

# **PENGARUH MOBILITAS *END DEVICE* PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)* UNTUK PEMANTAUAN GAS CO DAN H<sub>2</sub>S PADA KAWAH IJEN KABUPATEN BANYUWANGI**

---

---

**Subono<sup>(1)</sup>, Alfin Hidayat<sup>(2)</sup>, Akhmad Afandi<sup>(3)</sup>**

Politeknik Negeri Banyuwangi

[subono@poliwangi.ac.id<sup>\(1\)</sup>](mailto:subono@poliwangi.ac.id)

[alfin.hidayat@poliwangi.ac.id<sup>\(2\)</sup>](mailto:alfin.hidayat@poliwangi.ac.id)

[akhmad.afandi@poliwangi.ac.id<sup>\(3\)</sup>](mailto:akhmad.afandi@poliwangi.ac.id)

## **Abstrak**

Gunung Ijen terletak di perbatasan kabupaten Banyuwangi dan Bondowoso. Gunung Ijen merupakan salah satu gunung aktif di Indonesia dengan ketinggian 2443 mdpl. Gunung ijen terkenal dikalangan wisatawan domestik maupun luar negeri karena fenomena alam api biru dan penambang belerang tradisional. Berdasarkan pengamatan terakhir dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPDB) kabupaten Banyuwangi pada bulan maret 2018 tercatat 30 orang mengalami keracunan gas CO dan H<sub>2</sub>S. Berdasarkan Kepala Pos Pengamatan Gunung Api (PPGA) Kawah Ijen, pada bulan maret terjadi aktifitas vulkanik yang memicu keluarnya gas CO dan H<sub>2</sub>S dalam konsentrasi pekat dan membahayakan pengunjung, penambang maupun penduduk sekitar. Peringatan dini gas beracun (CO, H<sub>2</sub>S) diperlukan sebagai dasar evakuasi sebelum jatuh korban. Kondisi wilayah kawah ijen dengan tebing curam mencapai kemiringan 45°, berbatu, terjal dan licin, sehingga memerlukan pemantauan gas beracun dengan teknologi jaringan nirkabel. Pemanfaatan WSN dengan topologi *Star Single Hop* dapat digunakan sebagai *Early Warning System (EWS)*. Beberapa syarat harus dipenuhi agar paket data dan gain signal tetap pada posisi optimal. Jarak antar sensor data dan server maksimal 100 meter. Jumlah paket data yang dikirimkan maksimal 200 tiap mili detik dengan kecepatan 3.14 Kbps.

**Kata-kata kunci:** WSN, Single Hop, EWS

### **Abstract**

*Mount Ijen is located on the border of Banyuwangi and Bondowoso districts. Mount Ijen is one of the active mountains in Indonesia with an altitude of 2443 masl. Gunung Ijen is well-known among domestic and foreign tourists because of the natural phenomenon of blue fire and traditional sulfur miners. Based on the latest observations from the Badan Penanggulangan Bencana Alam (BPDB) of Banyuwangi district in March 2018 there were 30 people experiencing CO and H<sub>2</sub>S gas poisoning. According to the Kepala Pos Pengamatan Gunung Api (PPGA) of Ijen Crater, volcanic activity occurred in March which triggered the release of CO and H<sub>2</sub>S gas in concentrated concentrations and endangered visitors, miners and surrounding residents. Early warning of toxic gases (CO, H<sub>2</sub>S) is needed as a basis for evacuation before falling victim. The condition of the Ijen crater area with steep cliffs reaches a slope of 45<sup>0</sup>, rocky, steep and slippery, which requires monitoring of toxic gases with wireless network technology. The utilization of WSN with Star Single Hop topology can be used as an Early Warning System (EWS). Some requirements must be fulfilled so that the data package and signal gain remain in the optimal position. The distance between the data sensor and the server is a maximum of 100 meters. The number of data packets sent is a maximum of 200 each milliseconds at a speed of 3.14 Kbps.*

**Keywords:** WSN, Single Hop, EWS

## **1. PENDAHULUAN**

Aktifitas vulkanologi memberikan berbagai dampak bencana pada kegiatan dan kehidupan masyarakat di sekitarnya, diantaranya adalah gas beracun yang keluar dari kawah. Pada kawah ijen terdapat danau dari air hujan yang terkumpul secara bertahap dan akan mengalir keluar melalui aliran sungai kalipait di sekitar lereng gunung ijen. Kawah ijen merupakan tujuan pariwisata dalam dan luar negeri. Para penduduk sekitar dari 4 desa dan 200 Kepala Keluarga menggantungkan hidupnya dari hasil tambang belerang. Sistem Peringatan Dini gas beracun diperlukan untuk memberikan rasa aman bagi pengunjung kawah ijen atau penduduk sekitar dari bahaya gas beracun. Evakuasi segera dilakukan untuk menghindari korban jiwa akibat gas beracun. Dasar evakuasi adalah dengan sistem peringatan dini bahaya gas beracun. Gas beracun ini adalah gas CO dan H<sub>2</sub>S dengan kepekatan tinggi. Sehingga berbahaya bagi manusia karena

menyebabkan keracunan dengan gejala mual muntah, pingsan sampai meninggal dunia. Teknologi jaringan berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)* adalah sebuah jaringan yang menghubungkan perangkat-perangkat seperti sensor, node, router dan sink node tanpa menggunakan kabel atau biasa disebut dengan jaringan *wireless*. Jaringan WSN mampu mengirimkan data secara akurat, realtime, efisien dan efektif dengan minimnya permasalahan serta gangguan yang akan terjadi dimasa mendatang. Implementasi WSN digunakan jaringan *Single-Hop* agar router dapat menerima data sensor lebih dari satu pengirim. Metode *Single-Hop* sangat memungkinkan pengiriman data sensor lebih cepat dikarenakan masing-masing node pengirim langsung terhubung dengan node pusat atau router.

Kawah Ijen merupakan danau sulfur dengan luas 54 hektar dan mengandung sekitar  $36000000 \text{ m}^3$  air asam yang sangat panas. Kedalaman bibir kawah mencapai 200 meter dengan kondisi bebatuan cadas dan kemiringan mencapai  $45^\circ$ . Proses peringatan dini dan evakuasi terhadap para penambang dan wisatawan akibat gas beracun mempuyai tingkat urgensi yang tinggi. Peringatan dini bahaya gas beracun dari dasar kawah gunung ijen harus dapat terdeteksi dengan tepat dan terkirim melalui WSN menuju titik server dan diteruskan ke pos pemantauan. Proses pengiriman data sensor WSN pada kondisi bebatuan cadas dan sudut kemiringan  $45^\circ$  dari dasar kawah menuju bibir tebing atas sebagai titik server memerlukan analisis metode topologi jaringan WSN yang tepat. Hasil penerapan topologi jaringan dilakukan menggunakan variasi jarak dan kondisi tebing yang berbeda.

Yang menjadi rumusan permasalahan adalah kondisi tebing kawah ijen yang terdiri batuan cadas dan sudut kemiringan mencapai  $45^\circ$  meyulitkan transmisi sinyal dari sensor ke server, Penggunaan topologi single hop sesuai dengan kondisi tebing kawah ijen dengan memanfaatkan transmisi sinyal langsung dari sensor ke server, dan Perubahan variable jarak antara sensor dan server digunakan untuk menghasilkan kualitas sinyal optimal.

Tujuan memperoleh kualitas sinyal optimal dengan beberapa variable jarak yang ditentukan berdasar kondisi tebing kawah ijen dengan mengacu pada paket data yang hilang terhadap paket data

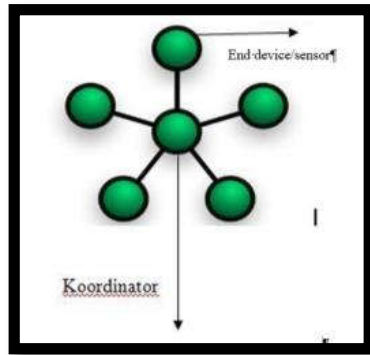
yang dikirimkan. Kontribusi yang ditawarkan adalah Kualitas signal yang optimal dengan menekan jumlah data yang hilang dan meningkatkan akurasi data yang dikirimkan. Kualitas sinyal optimal dapat meningkatkan respon pada sistem peringatan dini, sehingga sistem peringatan dini dapat memberikan informasi yang cepat dan tepat

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya tentang WSN, mempelajari jaringan multihop dengan baudrate 9600 mempunyai tingkat keberhasilan 100%. Artinya semua paket data yang dikirim dapat diterima dengan baik. Pada penelitian yang saya ajukan menggunakan topologi jaringan single hop dengan baudrate 9600 agar tingkat keberhasilan mencapai 100%. Kondisi topologi halangan pada penelitian sebelumnya juga diperhitungkan karena mempengaruhi jangkauan maksimum, seperti halangan pada kawah gunung ijen. Semakin banyak lompatan atau hop pada penelitian sebelumnya menyebabkan semakin besar paket data yang hilang. Sehingga pada usulan penelitian ini menggunakan singlehop [1], [2], [3].

### 2.1 WSN

*Wireless Sensor Network* (WSN) adalah sebuah jaringan yang menghubungkan antar perangkat atau komunikasi antar mesin (*M2M communication*) salah satunya adalah komunikasi antar perangkat sensor. Perangkat ini terhubung secara nirkabel dan mendukung komunikasi data berdasar standart IEEE 802.15.4. Sedangkan *Single-Hop* yaitu istilah yang merujuk pada komunikasi beberapa perangkat yang melibatkan perangkat antara sensor dan server, *Single-Hop* melibatkan perangkat seperti *XBee Pro S2* untuk meneruskan sebuah paket data sensor dari satu node dan node yang lain terhadap server dalam jaringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

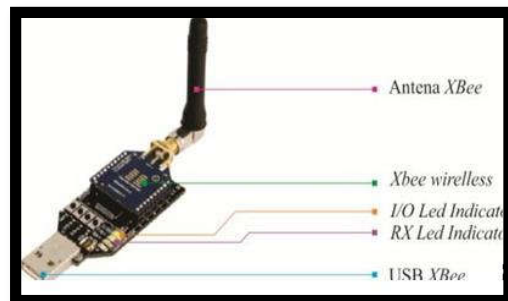


GAMBAR 1 TOPOLOGI SINGLE HOP

Setiap *End Devices* mengirimkan data sensor langsung menuju server atau koordinator pusat yang berada di tengah.

## 2.2 Zigbee Pro S2

*Zigbee Pro S2* atau *XBee* merupakan modul RF yang didesain dengan standar protokol *IEEE802.15.4* dan sesuai dengan kebutuhan sederhana untuk jaringan *wireless*. Kelebihan utama yang menjadikan *XBee* sebagai komunikasi serial nirkabel karena *XBee* memiliki konsumsi arus yang rendah yaitu 35 mA dan tegangan 3,3 V beroperasi pada rentang frekuensi 2,4 GHz. *XBee* dapat berkomunikasi antar node dan server untuk mengirimkan data sensor. Dalam melakukan komunikasi dengan perangkat lainnya *XBee* mampu melakukan komunikasi dengan dua macam komunikasi yang berbeda, tergantung dari perangkat apa yang dihubungkan dengan modul *XBee*. Komunikasi dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan *wireless* dan komunikasi secara serial. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

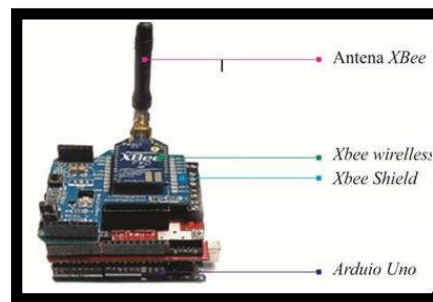


GAMBAR 2 ZIGBEE PRO S2 DENGAN DOWNLOADER

### 2.3. Node

*Node* atau *end device* adalah salah satu titik sambungan, titik redistribusi, atau titik akhir komunikasi (beberapa terminal peralatan). Definisi node tergantung pada jaringan dan protokol lapisan tersebut. Sebuah node jaringan fisik adalah aktif perangkat elektronik yang terpasang ke jaringan, dan mampu membuat, menerima, atau mengirimkan informasi melalui saluran komunikasi.

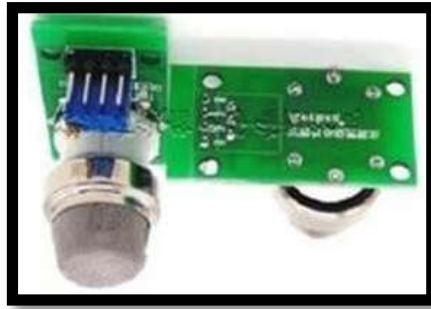
Pada jaringan WSN *Single-Hop*, perangkat yang terpasang ialah arduino, *Shield XBee*, dan *XBee*. *XBee* digunakan sebagai *wireless* untuk menghubungkan node ke node koordinator dan server. Arduino digunakan untuk mengontrol semua perangkat seperti *XBee*, sensor, dan proses pengiriman data seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



GAMBAR 3 KONFIGURASI NODE PENGIRIM

### 2.4 Sensor Gas H<sub>2</sub>S.

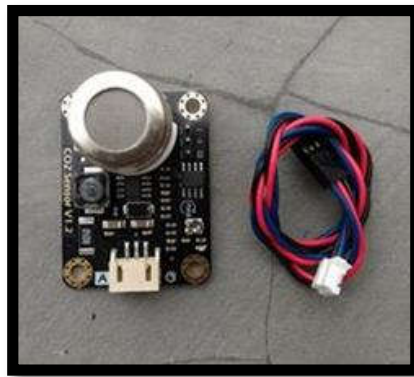
Gas H<sub>2</sub>S adalah gas beracun yang dihasilkan dari aktifitas vulkanologi gunung berapi, seperti kawah gunung ijen juga menghasilkan gas H<sub>2</sub>S. Pada kondisi sehari-hari konsentrasi H<sub>2</sub>S masih pada batas aman. Tetapi apabila terjadi letupan kawah ijen, maka dikhawatirkan membawa gas H<sub>2</sub>S dalam konsentrasi tinggi atau pekat. Konsentrasi tinggi gas H<sub>2</sub>S mendadak keluar sangat membahayakan pengunjung karena dapat menyebabkan kematian. Gambar 4 menunjukkan sensor H<sub>2</sub>S yang di gunakan penelitian pengambilan data.



**GAMBAR 4** *MQ-136 HYDROGEN SULFIDE GAS SENSOR MODULE*

## **2.5 Sensor Gas CO**

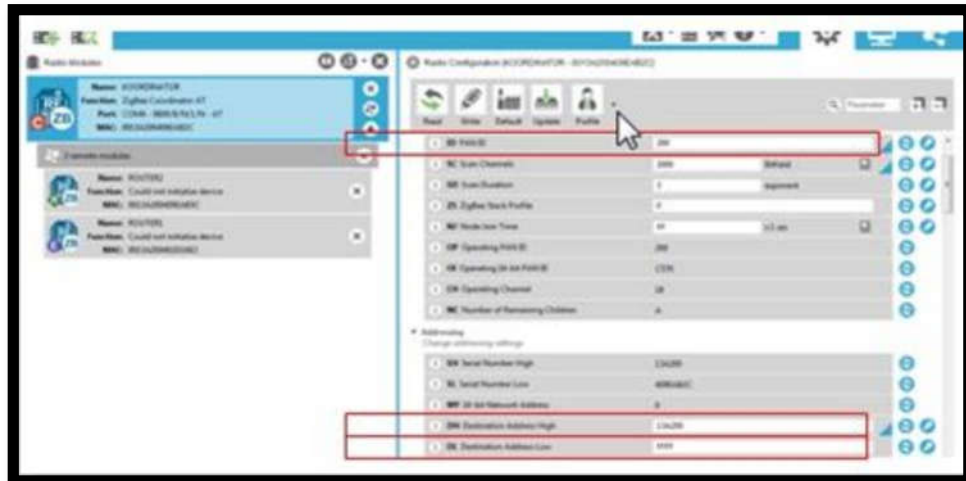
Gas Karbon Monoxida (CO) adalah jenis gas beracun paling berbahaya yang keluar dari kawah ijen. Gas CO tidak berbau dan cepat terikat oleh Haemoglobin dalam darah membentuk HbCO. Jumlah HbCO yang besar dalam darah dapat menyebabkan kematian, karena Haemoglobin darah tidak mampu mengikat oksigen O<sub>2</sub>. Gambar 5 menunjukkan modul sensor MQ-9 gas CO.



**GAMBAR 5** *MODUL SENSOR GAS CO*

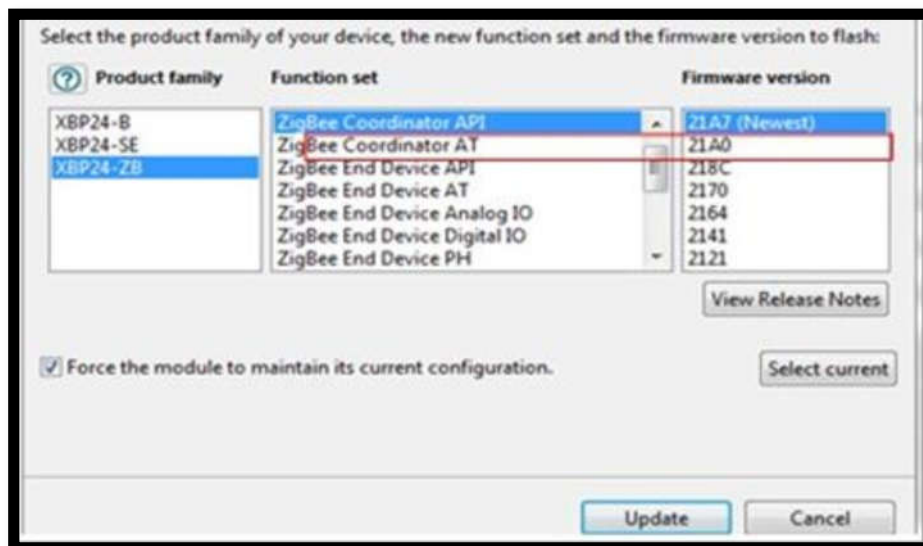
## **2.6. Konfigurasi XBee**

Konfigurasi *XBee* dilakukan pada aplikasi *XCTU*. Konfigurasi yang dilakukan yaitu pada konfigurasi *XBee* Koordinator dan *XBee* pengirim 1 (data sensor), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



GAMBAR 6 KONFIGURASI XCTU

Konfigurasi pada koordinator dilakukan pengaturan ID PAN dengan mengisi ID 200. Kemudian pengaturan *DH* (*Destination Address High*) dengan mengisi 13A200. Dan terakhir konfigurasi *DL* (*Destination Address Low*) dengan mengisi FFFF. Pada konfigurasi koordinator dilakukan update *Coordinator API* dengan *firmware version 21A7 (Newest)*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



GAMBAR 7 UPDATE FIRMWARE

*Product family* menggunakan XBP24-ZB, *function set* menggunakan *ZigBee CoordinatorAPI*, dan *firmware version*

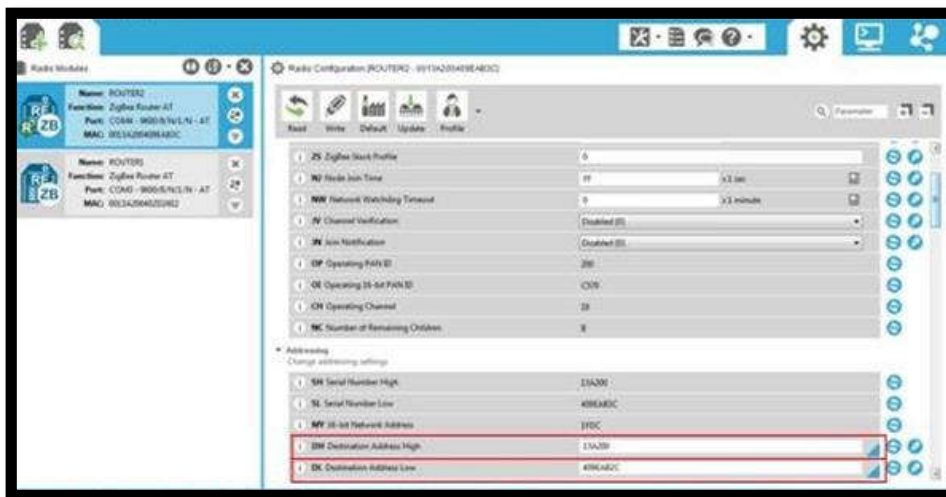


menggunakan 21A7 (Newest) kemudian klik update seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



GAMBAR 8 KONFIGURASI PENGIRIM 1

Dalam konfigurasi Pengirim 1 dilakukan pengaturan pada ID PAN dengan mengisi 200. Kemudian pengaturan *DH* (*Destination Address High*) dengan mengisi 13A200. Dan terakhir konfigurasi *DL* (*Destination Address Low*) dengan mengisi 409EAB2C (SL koordinator). Pada konfigurasi pengirim 1 dilakukan update router AT ditunjukkan pada Gambar 9.



GAMBAR 9 KONFIGURASI PENGIRIM 2

Dalam konfigurasi Pengirim 2 dilakukan pengaturan pada ID PAN dengan mengisi 200. Kemudian pengaturan *DH* (*Destination Address High*) dengan mengisi 13A200. Dan terakhir

konfigurasi *DL (Destin mengisiation Address Low)* dengan mengisi 409EAB2C (SL koordinator). Pada konfigurasi pengirim 2 juga dilakukan update router AT. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

## 2.7 Konfigurasi Arduino

Pada konfigurasi arduino mencakup konfigurasi sensor data yang dapat dikirim melalui jaringan *wireless* atau dengan koneksi kabel serial. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



```
File Edit Sketch Tools Help
ECGExampleSerial $
#include <eHealth.h>
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  float ECG = eHealth.getECG();
  Serial.print("");
  Serial.print(ECG, 2);
  Serial.print("");
  Serial.println("");

  delay(1000);
}
Done uploading.
Sketch uses 4,050 bytes (12%) of program storage space. Maximum is
Global variables use 364 bytes (17%) of dynamic memory, leaving 1,
```

GAMBAR 10 KONFIGURASI ARDUINO

Pada konfigurasi port *XBee* diatas yaitu memasukkan nilai baudrate 9600 agar *XBee* dapat terhubung satu sama lain. Arduino akan menampung data sensor, kemudian data sensor akan dikirim ke *XBee* dan dilanjutkan pengiriman data tersebut ke *XBee* koordinator (server) melalui *wireless*.

## 2.8 Pengujian Menggunakan Variabel Jarak

Pengujian sistem jaringan ini adalah menggunakan variabel jarak pada posisi sensor semakin jauh dan server tetap. Kekuatan sinyal dan jumlah paket diterima serta jumlah paket lost. Pengujian jarak 20 meter mendapatkan sinyal local dengan gain -55 dBm dan sinyal remote gain-52 dBm persentase 100% sukses, paket yang

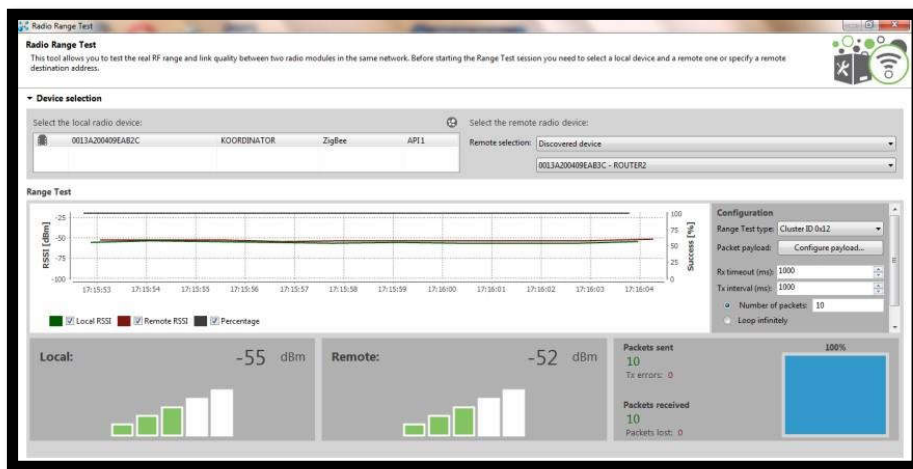
di kirim 10 paket yang di terima 10, maka dapat di simpulkan tidak ada data lost. Dengan perhitungan rumus sinyal local n-55 dBm mendapatkan power (daya) 0.000003162 mW. sinyal remote -52 dBm mendapatkan power (daya) 0.000006309 mW. Perhitungan daya sinyal menggunakan Persamaan 2.1.

$$P_{mW} = 1 mW \cdot 10^{X/10} \quad (2.1)$$

Dengan:

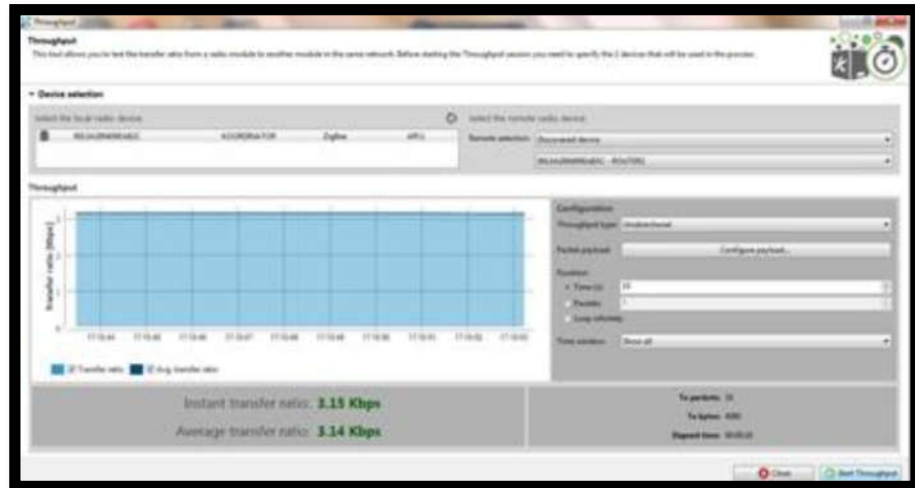
X : Gain atau penguatan sinyal di sisi penerima (dBm)

PmW : Daya yang diterima (mW)



GAMBAR 11 RANGE TEST 20 METER

*Throughput* menggunakan time(s) atau waktu selama 10 detik dapat menghasilkan data sejumlah 16 paket dengan total 4080 bytes, jadi setiap 1 paket mewakili 255 bytes. Dengan kecepatan transfer rata- rata 3.14 Kbps (Gambar 12)



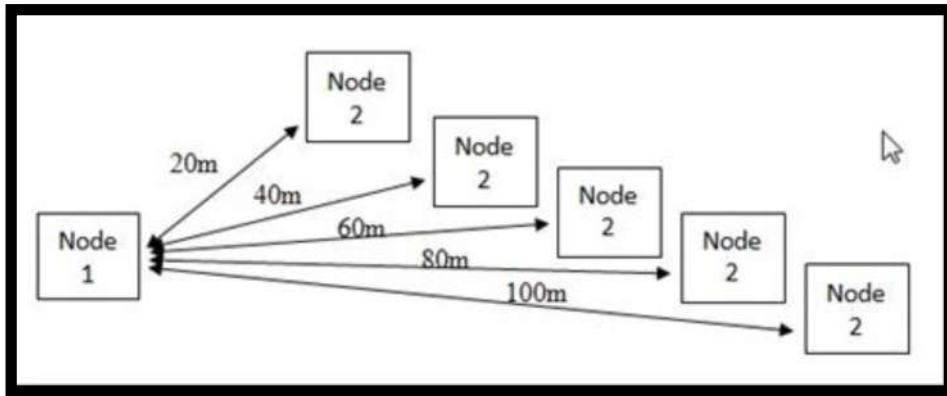
GAMBAR 12 GRAFIK THROUGHPUT 20 METER

### 3. METODE

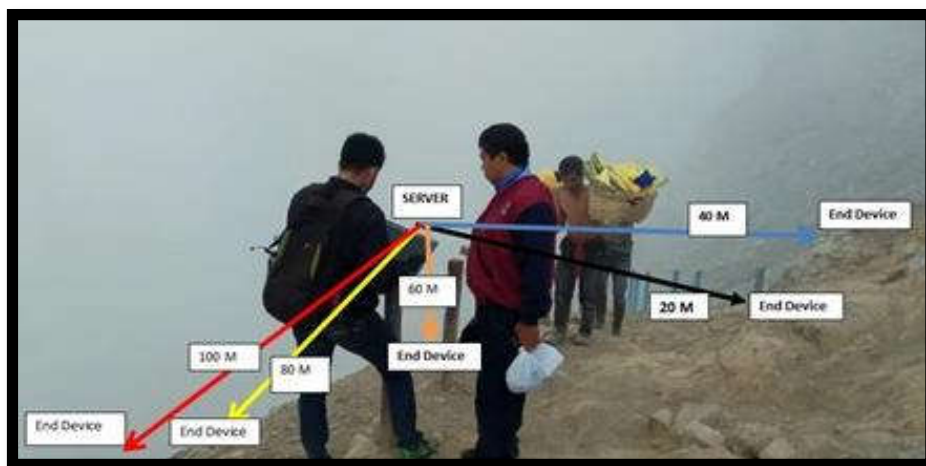
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui serangkaian percobaan yang diterapkan langsung pada kondisi daerah di kawah ijen. Data sensor ditempatkan pada posisi yang berubah, sesuai dengan skenario yang ditetapkan untuk mendapatkan hasil daya optimal. Posisi sensor data ditempatkan pada jarak yang telah ditentukan sesuai dengan jarak jangkauan dan halangan tebing. Kondisi tebing yang curam dan bebatuan cadas berpengaruh besar terhadap kualitas signal yang diterima.

#### 3.1 Pengujian Kualitas Signal Dan Paket Data Yang Hilang Menggunakan Topologi Single Hop.

Metode ini menguji perubahan kualitas signal dan jumlah paket data yang hilang terhadap perubahan variabel jarak. Pengujian ini bertujuan memperoleh data optimal tentang kualitas signal untuk menempatkan posisi sensor data yang tepat di daerah tebing dan kawah dengan potensi tinggi terhadap keluarnya gas beracun. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



GAMBAR 13 SKENARIO 1 PROSES PENGUKURAN DATA YANG HILANG DENGAN JARAK BERUBAH



GAMBAR 14 SKENARIO 1 PROSES PENGUKURAN DATA DI KAWAH IJEN

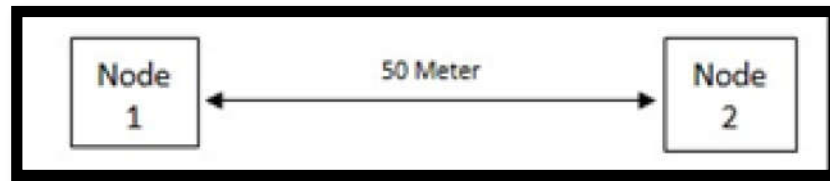
Gambar 14 menunjukkan kondisi pengukuran di atas kawah ijen terhadap beberapa posisi yang telah ditentukan berdasarkan Gambar 13.

### 3.2. Pengukuran kualitas sinyal dengan variabel kecepatan berubah dan jarak tetap.

Pengukuran ini bertujuan menguji tingkat kualitas sinyal dan jumlah paket data yang hilang menggunakan variabel jumlah paket data yang berubah, sedangkan jarak antara sensor data dengan server tetap.

Pengujian ini menggunakan jumlah paket data yang terus meningkat setiap mili detik. Pengiriman data sensor mulai 100 paket data tiap mili detik sampai 1000 paket data tiap mili detik. Pengiriman data mengalami peningkatan mulai paket data 100 sampai dengan 1000. Skenario dapat ditunjukkan pada Gambar 15

(skenario 2). Node 1 menggambarkan server dan node 2 sebagai sensor data.



GAMBAR 15 SKENARIO 2 PROSES PENGUKURAN TERHADAP JARAK TETAP

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

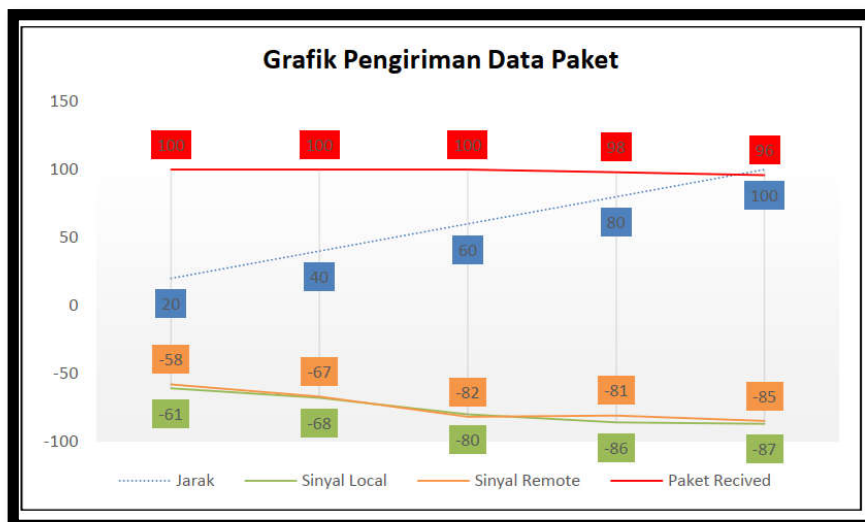
### 4.1 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran pada skenario 1 terdapat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan hasil bahwa mulai jarak 20 sampai 60 meter antara sensor data dan server pengiriman paket data berjalan normal tanpa ada paket data yang hilang. Pada jarak 80 sampai 100 meter terdapat paket data yang hilang dan kualitas sinyal semakin buruk. Kualitas sinyal semakin buruk dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu gain pada sinyal semakin menurun.

TABEL 1 HASIL PENGUKURAN PAKET DATA YANG HILANG DAN KUALITAS SINYAL

Jarak	Paket sent	Sinyal		Paket		Hasil
		Local	Remote	Recived	Lost	
20	100	-68	-67	100	0	Pengirimna Paket berjalan normal
40	100	-75	-67	100	0	Pengirimna Paket berjalan normal
60	100	-80	-82	100	0	Pengirimna Paket berjalan normal
80	100	-86	-81	98	2	Dari 100 paket yang dikirim terdapat 2 paket hilang
100	100	-87	-85	96	4	Dari 100 paket yang dikirim terdapat 4 paket hilang

Grafik perubahan jarak terhadap kuat sinyal pada sisi pengirim dan penerima serta paket data yang diterima ditunjukkan pada Gambar 16.

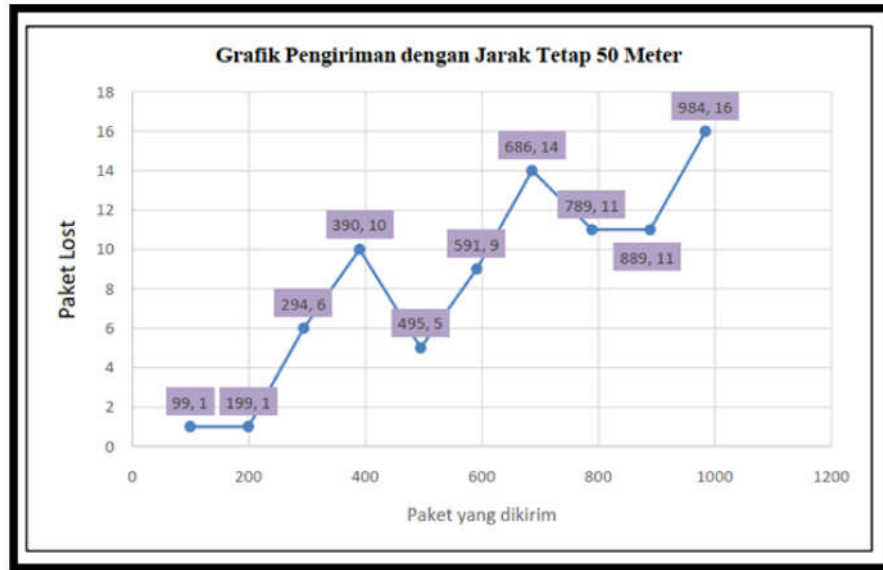


**GAMBAR 16** GRAFIK PENGIRIMAN DATA PAKET

Hasil Pengukuran pada Skenario 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16, terdapat pada Tabel 2.

**TABEL 2** HASIL PENGUKURAN PAKET DATA HILANG DENGAN VARIABEL PAKET DATA BERUBAH

Jarak	Paket sent	Rata-rata Transfer	Paket received	Paket lost
50 Meter	100	3.13 Kbps	99	1
	200	3.13 Kbps	199	1
	300	3.11 Kbps	294	6
	400	3.11 Kbps	390	10
	500	3.13 Kbps	495	5
	600	3.12 Kbps	591	9
	700	3.12 Kbps	686	14
	800	3.12 Kbps	789	11
	900	3.13 Kbps	889	11
	1000	3.12 Kbps	984	16



GAMBAR 17 GRAFIK PAKET DATA YANG HILANG TERHADAP PAKET DATA YANG TERKIRIM

Berdasarkan Tabel 2, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar jumlah paket data yang dikirim setiap mili detik, maka paket data yang hilang semakin besar. Pengiriman sensor data dengan kondisi tebing curam dan bercadas dapat mempengaruhi jumlah paket data yang hilang. Jika jumlah paket data yang dikirimkan lebih besar dari 200 setiap mili detik maka data hilang sebesar 6 paket data

## 5. PENUTUP

Berdasarkan pengujian program dan pengukuran sinyal di kawah ijen, maka diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

- 1) Penerapan metode pengiriman data *Single-Hop* dengan topologi star untuk pengiriman paket data yang telah diuji coba, mendapatkan hasil optimal terhadap gain sinyal, dengan syarat jarak sensor data dengan server tidak melewati batas maksimum 100 meter. Apabila jarak puncak tebing dan kawah lebih besar dari 200 meter dapat dipertimbangkan menggunakan lebih dari satu server.
- 2) Pada skenario 2 variable pengiriman paket data mulai 100 sampai 1000 setiap mili detik dengan rata-rata kecepatan 3.12



Kbps, dan jarak tetap 50 meter mengalami peningkatan jumlah paket data yang hilang. Pada pengiriman paket data lebih dari 200 setiap mili detik, maka resiko paket data yang hilang semakin besar.

- 3) Jika sinyal yang diterima lemah, maka paket yang diterima lebih sedikit, dan paket data hilang lebih banyak. Hal ini menyebabkan tingkat akurasi data menurun.
- 4) Variasi posisi sensor data diletakkan pada setiap daerah dengan kemungkinan munculnya gas beracun semakin tinggi, dapat meningkatkan efisiensi deteksi gas beracun.

Berdasarkan penelitian terhadap variabel jarak, paket data dari topologi jaringan di kawah ijen maka pada pengembangan lebih lanjut disarankan menggunakan server lebih dari satu buah. Hal ini disebabkan areal danau kawah ijen mencapai luas 54 Hektar. Semakin besar sensor data yang ditempatkan pada posisi kawah ijen, maka kemampuan Early Warning System semakin baik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Deny Febriyanto ,Tri Budi Santoso ,Taufiqurrahman 2016 *Rancang Bangun Sistem Komunikasi Multihop Pada Jaringan Sensor Nirkabel*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [2] Rizqi Rizaldi Hidayat. 2015. *Sistem Transmisi Multi Hop Pada Data Buoy Tertambat Menggunakan Wireless Sensor Networks*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- [3] Khamdan Amin Bisyri. 2012. *Rancang Bangun Komunikasi Data Wireless Mikrokontroler Menggunakan Modul XBee Zigbee (Ieee 802.15.4)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [4] Sujoko Sumaryono. 2012. *Pengembangan Wireless Sensor Network Untuk Aplikasi Home Controlling*. Jogja : Universitas Gajah Mada(UGM).
- [5] Nely Huda Dini<sup>1</sup>, Rendy Munadi <sup>2</sup>, Arief Suryadi<sup>3</sup>. 2011. *Analisis Performansi Wireless Sensor Network Dengan Mekanisme CSMA/CA Pada Standar IEEE 802.15.4/Zigbee*. Bandung : Universitas Telkom :
- [6] Safaric S, Malaric K. 2006. *ZigBee wireless standard*. Zagreb. University of Zagreb : Faculty of electrical Engineering and Computing