coba sistem telemetri nirkabel pengukuran temperatur ini diawali dengan penginderaan besaran temperatur lingkungan/objek oleh sensor LM35. Temperatur objek yang diukur adalah tanah yang dimasukkan ke dalam wadah yang terbuat dari logam dan diletakan di atas pembakar spritus. Penggunaan pembakar spritus bertujuan untuk membantu meningkatkan temperatur tanah sebagai simulasi yang merepresentasikan kondisi peningkatan temperatur kawah gunung api saat akan erupsi. Sensor LM35 ke dalam tanah sedalam kurang lebih 3 cm, hal ini bertujuan sebagai uji coba untuk keadaan sebenarnya saat alat ini akan digunakan pada kondisi di lokasi kawah gunung api.



Gambar 1 Diagram blok sistem

Keluaran sistem sensor ini berupa tegangan *digital* yang kemudian akan diteruskan ke Arduino Uno R3. Sementara itu modul nRF24L01+ pada bagian *transmitter* (TX) yang telah menerima data dari Arduino Uno R3 akan memodulisasikan sinyal digital tersebut pada gelombang radio dan mengirimkan data tersebut ke bagian *receiver* (RX). Selanjutnya, pada

receiver data yang telah diterima akan diolah kembali oleh Arduino Uno R3 dan masuk ke *personal computer* untuk ditampilkan dengan program LabView.

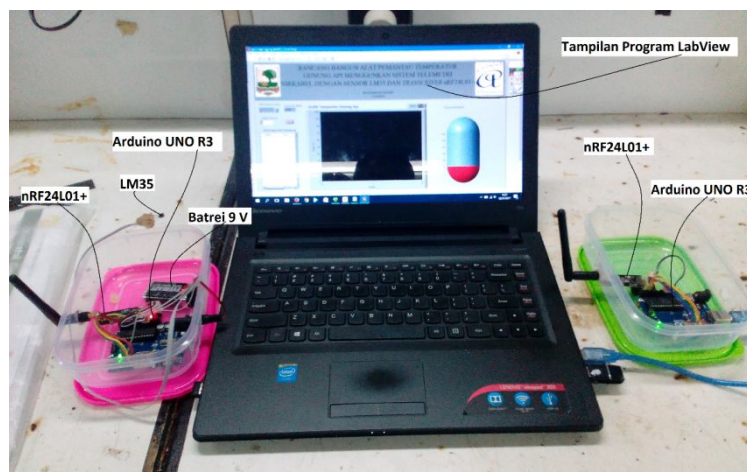
2.2 Rancangan Perangkat Lunak Alat

Perancangan perangkat lunak sistem telemetri nirkabel ini dibagi menjadi dua unit yaitu unit *transmitter (Tx)* dan unit *receiver (Rx)*. Pada Unit *transmitter (Tx)* terdapat pemrograman pada Arduino Uno R3 sebagai pengontrol *transceiver* nRF24L01+ dan pemrograman pengolah data sensor LM35 yang akan dikirim ke unit *receiver*. Pada unit *receiver (Rx)* terdapat pemrograman pada Arduino Uno R3 sebagai pengontrol *receiver* nRF24L01+ dan pengolahan data yang akan ditampilkan pada komputer menggunakan LabVIEW.

Pemrograman pada Arduino Uno R3 menggunakan bahasa C dan pemrograman dalam komputer menggunakan LabVIEW. Ketika penanaman program pada arduino, maka diperlukan kabel USB untuk *interface* antara Arduino Uno R3 dengan komputer yang terhubung melalui port USB pada Arduino Uno R3 sekaligus sebagai sumber tegangan bagi Arduino Uno R3 dan untuk LabVIEW cukup hanya didalam komputer. Tampilan data pada komputer terdiri dari ketinggian lingkungan/objek, grafik temperatur lingkungan/objek dan rekaman data temperatur lingkungan/objek.

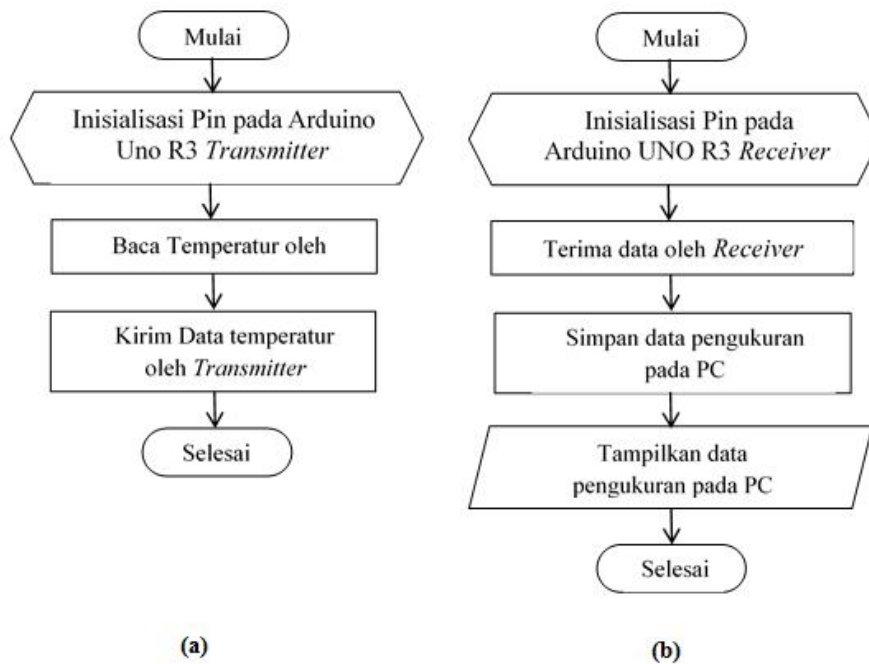
2.3 Rancangan Keseluruhan Alat

Rancangan sistem telemetri nirkabel untuk pengukuran temperatur gunung api menggunakan sensor LM35 dan *transceiver* nRF24L01+ dilakukan secara bertahap yang disertai dengan pengujian setiap bagian alat. Rangkaian keseluruhan alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan Keseluruhan Alat

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa sensor LM35 dan modul *transceiver* nRF24L01+ dihubungkan ke Arduino Uno R3 untuk sistem *transmitter* serta dipasang batrai 9 volt yang pada *port* batrai arduino sebagai sumber tegangan. Pada sistem *receiver*, modul *transceiver* nRF24L01+ dipasang dengan arduino dan langsung terhubung dengan PC melalui kabel USB arduino. Tampilan pada PC menggunakan program LabView yang telah terintegrasi dengan program Arduino Uno R3. Perancangan perangkat lunak sistem telemetri nirkabel ini dibagi menjadi sistem *transmitter (Tx)* dan sistem *receiver (Rx)* dengan *flowchart* seperti dilihat pada Gambar 3.

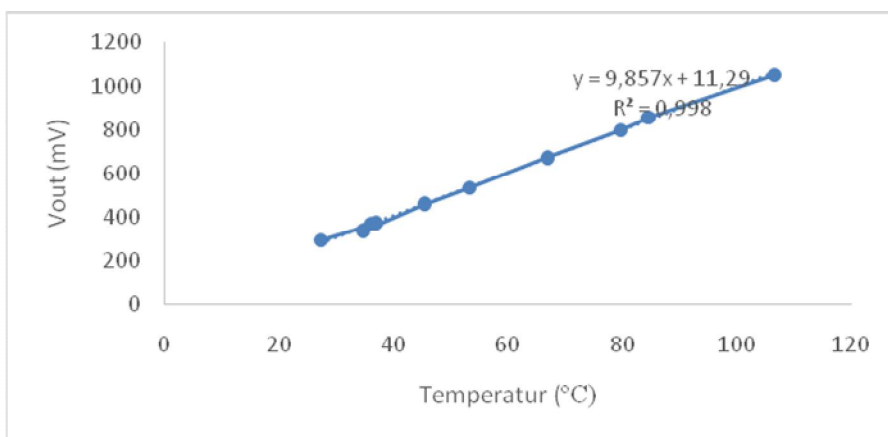


Gambar 3 (a) Diagram alir perangkat lunak unit transmitter (Tx) (b) Diagram alir perangkat lunak unit receiver (Rx)

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sensor LM35

Pengujian sensor LM35 dilakukan dengan dua tahapan. Pengujian pertama yaitu proses karakterisasi sensor LM35 dimana dilakukan perbandingan temperatur yang terbaca pada keluaran sensor LM35 dengan tegangan yang terbaca oleh multimeter digital pada kaki sensor LM35 saat melakukan penginderaan. Fungsi transfer pada grafik memperlihatkan bahwa tegangan keluaran LM35 sebanding dengan temperatur pada sampel, dengan derajat korelasi sebesar $R^2=0,9987$. Nilai tegangan keluaran sensor yang diperoleh dapat dianggap mendekati nilai fungsi transfer ideal sensor LM35 sebagaimana dinyatakan pada landasan teori yaitu sensor LM35 memiliki faktor skala linear +10,0 mV/ °C. Plot data tegangan terhadap temperatur diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 4 Grafik hubungan tegangan terhadap temperatur pada LM35.

Pengujian kedua yaitu perbandingan nilai temperatur yang dibaca oleh sensor LM35 dengan termometer digital. Temperatur objek yang diukur pada pengujian ini adalah tanah yang dimasukkan ke dalam wadah yang terbuat dari logam dan diletakan di atas pembakar spiritus. Perbandingan nilai temperatur yang terbaca oleh LM35 dengan temperatur yang terbaca pada termometer acuan dilakukan setelah sensor LM35 dikarakterisasi dan fungsi transfernya

dimasukkan kedalam program yang ditanamkam ke Arduino Uno R3. Hasilnya diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan temperatur LM35 dengan termometer.

No	Termometer (°C)	Sensor LM35 (°C)	Error (%)
1	27,30	27,86	2,1
2	29,90	28,35	5,4
3	33,20	32,76	1,30
4	56,20	55,72	0,84
5	64,80	63,54	1,90
6	65,30	64,32	1,50
7	66,00	65,96	0,06
8	72,80	71,60	1,68
9	75,40	75,27	0,17
10	76,80	76,79	0,01
Error rata-rata			1,49

Error rata-rata yang didapatkan dari hasil perbandingan nilai temperatur yang didapatkan oleh masing-masing alat yaitu sebesar 1,49 %. Hal ini menunjukkan bahwa sensor LM35 dapat bekerja dengan cukup baik karena telah mendekati nilai pada termometer acuan.

3.2 Hasil Pengujian Modul Transceiver nRF24L01+

3.2.1 Hasil Pengujian Modul Transceiver nRF24L01+ Pada Kondisi LOS

Pengujian modul *transceiver* nRF24L01+ pada kondisi LOS dengan meletakkan unit *transmitter* dan unit *receiver* pada posisi yang sedapat mungkin tidak ada penghalang antara keduanya. Pengiriman data dari unit *transmitter* ke unit *receiver* dengan mengirimkan kode 212. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Karakterisasi modul *transceiver* nRF24L01+ kondisi LOS

No	Jarak (m)	Kode Pada Transmitter	Kode Pada Receiver	Status data
1	200	212	212	Terkirim
2	400	212	212	Terkirim
3	600	212	212	Terkirim
4	800	212	212	Terkirim
5	1000	212	212	Terkirim
6	1100	212	212	Terkirim
7	1200	212	-	Tidak terkirim

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pengiriman data (kode 212) dari unit *transmitter* ke unit *receiver* dengan kondisi LOS dapat menjangkau jarak maksimum 1100 Jarak tersebut sesuai dengan *datasheet* nRF24L01+ yang memiliki jangkauan jarak 1,1 km (Docfoc, 2016). Ini disebabkan karena tidak adanya penghalang antara unit penerima dan unit pemancar sejauh 1,1 km, sehingga redaman yang terjadi hanya karena FSL (*Free Space Loss*) yang masih bisa ditoleransi oleh sensitivitas penerima.

3.2.2 Hasil Pengujian Modul Transceiver nRF24L01+ Pada Kondisi NLOS

Pengujian modul *transceiver* nRF24L01+ pada kondisi NLOS dilakukan dengan posisi datar dan posisi tidak datar. Hasil pengujian modul *transceiver* nRF24L01+ pada kondisi NLOS dengan posisi datar dapat dilihat pada Tabel 4. Jarak transmisi maksimum yang dapat dijangkau pada kondisi ini adalah 258 m. Hal ini disebabkan oleh pelemahan energi yang terjadi selama propagasi gelombang sehingga energi gelombang radio diabsorpsi oleh penghalang tersebut menyebabkan sinyal tidak mampu mengirimkan informasi pada jarak yang lebih jauh.

Tabel 4 Pengujian *transceiver* nRF24L01+ kondisi NLOS dengan posisi datar

No	Jarak (m)	Temperatur Pada <i>Trasmitter</i> (°C)	Temperatur pada <i>Receiver</i> (°C)	Status data
1	50	27	27	Terkirim
2	100	28	28	Terkirim
3	150	29	29	Terkirim
4	200	30	30	Terkirim
5	250	31	31	Terkirim
6	258	31	31	Terkirim
7	300	30	-	Tidak Terkirim

Hasil pengujian modul *transceiver* nRF24L01+ pada kondisi NLOS dengan posisi tak datar dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel 5 dapat dilihat ketika posisi *Tx* berada pada ketinggian maksimal yaitu di lantai 4 jarak transmisi juga memperoleh maksimal yaitu 329,67. Ketika posisi ketinggian *Tx* diubah diturunkan maka jarak transmisinya juga akan menurun. Satu hal yang menarik adalah setiap variasi ketinggian posisi *Tx*, diperoleh besar sudut kemiringan yang hampir sama untuk mencapai jarak transmisi maksimal di setiap posisi *Tx* tersebut yaitu 7,68°; 7,91°; dan 7,30. Hal ini menunjukkan bahwa modul *transceiver* NRF24L01+ dapat bekerja dengan jarak maksimal pada sudut kemiringan daerah kurang lebih sebesar 7°.

Tabel 5 Hasil Pengujian *transceiver* nRF24L01+ pada kondisi NLOS dengan posisi tak datar

Lantai	Posisi <i>Tx</i> (mdpl)	Posisi <i>Rx</i> (mdpl)	Sudut (°)	Jarak Transmisi (m)	Kode pada unit <i>transmitter</i>	Kode pada unit <i>receiver</i>
2	252,08	227,08	7,68	188,69	212	212
3	255,17	223,11	7,91	238,26	212	212
4	258,87	217,01	7,30	329,67	212	212

3.3 Pengujian Rancang Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan sudah meliputi *hardware* dan *software*. Pengambilan data dilakukan di lereng bukit yang berlokasi di belakang gedung Lapangan Futsal UNAND. Lokasi ini merupakan bagian dari perbukitan yang mengelilingi kampus UNAND mulai dari dasarnya di daerah Batu Busuk dengan ketinggian 170,99 mdpl puncaknya di Lapangan Futsal UNAND dengan ketinggian 244,14 mdpl dengan sudut kemiringan yaitu 11,30°. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil pengujian alat secara keseluruhan

No	Jarak Transmisi (m)	Trasmitter (°C)	Receiver (°C)	Status data
1	20	28	28	Terkirim
2	40	29	29	Terkirim
3	60	30	30	Terkirim
4	80	38	38	Terkirim
5	100	41	41	Terkirim
6	110	43	43	Terkirim
7	120	45	-	Tidak Terkirim

Dari hasil pengujian alat secara keseluruhan dapat dilihat bahwa jarak transmisi maksimal adalah 110 m pada daerah uji coba lereng perbukitan dengan kemiringan daerah transmisi adalah 11,30° serta banyak pepohonan. Kondisi ini disesuaikan dengan kondisi daerah lereng gunung, dimana beberapa data gunung api di Indonesia memiliki besar sudut kemiringan lereng berkisar antara 5°-20° seperti gunung Marapi, Kelud, Rinjani dan sebagainya (Badan Geologi Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2015). Sehingga dengan demikian alat ini sudah dapat bekerja pada kondisi yang *real* yaitu daerah lereng gunung.

IV. KESIMPULAN

Transceiver nRF24L01+ pada kondisi LOS dapat bekerja mengirimkan data dengan jarak transmisi maksimum sebesar 1,1 km. *Transceiver* nRF24L01+ dengan kondisi NLOS pada posisi datar berhasil pada jarak maksimum 258 m, sedangkan posisi tak datar *transceiver* nRF24L01+ bekerja maksimum pada sudut kemiringan sebesar $7,30^\circ$ yaitu dengan jarak transmisi 329,67 m. Alat transmisi data temperatur ini menggunakan sistem telemetri nirkabel dengan sensor LM35 dan *transceiver* nRF24L01+ sudah dapat bekerja dengan jarak transmisi maksimum 110 m pada lokasi dengan kemiringan lereng sebesar $11,30^\circ$. Kondisi yang mempengaruhi proses transmisi data adalah penghalang yang berupa benda-benda di sekitar transmisi dan ketinggian posisi dari *transmitter* dan *receiver*. Apabila ketinggian antara *transmitter* dan *receiver* berbeda maka akan dapat melemahkan proses propagasi gelombang radio tetapi jika ketinggiannya sama maka akan memperoleh jarak yang maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- BPPTKG, 2016, Pemantauan Gunung Api, merapi.bgl.esdm.go.id/pub/page.php?id=11, diakses 27 Januari 2017.
- Docfoc, 2016, 2,4G nRF24L01 Wireless Module w / PA and LNA, <http://www.docfoc.com/datasheet-wir020>, diakses Agustus 2016.
- Fajriansyah, B., Ichwan, M., dan Susana, R., 2016, Evaluasi Karakteristik Xbee Pro dan nRF24L01+ sebagai *Transceiver* Nirkabel, Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung.
- Hendradjaya, B., dan Hulu, E., 2012, Tinjauan Penggunaan Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Pemantauan Gunung Api Di Indonesia, *Jurnal*, STEI ITB, Bandung
- Pamungkas, J., dan Wirawan, 2015, Desain Real-Time Monitoring Berbasis *Wireless Sensor Network* Upaya Mitigasi Bencana Erupsi Gunungapi, JNTETI, Vol. 4, No. 3.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG), 2016, Badan Geologi, www.vsi.esdm.go.id, diakses 27 Januari 2017.