



## Analisis Received Signal Strength Indicator (RSSI) Menggunakan Protokol ZigBee sebagai Media Transmisi Data Landslide Early Warning System (LEWS) di Area Bervegetasi Rapat: Studi Kasus Desa Cililin, Bandung Barat

## Received Signal Strength Indicator (RSSI) Analysis Using Zigbee Protocols for Data Transmission in Landslide Early Warning System (LEWS) at Dense Plantation Area: Case Study in Cililin, West Bandung

RISKI FITRIANI<sup>1\*</sup>, DIMAS BIWAS PUTRA<sup>1</sup>, DOMINIKUS HARIAWAN AKHADI<sup>2</sup>, BONDAN FIQI RIYALDA<sup>3</sup>, INSAN NUR SULISTIAWAN<sup>2</sup>, MUKSIN<sup>4</sup>, ARKY ASTASARI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Elektronika – BRIN, Gedung Teknologi 3, Puspiptek, Tangerang Selatan 15314

<sup>2</sup>Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih – BRIN, Gedung Geostech 820, Puspiptek, Tangerang Selatan 15314

<sup>3</sup>Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset dan Kawasan Sains Teknologi – BRIN, Mlati, Yogyakarta 55284

<sup>4</sup>Pusat Riset Teknologi Penerbangan - BRIN, Ks. Rumpin (Jacob Salatun), Kab. Bogor, Jawa Barat 16350  
risk006@brin.go.id

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 3 November 2022

Accepted 13 June 2023

Published 31 July 2023

#### Keywords:

RSSI

Zigbee

Xbee

Landslide Early Warning System

### ABSTRACT

One of the innovations to overcome landslide is Landslide Early Warning System (LEWS). Data transmission medium from LEWS will use Xbee based ZigBee protocol. The most possible communication in mountainous areas is wireless communication. Radio communication was chosen because it is free of data transmission costs and the Zigbee protocol has a fairly high data rate of up to 250 Kbps. The LEWS installation location is in the Cililin area, West Bandung. The characteristics of the site are densely vegetated with a variety of large woody plants and irregular spacing ranging from 1–3 meters. Prior to the LEWS installation, a study of the Xbee radio signal strength (RSSI) had been carried out. The study was conducted using 2 types of Xbee, namely Xbee Pro S2B 2.4 GHz and Xbee Pro S3B 900 MHz. The topology used is a pair/point to point topology, by measuring the RSSI value using XCTU software. Xbee Pro S3B 900 MHz module gets results with RSSI values ranging from -83 dBm to -72 dBm at end device location 1 and -89 dBm at end device location 2. While Xbee Pro S2B 2.4 GHz can only communicate from coordinator and end device locations 1 with an RSSI of -94 dBm. The test was carried out by elevating the Xbee antenna with several variations in height to get a better signal quality. The results obtained several recommendations for the minimum height of the Xbee antenna installed at each location of the end devices module.

### INFORMASI ARTIKEL

#### Histori artikel:

Diterima 3 November 2022

Disetujui 13 Juni 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

#### Kata kunci:

RSSI

Zigbee

Xbee

Landslide Early Warning System

### ABSTRAK

Salah satu inovasi untuk menanggulangi longsor adalah dengan melakukan pemasangan Landslide Early Warning System (LEWS). Media transmisi data LEWS yang akan dikembangkan saat ini menggunakan Xbee berbasis protokol ZigBee. Komunikasi yang paling memungkinkan di area pegunungan adalah komunikasi tanpa kabel. Komunikasi radio dipilih karena bebas biaya pengiriman data dan protokol Zigbee memiliki data rate cukup tinggi hingga 250 Kbps. Lokasi pemasangan LEWS yaitu di daerah Cililin, Bandung Barat. Karakteristik lokasi tersebut bervegetasi rapat dengan berbagai tumbuhan besar berkayu dan jarak tanam yang tidak beraturan berkisar 1–3 meter. Sebelum dilakukan pemasangan LEWS, telah dilakukan kajian kekuatan sinyal radio Xbee (RSSI). Kajian dilakukan menggunakan 2 jenis Xbee yaitu Xbee Pro S2B 2,4 GHz dan Xbee Pro S3B 900 MHz. Topologi yang digunakan adalah topologi pair/point to point, dengan mengukur nilai RSSI menggunakan software XCTU. Modul Xbee Pro S3B 900 MHz mendapatkan hasil dengan nilai RSSI berkisar antara -83 dBm hingga -72 dBm di lokasi end device 1 dan -89 dBm di lokasi end device 2, sedangkan Xbee Pro S2B 2,4 GHz hanya dapat berkomunikasi dari lokasi coordinator dan end device 1 dengan RSSI -94 dBm. Pengujian dilakukan dengan merubah ketinggian antenna Xbee dengan beberapa variasi ketinggian untuk mendapatkan kualitas sinyal yang lebih baik. Diperoleh beberapa rekomendasi tinggi minimal antenna Xbee yang terpasang di tiap lokasi modul end devices.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam yang menyebabkan banyak korban jiwa dan harta benda selain dipicu fenomena alam juga diakibatkan oleh aktivitas manusia di sekitar lokasi terdampak. Sebagai contoh bencana tanah longsor, selain disebabkan oleh fenomena alam seperti curah hujan yang tinggi serta kondisi geologi tanah, juga disebabkan oleh aktivitas manusia dalam mengeksploitasi alam. Pembukaan lahan di lereng terjal untuk dimanfaatkan sebagai pemukiman atau lahan pertanian merupakan salah satu contoh aktivitas manusia yang dapat meningkatkan resiko terjadinya bencana longsor di lokasi tersebut. Provinsi Jawa Barat menduduki peringkat pertama dengan jumlah kejadian tanah longsor tertinggi se-Indonesia sebanyak 238 kejadian (BNPB, 2021). Seperti yang terjadi pada tahun-tahun sebelumnya, kejadian longsor di Jawa Barat dan daerah lain di Indonesia didominasi kejadian di lahan pemukiman dan pertanian yang terdapat di perbukitan dengan kemiringan curam dan dipicu oleh curah hujan yang tinggi. Salah satu upaya mengatasi bencana tersebut adalah dengan memasang teknologi peringatan dini longsor atau *Landslide Early Warning System* (LEWS).

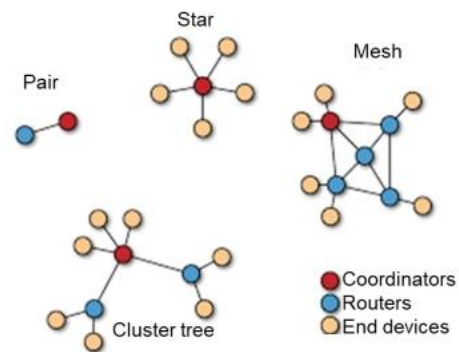
Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana (PTRRB)-BPPT telah memasang LEWS pada tahun 2018 di Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat. Alat peringatan dini ini dirancang menggunakan konsep *Wireless Sensor Network* (WSN), terdiri atas modul induk (*coordinator*) dan modul anak (*end device*) yang berkomunikasi menggunakan gelombang radio. Komunikasi *wireless* (tanpa kabel) menjadi komunikasi yang paling memungkinkan dilakukan di area pegunungan. Komunikasi *wireless* lain seperti Wi-Fi, *Bluetooth*, LoRa, Seluler (1G-5G), NFC kurang tepat untuk diterapkan di lokasi studi kasus. Penggunaan protokol Zigbee bebas biaya *maintenance* dibandingkan dengan Wi-Fi maupun seluler, dan memiliki jangkauan yang jauh dibandingkan *Bluetooth* dan NFC. Namun Zigbee memiliki harga lebih mahal dibanding dengan LoRa tetapi memiliki data *rate* yang lebih tinggi untuk memenuhi kebutuhan pengiriman data dari sistem yang dikembangkan. Protokol Zigbee memiliki data *rate* 250 Kbps, sedangkan LoRa hanya berkisar 5,5 Kbps (Ghazali et al., 2021). Untuk pengamatan longsor dibutuhkan pemasangan *end device* yang cukup rapat. Dalam hal ini Zigbee juga mampu membentuk sistem *mesh* yang lebih mudah sehingga dapat mencakup area yang lebih luas. Kajian kekuatan sinyal radio menggunakan protokol Zigbee dengan beberapa modul frekuensi menjadi sangat dibutuhkan untuk menentukan modul yang tepat dalam transmisi data sebelum dilakukan pemasangan LEWS di daerah perbukitan khususnya di Cililin, Bandung Barat.

Protokol Zigbee merupakan protokol komunikasi tingkat tinggi berbasis standar IEEE 802.15.4, menggunakan radio digital berukuran kecil dengan konsumsi daya rendah dan *low rate*. Teknologi Zigbee banyak dimanfaatkan pada jaringan sensor nirkabel yang diimplementasikan baik didalam maupun luar ruangan, sebagai contoh pada bidang transportasi (Heredia et al., 2019), otomasi sistem penerangan (Varghese et al., 2019), pemantauan cuaca (Hussein et al., 2020), monitoring gas di tambang batu bara (Xuguang et al.,

2019), dan sistem peringatan dini kebakaran gedung (Pranoto & Anggorowati, 2018).

Dalam kajian kekuatan sinyal protokol Zigbee, parameter yang seringkali diuji yaitu nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima oleh sebuah perangkat *wireless*. Analisis kinerja protokol Zigbee juga dilakukan di dalam dan luar ruangan oleh Hartawan dan Desnanjaya (2018) dengan menguji parameter jarak, *packet delay*, *packet loss*, RSSI dan *throughput* pada perangkat Xbee Pro S2. Hasil penelitian menunjukkan jarak maksimal yang bisa dijangkau Zigbee di dalam ruangan sebesar 30 meter dan diluar ruangan 600 meter. Analisis lebih lanjut juga dilakukan Khumairoh et al. (2019) pada nilai *throughput* dan *range-test* untuk mencari nilai RSSI dan persentase data terkirim. Modul yang digunakan yaitu Xbee S2C dengan variasi jarak jangkauan yang ditempuh berkisar 10 meter hingga 400 meter. Berdasarkan penelitian tersebut dapat dilihat bahwa jarak sangat mempengaruhi nilai RSSI yang dihasilkan.

Dalam hal kemampuan jaringan, protokol ZigBee mendukung empat jenis topologi komunikasi seperti topologi pair (*point to point*), star (*point to multipoint*), *cluster tree* dan topologi *mesh*. Nilai RSSI pada topologi *mesh* sedikit lebih besar dibanding pada topologi lainnya, disebabkan adanya *router* yang memperkuat sinyal terkirim (Fitriawan et al., 2020). Semakin jauh jarak pengiriman data maka nilai RSSI relatif menurun dikarenakan adanya hambatan dan berkurangnya kekuatan sinyal radio.



Gambar 1. Topologi komunikasi Zigbee

Penelitian kali ini akan membandingkan 2 modul Xbee yang berbeda sebagai media transmisi data. Xbee merupakan salah satu modul komunikasi radio yang menggunakan protokol Zigbee. Xbee yang dipakai berbagai negara memiliki beberapa frekuensi diantaranya 2,4 GHz, 900 MHz, dan 868 MHz. Pengujian nilai RSSI pada Xbee 2,4 GHz telah dilakukan di area jalan raya dengan 2 metode pengujian yaitu variasi jarak dengan ketinggian yang sama dan variasi jarak dengan ketinggian berbeda (Le & Benjapolakul, 2019). Pengujian RSSI juga dipengaruhi oleh lalu lintas kendaraan yang lewat.

Berdasarkan referensi dari penelitian sebelumnya maka dilakukan penelitian tentang kekuatan nilai RSSI dari lokasi modul *coordinator* ke lokasi modul *end device* untuk rencana pemasangan LEWS di Cililin, Bandung Barat. Lokasi modul *coordinator* dan *end device* sudah ditentukan berdasarkan hasil kajian geologi di wilayah tersebut. Lokasi modul *coordinator* merupakan tempat yang aman dari bahaya longsor dan mampu memberikan informasi suara ke masyarakat

terdampak longsor, sedangkan lokasi modul *end device* berada di lereng bukit yang merupakan lokasi rawan longsor.

**1.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi kekuatan sinyal radio menggunakan protokol Zigbee pada area bervegetasi rapat seperti terlihat di Gambar 3 (studi kasus di Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat sebagai lokasi pemasangan LEWS). Dari kajian ini diperoleh rekomendasi modul Zigbee yang akan digunakan dalam transmisi data yang sesuai dengan lokasi pemasangan LEWS dan mengetahui nilai kekuatan sinyal transmisi data yang diperoleh.

**2. METODE**

**2.1 Bahan**

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam kajian kekuatan jangkauan sinyal diantaranya:

- buah Xbee Pro S2B 2,4 GHz
- buah Xbee Pro S3B 900 MHz
- Xbee adapter untuk komunikasi serial
- 1 Laptop dengan *software* XCTU

Gambar 2 menunjukkan 2 modul Xbee yang berbeda, yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Xbee Pro S2B 2,4 GHz (a) dan Xbee Pro S3B 900 MHz (b)

Kedua jenis Xbee tersebut memiliki spesifikasi teknis seperti Tabel 1 (Digi International, 2020 & 2022).

Tabel 1. Spesifikasi Xbee

Parameter	Xbee Pro S2B 2,4 GHz	Xbee Pro S3B 900 MHz
Jangkauan maksimal (LoS)	1,5 Km	6,5 Km
Transmit power	63 mW	250 mW
RF data rate	250 Kbps	200 Kbps
Receive sensitivity	-102 dBm	-101 dBm

Jangkauan masing-masing Xbee di Tabel 1 merupakan jangkauan maksimal ketika kondisi *Line of Sight* (LoS). Lain halnya jika pengamatan dilakukan dikondisi bervegetasi rapat/hutan. Sesuai hasil penelitian Wardoyo et al. (2021), jangkauan sinyal Xbee S3B dalam pengukuran di area hutan dapat mencapai jarak maksimum 358 meter. Dengan hasil jangkauan tersebut, modul Xbee S3B memungkinkan untuk digunakan sebagai media transmisi data LEWS yang akan dipasang di Desa Cililin.

**2.2 Lokasi Pengujian**

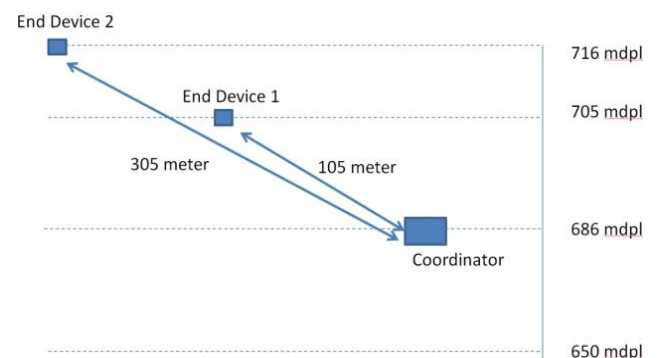
Studi kasus kajian terdapat di Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Dari lokasi ini terdapat 3 titik pengujian sesuai rencana lokasi penempatan modul *coordinator* dan 2 modul *end devices* sesuai informasi pada Tabel 2 dan Gambar 3. Gambar 4 menunjukkan ilustrasi posisi *end device* dan *coordinator*. Titik pengujian ini diperoleh dari hasil survei geolistrik di daerah tersebut yang menunjukkan titik rawan longsor, sehingga menjadi lokasi yang tepat untuk pemasangan LEWS.

Tabel 2. Koordinat lokasi pengujian

Titik Uji	Lokasi	Koordinat	Altitude
Modul <i>coordinator</i>	Atap gedung SMK Mitradharma Cililin	-6.955833, 107.458611	686 mdpl
Modul <i>end device</i> 1	Lereng bukit	-6.95593, 107.45713	705 mdpl
Modul <i>end device</i> 2	Bukit	-6.954404, 107.456453	716 mdpl



Gambar 3. Lokasi pengujian kekuatan sinyal radio

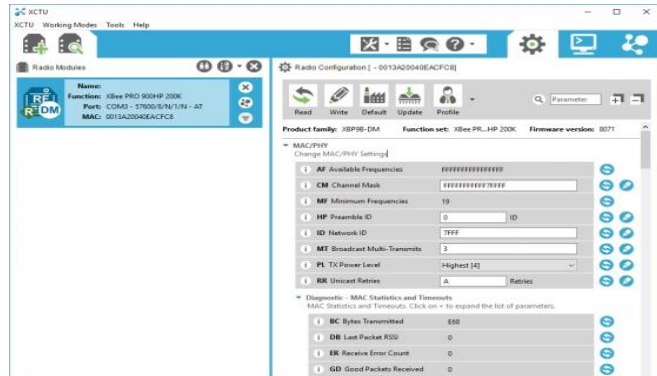


Gambar 4. Ilustrasi posisi *end device* dan *coordinator*

**2.3 Metode**

Topologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu topologi *point to point*, dengan menggunakan 2 pasang modul Xbee yang berbeda: Xbee Pro S2B 2,4 GHz dan Xbee Pro S3B 900 MHz. Pengukuran nilai RSSI dilakukan menggunakan *software* XCTU (Gambar 5). Nilai RSSI yang paling kuat akan dijadikan sebagai rekomendasi modul telemetri data yang dipasang pada alat siaga dini longsor (LEWS). Dalam penelitian Teja & Sharma (2019) disebutkan bahwa manfaat penggunaan Xbee S3B untuk peningkatan kinerja UAV lebih baik dibandingkan menggunakan Xbee S2B. Kajian kekuatan

jangkauan sinyal radio Xbee sebelumnya juga pernah dilakukan dalam rangka pemasangan LEWS di Kabupaten Garut, Tasikmalaya, dan Majalengka (Fitriani, 2019). Kajian ini menggunakan Xbee Pro S5 868 MHz dan Xbee Pro S2B 2,4 GHz. Penggunaan frekuensi modul Xbee tiap lokasi bisa berbeda-beda, menyesuaikan dengan karakteristik lokasi tersebut.

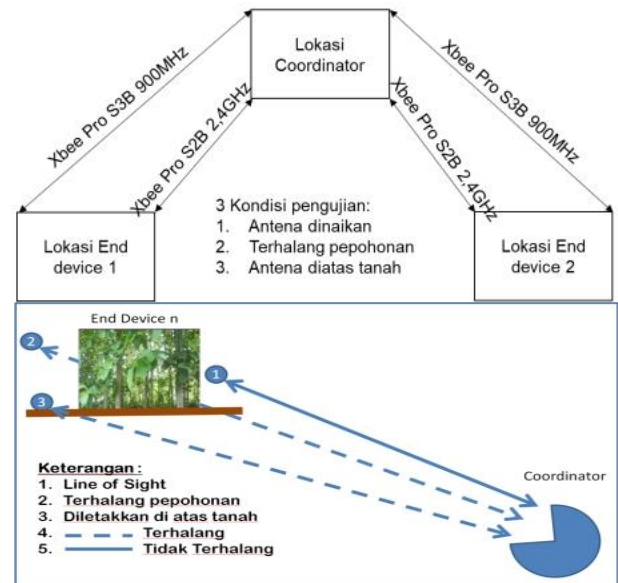


Gambar 5. Software XCTU

Sebelum dilakukan pengujian di lokasi pemasangan LEWS, telah dilakukan kajian skala laboratorium baik *indoor* maupun *outdoor* untuk memastikan komponen-komponen yang digunakan dalam kondisi baik. Modul *coordinator* dapat mengirim data secara langsung ke modul *end device* dan sebaliknya. Dua Xbee dari tiap frekuensi di-setting menggunakan software XCTU sebagai *coordinator* dan *end device*. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan paket data sebesar 100 paket data dengan TX interval 1 detik dari *end device* ke *coordinator*. Dalam pengaturan Xbee menggunakan XCTU ada beberapa hal yang penting yaitu: penentuan *network ID*, pengaturan mode jaringan Xbee dan pembacaan *addressing*, pemilihan *power* yang digunakan serta pengaturan *serial interfacing*.

Seperti terlihat pada Gambar 6, pengujian dilakukan dengan 2 skema yaitu pengujian kekuatan sinyal dari lokasi modul *coordinator* ke lokasi modul *end device* 1 dan ke lokasi modul *end device* 2. Masing-masing pengujian menggunakan 2 jenis Xbee yang berbeda yang diuji dengan 3 kondisi yang berbeda pula. Tiga kondisi tersebut yaitu: 1. *Antena* Xbee dinaikan menggunakan pipa 1 meter dan diarahkan ke lokasi modul *coordinator* untuk mendapatkan area yang *line of sight* (LoS). Jadi tinggi antenna Xbee berkisar antara 2,5 meter hingga

3 meter (tinggi *surveyor* yang memegang Xbee+tinggi pipa). 2. *Antena* Xbee dipengang oleh *surveyor* tanpa menambahkan ketinggian sehingga masih dalam posisi terhalang pepohonan. 3. *Antena* Xbee diletakkan diatas permukaan tanah.



Gambar 6. Skema pengujian

Dari skema pengujian tersebut diperoleh beberapa nilai RSSI yang akan dibandingkan. Masing-masing Xbee memiliki nilai *receive sensitivity* yang berbeda seperti informasi di Tabel 1. Untuk mendapatkan transmisi data yang baik, maka nilai RSSI yang terukur tidak boleh lebih dari nilai *receive sensitivity* Xbee. Semakin kecil nilai RSSI dibandingkan dengan nilai *receive sensitivity* Xbee maka kekuatan sinyal semakin baik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

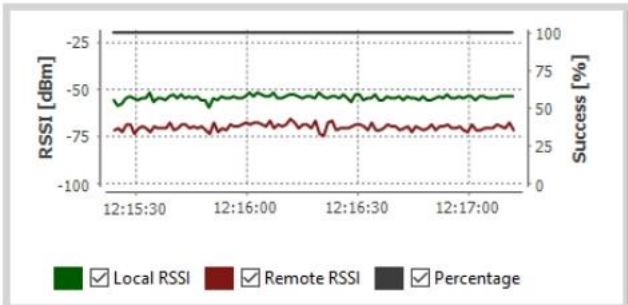
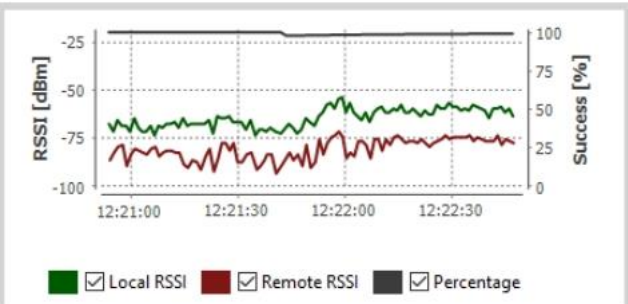
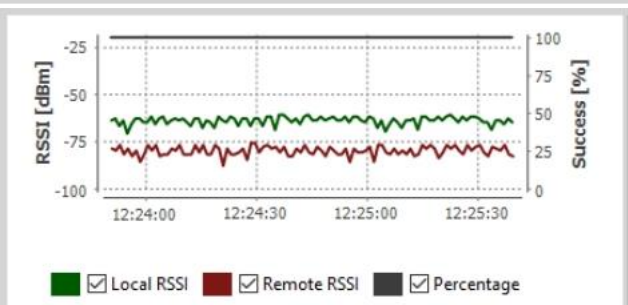
#### 3.1 Pengujian di Lokasi Modul End Device 1

Seperti terlihat di Gambar 3, jarak antar lokasi modul *coordinator* ke lokasi modul *end device* 1 cukup dekat yaitu 105 meter. Lokasi *end device* 1 terletak di bagian lereng bukit sehingga cukup mudah untuk mendapatkan area yang LoS. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian RSSI yang diperoleh menggunakan Xbee Pro S2B 2,4 GHz dan Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian menggunakan Xbee Pro S3B 900 MHz.

Tabel 3. Hasil pengujian RSSI Xbee Pro S2B 2,4 GHz modul *end device* 1

Kondisi Antena	RSSI (dBm)	Success (%)	Grafik
Line of Sight	-94	100	
Terhalang pepohonan	-	0	
Diletakkan diatas tanah	-	0	

Tabel 4. Hasil pengujian RSSI Xbee Pro S3B 900 MHz modul *end device* 1

Kondisi Antena	RSSI (dBm)	Success (%)	Grafik
Line of Sight	-72	100	
Terhalang pepohonan	-78	99	
Diletakkan diatas tanah	-83	100	

Tabel 3 menunjukkan bahwa Xbee Pro S2B dengan frekuensi 2,4 GHz hanya bisa transmit data jika areanya *Line of Sight* (LoS) dengan hasil -94 dBm. Semakin besar frekuensi dan semakin kecil daya yang digunakan maka jarak yang bisa dijangkau semakin pendek. Frekuensi 2,4 GHz juga merupakan frekuensi yang banyak digunakan di masyarakat, sehingga seringkali banyak gangguan/*noise* dalam penggunaannya. Berbeda dengan hasil pengujian Xbee Pro S2B, Xbee Pro S3B 900 MHz mampu memancarkan sinyal radio dengan lebih baik dalam berbagai kondisi pengujian. Dalam kondisi *Line of sight* sebesar -72 dBm, kondisi terhalang pepohonan sebesar -78 dBm, sedangkan kondisi diletakkan diatas tanah -83 dBm. Selama belum melebihi batas dari nilai *receive sensitivity* Xbee, transmisi data masih bisa berjalan dengan lancar.

### 3.2 Pengujian di Lokasi Modul *End Device* 2

Jarak lokasi modul *coordinator* ke modul *end device* 2 LEWS sejauh 305 meter (Gambar 1). Jarak ini masih tergolong

cukup dekat namun memiliki banyak *obstacle/gangguan*. Lokasi *end device* 2 berada di bahu bukit, sedikit berbelok membelakangi lokasi *coordinator* dan berada di area bervegetasi rapat dengan pepohonan yang tinggi. Faktor tersebut sangat mempengaruhi nilai RSSI yang dihasilkan.

Hasil pengujian di lokasi modul *end device* 2 ini menunjukkan bahwa Xbee Pro S2B 2,4 GHz sama sekali tidak bisa transmit data dengan 3 skema pengujian yang telah dijelaskan sebelumnya. Nilai RSSI tidak dapat terbaca. Xbee dengan frekuensi 2,4 GHz ini kurang handal jika lokasi pengujian banyak *obstacle* baik pepohonan tinggi, bukit, maupun gedung. Pengujian menggunakan Xbee Pro S3B 900 MHz hanya bisa membaca nilai RSSI dalam skema pengujian 1 (antena dinaikkan). Nilai RSSI yang didapatkan sebesar -89 dBm. Untuk kondisi antena diletakkan diatas tanah maupun antena dipegang *surveyor*, nilai RSSI tidak terbaca. Hasil pengujian dapat dilihat di Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian RSSI Xbee Pro S3B 900 MHz modul *end device 2*

Kondisi Antena	RSSI (dBm)	Success (%)	Grafik
Line of Sight	-89	100	
Terhalang pepohonan	-	0	
Diletakkan diatas tanah	-	0	

Ketika kondisi antena diletakkan diatas tanah dan dipegang *surveyor* nilai RSSI sama sekali tidak terbaca karena *obstacle*-nya cukup tinggi yaitu tertutup pepohonan dan bukit yang membelakangi posisi ditempatkan modul *coordinator*. Nilai persentase pengiriman data 0%.

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan bahwa modul Xbee Pro S3B 900 MHz lebih cocok digunakan sebagai media transmisi data untuk area dengan karakteristik berbukit dan bervegetasi rapat (studi kasus di Desa Cililin, Bandung Barat) dibandingkan modul Xbee Pro S2B 2.4 GHz. Transmisi data menggunakan Xbee Pro S3B 900 MHz dari lokasi modul *coordinator* ke lokasi *end device 1* yang berjarak 105 m dapat berjalan dengan lancar meskipun tanpa meninggikan posisi antena. Sementara transmisi data menggunakan Xbee Pro S2B 2.4 GHz hanya dapat berlangsung jika kondisi LoS.

Transmisi data antara lokasi modul *coordinator* ke lokasi *end device 2* yang berjarak 305 m hanya dapat berlangsung dengan Xbee Pro S3B 900 MHz dan antena diposisikan pada ketinggian minimal 2,5 m dari permukaan tanah sehingga diperoleh kondisi LoS. Protokol Zigbee dapat memenuhi kebutuhan transmisi data dari sistem yang dikembangkan saat ini. Sistem dengan kebutuhan data *rate* rendah dapat

menggunakan media komunikasi data lain yang lebih murah dan jangkauan lebih jauh seperti LoRa

**PERSANTUNAN**

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bandung Barat, Camat Cililin, dan segenap perangkat Desa Cililin yang telah membantu kajian ini. Tak lupa pula ucapan terimakasih kepada direktur PTRRB, Eko Widi Santoso, M.Si yang telah mengizinkan pengambilan data dan berlangsungnya kegiatan penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari kerjasama penelitian antara PTRRB-BPPT dan Badan Penangulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bandung Barat pada tahun 2018.

**DAFTAR PUSTAKA**

BNPB. (2021). Data Informasi Bencana Indonesia [terhubung berkala]. <http://dibi.bnppb.go.id/> [30 Maret 2022].

Digi International. (2020). Xbee-PRO 900HP/XSC RF Modules S3 and S3B User Guide [terhubung berkala]. <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90002173.pdf> [12 Juli 2022]. 275p.

- Digi International. (2022). Zigbee RF Modules XBEE2, XBEEPRO2, PRO S2B User Guide [terhubung berkala]. <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90000976.pdf> [12 Juli 2022]. 210p.
- Fitriani, Riski. (2019). Kajian Kekuatan Sinyal Radio (Rssi) Xbee Dalam Rangka Pemasangan Landslide Early Warning System (Lews) di Kabupaten Garut, Tasikmalaya, dan Majalengka, *Jurnal Alami* (ISSN: 2548-8635), Vol. 3 No. 2, hlmn. 88-100.
- Fitriawan, H., Rohman, R. C., Herlinawati, & Purwiyanti, S. (2020). Pengujian RSSI Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis ZigBee pada Berbagai Topologi, *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Vol. 16 No. 2, hlmn. 120-126.
- Ghazali, M. H. M., Teoh, K., & Rahiman, W. (2021). A Systematic Review of Real-Time Deployments of UAV-Based LoRa Communication Network, *IEEE Access*, DOI:10.1109/ACCESS.2021.3110872, pp. 124817-124830.
- Hartawan, I. N. B. & Desnanjaya, I. G. M. N. (2018). Analisis Kinerja Protokol Zigbee Di Dalam Dan Di Luar Ruang Sebagai Media Komunikasi Data Pada Wireless Sensor Network, *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, Vol. 1 No. 2, p-ISSN 2598-7542 (Print), e-ISSN 2598-9650 (Online), hlmn. 65-72.
- Heredia, X. C., Barriga, C. H., Piedra, D. I., Oleas, G. D., & Flor, A. C. (2019). Monitoring system for intelligent transportation system based in zigbee, in *Proc UNSA International Symposium on Communication (UNSA ISCOMM)*, pp. 1-6.
- Hussein, Z. K., Hadi, H. J., Abdul-Mutaleb, M. R., & Mezaal, Y. S. (2020). Low cost smart weather station using arduino and zigbee, *Telkomnika Telecommunication Computing Electronics and Control*, vol. 18, no. 1, pp. 282-288.
- Khumairoh, A. D., Ichsan, M. H. H., & Setyawan, G. E. (2019). Analisis Kinerja Xbee Seri 2C Berdasarkan Jarak dan Besar Paket Data, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 3, No. 1, e-ISSN: 2548-964X, hlmn. 8612-8618.
- Le, N. T., & Benjapolakul, W. (2019). Received Signal Strength Data of Zigbee Technology For On-Street Environment at 2.4 Ghz Band and The Interruption of Vehicle to Link Quality, *Data in Brief 22 Elsevier*, 1036-1043.
- Pranoto, P. W., & Anggorowati, R. (2018). Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Gedung Berbasis Zigbee Mesh Network, *ELINVO (Electronics, Informatics and Vocational Education)* Vol. 3 No. 2, ISSN 2580-6424 (printed), ISSN 2477-2399 (online), DOI: 10.21831/elinvo.v3i2.24991. hlmn 65-72.
- Teja, C. B., & Sharma, H. (2019). Enhancement of UAV Performance Through Xbee Based Telemetry System Design. *Proceedings of the Fourth International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES 2019)*.
- Varghese, S. G., Kurian, C. P., George, V. I., John, A., Nayak, V., & Upadhya, A. (2019). Comparative study of zigbee topologies for IoT based lighting automation, *IET Wireless Sensor Systems*, vol. 9, no. 4, pp. 201-207.
- Wardoyo, A. S., Sary, I. P., & Maulana, I. T. (2021). An Experimental of Xbee Communication Performance for Forest Fires Monitoring. *3rd International Symposium on Material and Electrical Engineering Conference (ISMEE)*.
- Xuguang, J., Fan, S., Yongxing, G., Shoufeng, T., & Minming, T. (2019). Zigbee-based wireless gas monitoring sensor alarm system in coal mine, in *Proc 5th International Conference on Advances in Energy Resources and Environmental Engineering (ICAESSE 2019)*, pp. 1-6.