

DESAIN DAN IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK PADA SISTEM MONITORING KEBAKARAN HUTAN BERBASIS INTERNET OF THINGS

DESIGN AND IMPLEMENTATION WIRELESS SENSOR NETWORK FOR FOREST FIRES MONITORING SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS

Fahmi Ahmad Fauzi¹, Sony Sumaryo², Muhammad Ary Murti³

1,2,3 Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fhmifauzi@gmail.com, ²sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id, ³arymurti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kebakaran hutan merupakan salah satu masalah yang mengancam kerusakan ekosistem. Sistem pencegahan dini terhadap indikasi kebakaran hutan mutlak diperlukan. Luasnya hutan menjadi salah satu permasalahan yang dihadapi dalam pemantauan kondisi hutan. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan luasnya hutan, sistem pendeteksi kebakaran hutan menggunakan metode *Wireless Sensor Network (WSN)*.

Sensor node pada WSN ini dipasang pada titik-titik wilayah yang rawan kebakaran. Untuk mengekspansi jarak atau area yang diamati oleh WSN, maka digunakan mode transmisi *multi-hop*. Sensor node mengirimkan data ke node koordinator. Node koordinator mengirimkan kembali data yang diterima menuju ke node *gateway*. Data yang diterima di node *gateway* akan disimpan di database yang tersedia pada *platform server antares*. Data yang disimpan di database tersebut akan ditampilkan pada aplikasi android yang digunakan pengguna.

Kata kunci : Kebakaran Hutan, *Wireless Sensor Network*, Sensor node, Transmisi *multi-hop*,

Abstract

Forest fires are one of the issues that threaten the destruction of ecosystems. Early prevention system against indication of forest fire is absolutely necessary. The extent of forest becomes one of the problems faced in monitoring the condition of forests. Therefore, to treat the problem of forest area, forest fire detection system using Wireless Sensor Network (WSN) method.

Node sensors allow to collect data from changes in sensors caused by fires at specific points. Node sensors are installed at points of fire prone areas. To expand the distance or area observed by WSN, a multi-hop transmission mode is used. Node sensor sends data to coordinator node. Coordinator node sends back the received data to the gateway node. Data received at the gateway node will be stored in the database available on server Antares platform. The data stored in the database is shown on the user android application.

Keywords: Forest Fires, *Wireless Sensor Network*, Node Sensor, *Multi-hop transmission*

1. Pendahuluan

Hutan adalah bagian penting dari kehidupan yang ada di dunia ini. Hutan merupakan tempat tinggal sebagian besar makhluk hidup yang ada di dunia ini, bahkan tidak sedikit makhluk hidup yang bergantung pada kekayaan hutan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Maka dari itu, kebakaran hutan menjadi momok yang sangat menakutkan bagi keberlangsungan kehidupan di dunia ini karena dampak dari kebakaran hutan dapat membuat keseimbangan kehidupan di dunia ini tidak terjalin dengan seharusnya. Kebakaran hutan juga bisa berdampak bagi kesehatan masyarakat dengan berkurangnya produksi O₂ dan CO₂, potensi bencana alam erosi dan banjir meningkat dan bahkan bisa berdampak bagi segi finansial masyarakat.

Faktor-faktor penyebab kebakaran hutan yang sering terjadi beberapa tahun ini sebagian besar diakibatkan oleh perubahan iklim dan kelalaian manusia saat melakukan aktifitas di wilayah hutan. Hingga saat ini upaya pencegahan kebakaran hutan telah banyak dilakukan dengan berbagai macam metode diantaranya: metode patroli rutin, metode observasi melalui menara pengawas dan menggunakan satelit monitoring [1].

Metode-metode tersebut selama ini mempunyai kekurangan, yang pertama metode patroli, metode tersebut membutuhkan banyak sumber daya manusia dan juga membutuhkan banyak biaya untuk melaksanakan pelatihan pengawas hutan. Kedua metode observasi, metode tersebut mempunyai kekurangan dalam hal biaya untuk pembangunan menara pengawas, biaya pelatihan sumber daya manusia, area yang di monitoring terbatas dan yang terpenting dari metode ini ialah komitmen dari petugas pengawas harus baik. Ketiga metode pengawasan satelit,

metode ini memiliki kekurangan dalam hal waktu siklus scanning yang lama, resolusi gambar yang dihasilkan rendah dan metode ini sangat dipengaruhi oleh kondisi awan di wilayah yang diamati, sehingga dalam pengawasannya sulit untuk mendapatkan informasi yang realtime [1].

Maka dari itu, metode yang dipilih pada perancangan tugas akhir ini yaitu metode wireless sensor network (WSN). Untuk mengekspansi jarak dan area yang diamati oleh metoda WSN, maka digunakan mode transmisi data multi-hop. Hal itu berarti setiap sensor node dalam metode WSN ini berfungsi sebagai pengirim dan penerima informasi. Teknologi komunikasi yang digunakan pada metode WSN ini ialah teknologi zigbee dan alat yang digunakannya ialah modul Xbee Pro S2B yang mempunyai spesifikasi yang cukup mumpuni dalam hal mengekspansi wilayah pengamatan.

2. Dasar Teori

2.1 Kebakaran Hutan

Kebakaran Hutan adalah suatu peristiwa kebakaran, baik alami maupun oleh manusia yang ditandai dengan penjaran api bebas serta mengkonsumsi bahan bakar hutan dan lahan yang dilaluinya [1]. Kebakaran hutan mempunyai dampak negatif bagi keseimbangan ekosistem disekitarnya.

Kebakaran hutan di Indonesia umumnya (99,9%) disebabkan oleh manusia, baik disengaja maupun akibat kelalaiannya. Sedangkan sisanya (0,1%) disebabkan oleh alam seperti petir, aliran lahar dan awan panas saat aktifitas vulkanis [1].

Berikut adalah faktor-faktor yang menyebabkan kebakaran hutan yang sering terjadi saat ini:

1. Faktor sambaran petir di wilayah hutan kering yang terjadi saat musim kemarau yang panjang.
2. Faktor kelalaian manusia seperti membuang puntung rokok sembarangan dan lupa mematikan api unggun di perkemahan.
3. Faktor aktifitas vulkanis seperti terkena aliran lahar atau awan panas dari letusan gunung berapi yang membakar kawasan hutan yang kering.
4. Faktor tindakan yang disengaja seperti penebangan wilayah hutan untuk menciptakan lingkungan baru seperti perumahan atau tempat wisata yang dapat mengubah kondisi lingkungan di wilayah hutan tersebut.

2.2 Komunikasi Data

Komunikasi Data merupakan cara mengirimkan data menggunakan sistem transmisi elektronik dari satu sistem menuju sistem yang lain dengan menggunakan media transmisi kabel ataupun non kabel [2]. Komunikasi bisa diartikan sebagai cara untuk mengirimkan atau menyebarkan informasi yang dilakukan oleh antar manusia dan berbagai informasi yang dikirim atau diterima diantaranya adalah suatu pemikiran, berita atau data yang dimuat dalam berbagai bentuk seperti tulisan, gambar dan suara [2].

Transmisi data menurut standar ANSI (American National Standar Institut) memiliki 3 jenis proses transmisi data yaitu simplex, half duplex dan full duplex [2]. Jenis transmisi simplex yaitu pengiriman yang dilakukan satu arah, dimana hanya terdapat satu pengirim dan satu penerima. Jenis transmisi half duplex yaitu kedua perangkat komunikasi bisa digunakan sebagai pengirim dan penerima secara bergantian. Jenis transmisi full duplex yaitu kedua perangkat bisa digunakan sebagai pengirim dan penerima secara bersamaan.

Pada saat pengiriman data diperlukan proses modulasi yaitu proses penyesuaian dengan media transmisi yang digunakan setelah proses modulasi dilakukan tentunya data yang dikirimkan dapat lebih jauh. Setelah pengiriman data tentunya diperlukan penyesuaian kembali data seperti semula, proses ini biasa disebut dengan demodulasi [2].

Transmisi data dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan informasi dan penurunan kecepatan pengiriman data, faktor tersebut diantaranya:

1. Bandwidth, semakin besar bandwidth suatu sinyal, semakin tinggi laju data yang dikirimkan
2. Gangguan transmisi, gangguan tersebut seperti kerusakan terhadap perangkat atau kabel yang digunakan sebagai media transmisi.
3. Interferensi, merupakan gangguan yang disebabkan oleh keadaan diantara perangkat seperti bangunan, pohon dan objek lain yang menghalangi proses transmisi data.
4. Jumlah penerima, semakin banyak jumlah penerima dapat mempengaruhi kecepatan laju data ketika pengiriman [2].

2.3 Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network atau biasa disingkat dengan WSN merupakan metode komunikasi jaringan nirkabel yang menggunakan beberapa sensor node yang ditempatkan pada titik-titik strategis di wilayah pengamatan dan digunakan untuk melakukan pengamatan terhadap suatu objek atau wilayah sekitar [5].

Wireless Sensor Network selama ini digunakan untuk melakukan pengawasan terhadap wilayah tertentu. Dalam tugas akhir ini WSN digunakan untuk melakukan monitoring wilayah hutan untuk mencegah kebakaran hutan

yang akan terjadi. WSN akan disebarakan pada titik-titik strategis wilayah yang berpotensi terjadinya kebakaran hutan. ketika sensor node menerima informasi mengenai kondisi wilayah yang diamati, informasi tersebut akan dikirimkan menuju pusat database pada node gateway yang selanjutnya informasi tersebut akan diterima oleh pengawas melalui aplikasi user monitoring dan jika informasi didapatkan menunjukkan bahwa informasi tersebut berpotensi terjadinya kebakaran hutan, maka petugas pengawasan akan segera melakukan tindakan untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan yang semakin meluas.

Wireless Sensor Network mempunyai beberapa karakteristik [5]. Berikut merupakan karakteristik dari wireless sensor network:

1. Membutuhkan daya atau power yang terbatas saat pengolahan data.
2. Kemampuan untuk bertahan pada lingkungan yang tidak mudah untuk dijangkau secara terus menerus.
3. Kemampuan untuk mengatasi kesalahan sensor node.
4. Mobilitas penempatan sensor node yang dinamis.
5. Kemampuan untuk menggunakan beberapa topologi jaringan.
6. Penyebaran sensor node pada wilayah yang diamati luas.

2.4 Zigbee / IEEE 802.15.4

Zigbee merupakan sebuah protokol teknologi komunikasi radio yang mempunyai data rate rendah, biaya murah dan merupakan teknologi komunikasi yang biasa diaplikasikan untuk melakukan fungsi pengawasan dan fungsi kontrol. Teknologi zigbee ini menggunakan standar IEEE 802.15.4. Teknologi zigbee ini memiliki kecepatan komunikasi 250kbps. Teknologi zigbee ini memiliki kelebihan dalam hal penggunaannya diantaranya: instalasinya mudah, bentuknya yang kecil, murah dan membutuhkan daya yang sangat rendah [4].

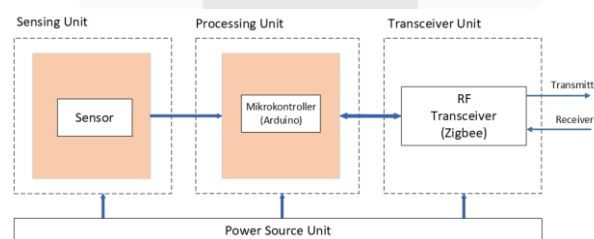
Standar IEEE 802.15.4 yang digunakan pada teknologi komunikasi zigbee ini menggunakan tiga buah band frekuensi. Frekuensi yang digunakan ialah 915Mhz untuk wilayah Amerika, 868Mhz untuk wilayah Eropa dan 2,4Ghz untuk wilayah Asia. Pada stack layer zigbee dijelaskan bahwa Physical dan MAC Layer nya menggunakan standar IEEE 802.15.4 dan untuk layer-layer di atasnya seperti Data Link, Network dan Aplikasi Interface ini ditentukan oleh Zigbee Alliance [6].

Teknologi zigbee memiliki karakteristik dalam penggunaannya yaitu konsumsi daya yang digunakannya rendah sehingga memungkinkan untuk digunakan pada monitoring lingkungan yang memerlukan waktu penggunaan yang panjang, bekerja paada rentang frekuensi 2,4 – 2,4835 GHz, 868 – 870 Mhz dan 902 – 928 MHz, rentang frekuensi tersebut bisa digunakan secara gratis, memiliki maksimum transfer rate untuk tiap data pada lebar pita diantaranya 250Kbps untuk frekuensi 2,4GHz, 40Kbps untuk frekuensi 915MHz dan 20Kbps untuk frekuensi 868MHz. Teknologi zigbee memiliki karakteristik hand shake protocol sehingga data yang dikirimkan pun dapat diandalkan dan teknologi zigbee telah mendukung dengan beberapa topologi jaringan seperti mesh, star dan cluster tree [6].

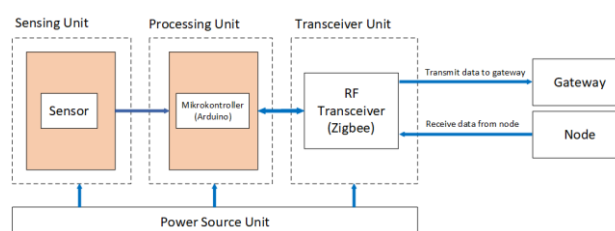
3. Perancangan dan Realisasi Sistem

3.1 Diagram Blok Sistem

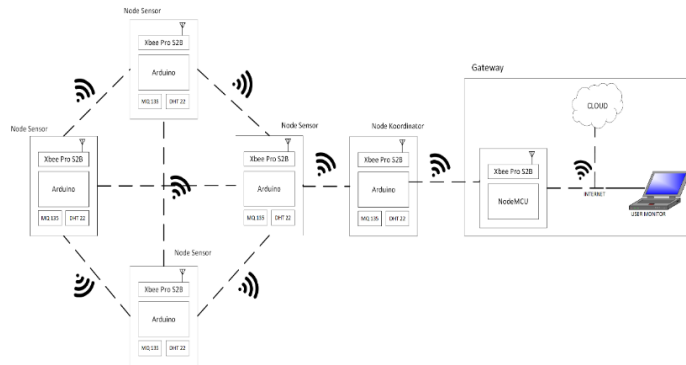
Untuk merancang sistem monitoring kebakaran hutan ini terbagi menjadi 3 bagian diantaranya sensor node dan node koordinator yang terhubung langsung dengan sebuah node gateway yang memiliki koneksi jaringan internet.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sensor Node



Gambar 3. 2 Diagram Blok Node Koordinator

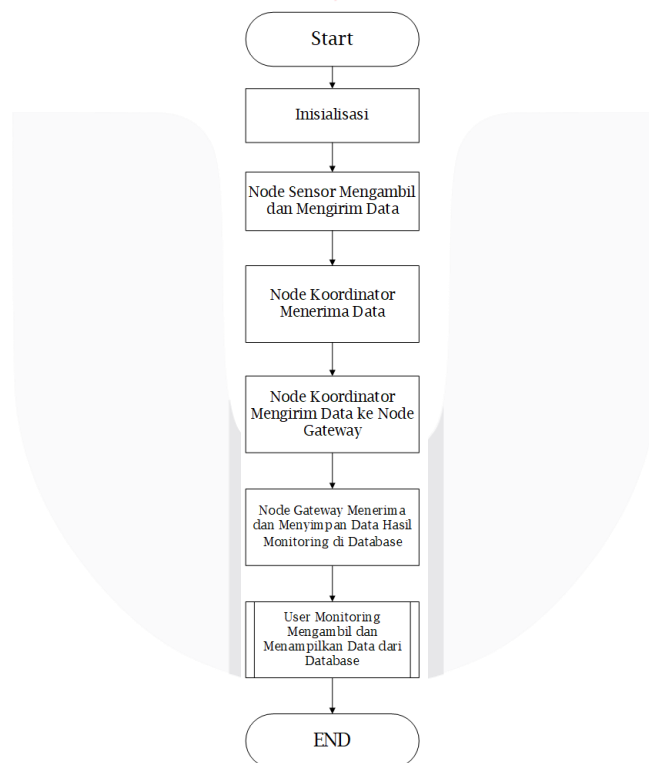


Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

3.2 FlowChart Sistem

Flowchart pada Gambar 3.4 dibawah menjelaskan pada sensor node akan mengambil data dari sensor berupa suhu, kelembaban dan kadar gas, lalu sensor node akan mengirimkan data tersebut kepada node koordinator lalu node koordinator akan mengirim data tersebut ke node gateway untuk menentukan tindakan apa selanjutnya. Jika data tersebut mengandung potensi bahaya kebakaran maka alarm yang telah diprogram pada User Monitoring akan menyala, tapi jika data tidak berpotensi maka User Monitoring akan menampilkan nilai suhu dan kadar gas.

Berikut adalah flowchart sistem monitoring kebakaran hutan secara keseluruhan:

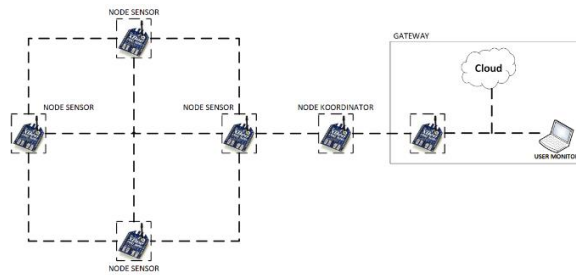


Gambar 3. 4 Flowchart sistem

3.3 Arsitektur Perancangan Sistem

Sistem yang akan dirancang pada tugas akhir ini merupakan sistem yang dapat menjangkau dan mengekspansi luas wilayah hutan sehingga alat yang dihasilkan dapat membantu masyarakat setempat untuk melakukan monitoring keadaan hutan secara jarak jauh dengan menggunakan web monitoring.

Sistem ini menggunakan metode wireless sensor network dimana dalam pengiriman data dari hasil pemantauan oleh node sensor akan dikirim secara wireless untuk meminimalisir penggunaan kabel sehingga lebih efisien dan hemat biaya dalam perancangan perangkat kerasnya. Untuk perancangan sistem ini, topologi yang digunakan ialah mode multi-hop. Pada Gambar 3.5 dibawah ini menjelaskan arsitektur sistem yang akan dirancang.



Gambar 3. 5 (Konfigurasi) Skenario Arsitektur sistem

3.4 Perancangan Perangkat Keras Sistem

3.4.1 Perancangan Perangkat Sensor

Pada tugas akhir ini menggunakan sensor DHT11 untuk mendapatkan nilai dari suhu dan kelembaban dari lokasi perancangan dan pada tugas akhir ini juga menggunakan sensor MQ135 untuk mendapatkan nilai dari kadar gas dari lokasi perancangan.

3.4.2 Perancangan Perangkat Radio Komunikasi



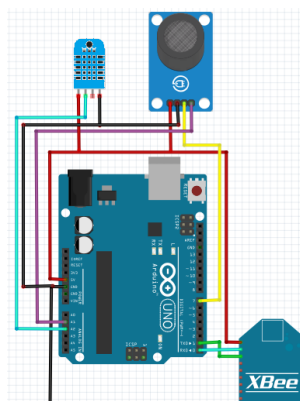
Gambar 3. 6 Xbee Pro S2B [9]

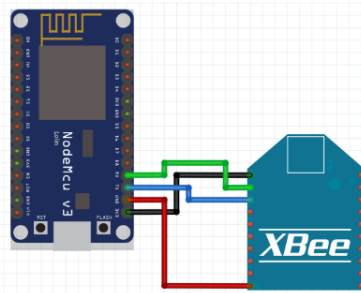
Dalam Perancangan Tugas Akhir ini perangkat teknologi komunikasi yang digunakan ialah Xbee Pro S2B yang dimana perangkat tersebut telah mendukung dengan topologi *mesh* yang akan diterapkan pada sistem monitoring kebakaran hutan ini. Xbee Pro S2B membutuhkan Catu daya sebesar 3.3V. Xbee Pro S2B ini memiliki jangkauan Transmisi data mencapai 3.2 KM yang mampu mengekspansi wilayah pemasangan alat di Taman Hutan Raya Ir. H Djuanda Bandung ini.

3.4.3 Perancangan Perangkat Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan perangkat pengolahan data pada sensor node sebelum data ditransmisikan oleh perangkat radio komunikasi yang digunakan. Pada perancangan tugas akhir ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dan NodeMCU yang dimana mikrokontroler ini sudah umum dipakai, mudah didapatkan dipasaran, dan dirasa cukup mampu untuk mengolah data pada sistem ini. Arduino Uno akan digunakan sebagai pusat pengolahan data pada setiap node yang telah terpasang beberapa sensor yang terhubung dengan perangkat radio komunikasi dan NodeMCU merupakan board mikrokontroler yang telah terpasang modul *wifi* ESP8266 yang akan digunakan sebagai gateway pada sistem jaringan yang akan dirancannng pada tugas akhir ini.

Pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 merupakan instalasi perangkat keras mikrokontroler setelah ditambahkan dengan sensor MQ135, DHT11 dan perangkat radio komunikasi Xbee Pro S2B yang akan saya rancang untuk perancangan *hardware* sensor node, node koordinator dan node gateway pada tugas akhir ini.

Gambar 3. 7 Perancangan *hardware* pada node sensor dan node koordinator



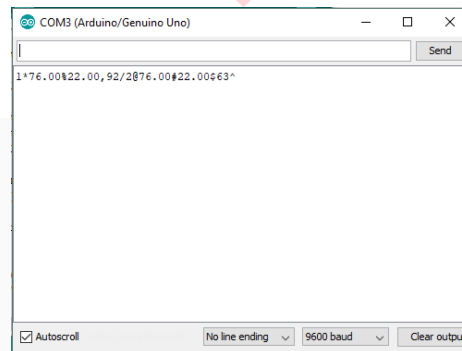
Gambar 3. 8 Perancangan *hardware* pada node *gateway*

3.5 Perancangan Perangkat Lunak Sistem

3.5.1 Pemrograman Node pada Mikrokontroler

Pada perancangan node yang akan dibuat pada sistem monitoring ini diperlukan pemrograman pada node. Untuk mengisi program pada setiap node ini menggunakan *software* Arduino IDE, pada pemrograman setiap node ini menggunakan metode *parsing* data dikarenakan untuk membedakan dan menguraikan data pada satu paket masukan. Data masukan yang di *parsing* ialah data alamat node, data kelembaban, data suhu, data kadar gas.

Parsing data merupakan kegiatan yang digunakan untuk mengurai data yang telah diterima dari perangkat lain. Fungsi dari *parsing* data yaitu untuk pemilihan dan pengambilan data dari suatu paket data masukan dan mempermudah dalam komunikasi data karena dengan metode *parsing* data pengiriman informasi cukup dengan satu line paket data yang didalamnya telah terdiri dari beberapa paket data seperti yang terlihat dari Gambar 3.9 yang ada dibawah ini.



Gambar 3. 9 Satu line paket data masukan

Jumlah data pada perancangan node ini adalah 35 Byte jumlah tersebut terdiri dari karakter * % , / @ # \$ ^ yang merupakan karakter identifier yang diberikan untuk membedakan jenis data pada suatu paket data masukan dan 1, 76.00, 22.00, 92, 2, 76.00, 22.00, 63 yang merupakan nilai dari setiap identifier nya. Maka format data yang digunakan pada pemrograman node sensor bisa dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Format Data

Karakter identifier	Jenis Data	Data
@ dan *	Alamat Node	1,2
% dan #	<i>Humidity (%)</i>	76.00 , 76.00
, dan \$	<i>Temperature (C)</i>	22.00 , 22.00
/ dan ^	Kadar Gas (PPM)	92 , 63

Berikut alamat yang diberikan pada tiap node seperti pada tabel berikut:

Tabel 3. 2 Pemberian Alamat

<i>Node</i>	Alamat
Node Sensor	1
Node Koordinator	2
Node <i>Gateway</i>	3

3.5.2 Perancangan Konfigurasi Xbee Pro S2B

Xbee Pro S2B dapat dikonfigurasi sebagai *receiver* dan *transmitter*, dimana pada tugas akhir ini menggunakan jaringan *multi-hop* dari protokol IEEE 802.15.4 / *zigbee*. Hal yang perlu diperhatikan dalam konfigurasi Xbee Pro S2B adalah pengaturan alamat masing-masing Xbee Pro S2B. Pengaturan alamat ini meliputi parameter:

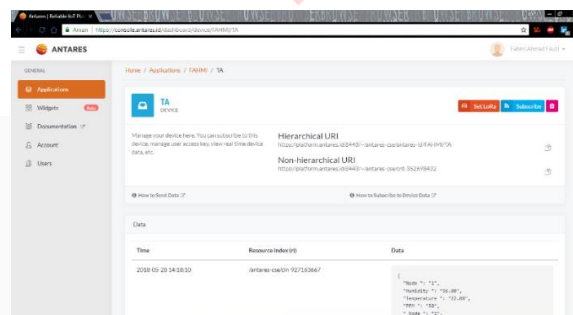
1. PAN ID (*Personal Area Network ID*)
2. SH (*Serial Number High*)
3. SL (*Serial Number Low*)
4. DH (*Destination address High*)
5. DL (*Destination Low*).

Agar Xbee Pro S2B dapat berkomunikasi dalam jaringan multihop maka xbee harus di setting terlebih dahulu. Konfigurasi menggunakan software XCTU dan perangkat *Xbee Adapter*. Pada tugas akhir ini ada 3 xbee dimana akan di konfigurasi. Maka berikut pengaturan xbee yang akan digunakan:

- Nilai parameter PAN ID koordinator = Nilai PAN ID *Router* = Nilai PAN ID *End Device*
- Nilai parameter SH koordinator = DH semua *Router* dan *End Device*
- Nilai parameter SL koordinator = DL semua *Router* dan *End Device*

3.5.3 Perancangan Database pada Platform Server ANTARES

Antares merupakan platform server yang dibuat untuk menyimpan banyak data yang bisa diakses secara local maupun non-local.



Gambar 3. 10 Tampilan database di *Antares.id*

Database ini dibangun langsung pada *antares.id*. Database tersebut dapat diakses oleh *client* dari sebuah *software*, yang dimana *software* tersebut ialah aplikasi yang telah dibuat pada *android studio*.

Konten yang disediakan oleh platform server antares ini mencakup beberapa kolom sebagai berikut :

- Keterangan waktu
- Resource index
- Data

Data yang akan disimpan pada konten 'Data' yang ada pada platform server antares ini diantaranya:

- Alamat node
- Nilai *Humidity*
- Nilai *Temperature*
- Nilai Kadar gas

3.5.4 Perancangan Aplikasi untuk User Monitoring

Perancangan aplikasi untuk user monitoring pada tugas akhir ini menggunakan software android studio. Aplikasi user monitoring yang akan dirancang membutuhkan koneksi jaringan internet. Pada aplikasi ini tidak terdapat pengolahan data yang diterima, tetapi hanya sekedar menampilkan data yang telah diambil di platform server Antares.

Pada tampilan user monitoring yang terlihat pada Gambar 3.11 di atas terdapat 2 bagian yang ditampilkan diantaranya tampilan Node 1 dan Node 2. Node 1 akan menampilkan data yang diterima pada sensor node dan Node 2 akan menampilkan data dari node koordinator. Data yang akan ditampilkan pada aplikasi user monitoring ini ialah data *fine fuel moisture code (FFMC)*, *drought code (DC)* dan *fire weather indeks (FWI)*. Untuk menampilkan data yang didapatkan oleh node tersebut pengguna harus menekan tombol get data yang ada pada tampilan aplikasi. Setelah tombol get data ditekan maka data akan diterima oleh user secara realtime. Decision proses yang dirancang pada aplikasi ini ialah dengan menampilkan notifikasi ketika kondisi lingkungan telah memenuhi kriteria rawan kebakaran atau telah terjadinya kebakaran.

Gambar 3. 11 Tampilan aplikasi *user monitoring*

4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1 Analisis Jarak Komunikasi Data

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jangkauan maksimum Xbee Pro S2B yang digunakan saat melakukan pengujian transmisi data antara node yang dilaksanakan di Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda dan lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api (GBLA) dengan kondisi *line of sight (LOS)*. Berikut merupakan hasil dari analisis pengujian jarak komunikasi data:

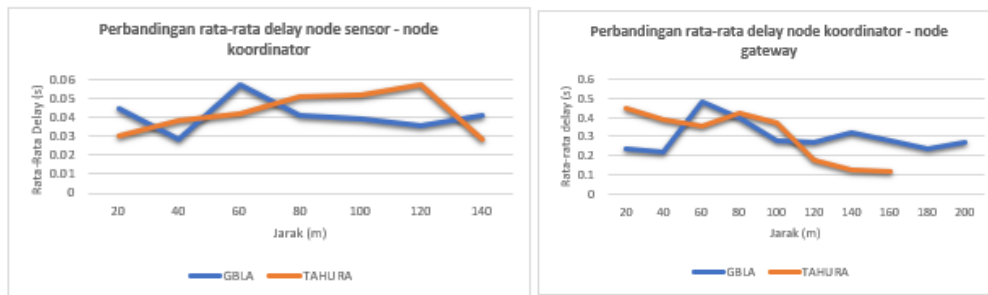
Tabel 4. 1 Jangkauan transmisi data

Jarak (m)	Node Sensor – Node Koordinator		Node Koordinator – Node Gateway	
	TAHURA	GBLA (LOS)	TAHURA	GBLA (LOS)
20	Terkirim	Terkirim	Terkirim	Terkirim
40	Terkirim	Terkirim	Terkirim	Terkirim
60	Terkirim	Terkirim	Terkirim	Terkirim
80	Terkirim	Terkirim	Terkirim	Terkirim
100	Terkirim	Terkirim	Terkirim	Terkirim
120	Terkirim	Terkirim	Terkirim	Terkirim
140	Terkirim	Terkirim	Terkirim	Terkirim
160	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim	Terkirim	Terkirim
180	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim	Terkirim
200	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim	Terkirim
220	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim	Tidak Terkirim

Pada transmisi data dari node sensor – node koordinator jarak komunikasi dari perangkat Xbee Pro S2B di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi *line of sight (LOS)* sama-sama mampu menjangkau 140 meter. Pada transmisi data node koordinator – node *gateway* jarak komunikasi dari perangkat komunikasi Xbee Pro S2B di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda mampu menjangkau jarak sejauh 160 meter dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi *line of sight (LOS)* perangkat komunikasi mampu menjangkau jarak sejauh 200 meter.

4.2 Analisis Delay

Analisis pengukuran *delay* dilakukan untuk mengetahui perbedaan waktu pengiriman dan waktu penerimaan data yang dinyatakan dengan waktu rata-rata *delay* ketika pengujian transmisi data. Berikut merupakan analisis parameter *delay* dari hasil pengujian sistem:

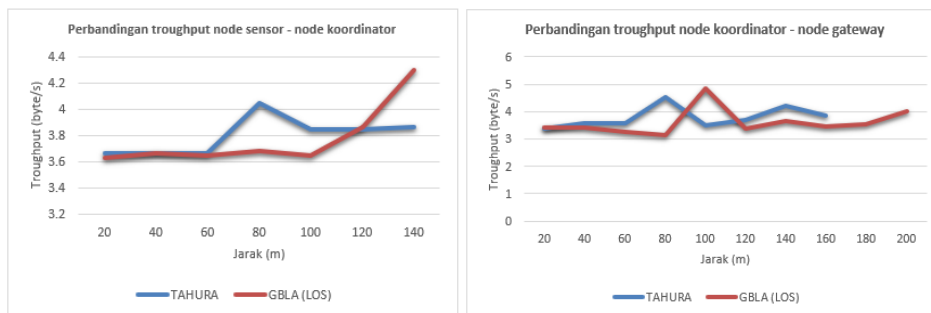


Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan rata-rata *delay*

Pada saat transmisi data dari node sensor – node koordinator rata-rata waktu delay yang dihasilkan di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda yaitu 0.0425 detik dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi line of sight (LOS) yaitu 0.0409 detik. Pada saat transmisi data dari node koordinator – node gateway rata-rata waktu delay yang dihasilkan di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda yaitu 0.3005 detik dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi line of sight (LOS) yaitu 0.2992 detik.

4.3 Analisis Throughput

Analisis *Throughput* dilakukan untuk mengukur sejumlah paket data yang dikirimkan dari pengirim menuju penerima pada suatu satuan waktu tertentu. Pada analisis *Throughput* ini satuan yang digunakan ialah Byte per detik (Byte/s).

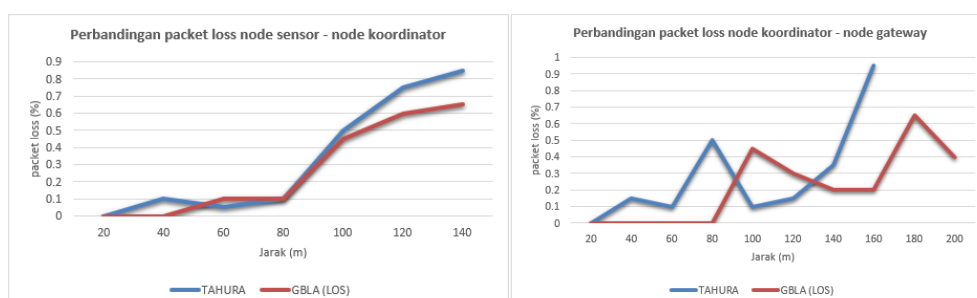


Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan *Throughput*

Pada saat transmisi data dari node sensor – node koordinator rata-rata *Throughput* yang dihasilkan di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda yaitu 3.8001 byte/s dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi *line of sight (LOS)* yaitu 3.7756 byte/s. Pada saat transmisi data dari node koordinator – node gateway rata-rata *Throughput* yang dihasilkan di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda yaitu 3.7780 byte/s dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi *line of sight (LOS)* yaitu 3.6122 byte/s.

4.4 Analisis Packet Loss Ratio

Analisis *packet loss ratio* atau rasio kehilangan paket merupakan perbandingan antara jumlah paket data yang hilang terhadap jumlah paket data. Pada analisis *packet loss* ini satuan yang digunakan yaitu *percent (%)* yang mendefinisikan persentase paket data yang hilang ketika transmisi data dilakukan.



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan *packet loss ratio*

Pada saat transmisi data dari node sensor – node koordinator rata-rata *packet loss* yang didapatkan di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda yaitu 0.33% dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi *line of sight (LOS)* yaitu 0.27%. Pada saat transmisi data dari node koordinator – node gateway rata-rata *packet loss* yang didapatkan di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda yaitu 0.28% dan pada lahan kosong di kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi *line of sight (LOS)* yaitu 0.22%

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisis di bab sebelumnya yaitu pada pengujian di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda. Maksimal jarak transmisi data dari node sensor – node koordinator yaitu 140 meter dengan rata-rata delay 0.0425 detik, throughput 3.8001 byte/s dan packet loss 0.33%. Sedangkan saat transmisi data dari node koordinator – node gateway jarak maksimal yang didapatkan yaitu 160 meter dengan rata-rata delay 0.3005 detik, throughput 3.7780 byte/s dan packet loss 0.28%.

Pada pengujian di lahan kosong pada kawasan stadion Gelora Bandung Lautan Api dengan kondisi line of sight (LOS). Maksimal jarak transmisi data dari node sensor – node koordinator yaitu 140 meter dengan rata-rata delay 0.0409 detik, throughput 3.7756 byte/s. dan packet loss 0.27%. sedangkan saat transmisi data dari node koordinator – node gateway jarak maksimal yang didapatkan yaitu 160 meter dengan rata-rata delay 0.2992 detik, throughput 3.6122 byte/s dan packet loss 0.22%.

Dari hasil pengujian dan analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa pada pengujian di lokasi Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda, QoS yang dihasilkan memiliki rata-rata delay, throughput dan packet loss yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan hasil pengujian di lokasi line of sight (LOS).

Daftar Pustaka

- [1] L. Gambut and W. C. Adinugroho, *Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan*. Bogor: Wetlands International - Indonesia Programme, 2004.
- [2] W. Stallings, *Data and computer communications*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc, 1997.
- [3] H. P. Tama, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) BERBASIS IEEE 802.15.4 / ZIGBEE,” Universitas Komputer Indonesia, 2010.
- [4] Winardi, “Mengenal Teknologi Zigbee Sebagai Standart Pengiriman Data Secara Wireless,” *BINUS Univ.*, 2012.
- [5] International Electrotechnical Commission *et al.*, “Internet of Things: Wireless Sensor Networks,” *Int. Electron. Commision*, no. December, pp. 1–78, 2014.
- [6] P. Kinney, “ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works,” *Commun. Des. Conf.*, no. October, pp. 1–20, 2003.
- [7] R. B. Nugroho, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK PENDETEKSI KEBAKARAN MENGGUNAKAN MODUL RF ZIGBEE MENGGUNAKAN TOPOLOGI MESH,” Universitas Telkom, 2014.
- [8] M. Iqbal, “Rancang Bangun Wireless Sensor Network berbasis Protokol Zigbee dan GSM untuk sistem pemantauan polusi Udara,” *Inst. Pertan. Bogor*, pp. 1–39, 2015.
- [9] Digi International, “Zigbee RF Modules,” 2018. [Online]. Available: <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90000976.pdf>.
- [10] H. Technology, “Datasheet NodeMCU.” [Online]. Available: http://www.handsontec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf.
- [11] Arduino.cc, “Datasheet Arduino UNO.” [Online]. Available: <https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>.
- [12] Sonjaya, I. 2008. Indeks Cuaca Kebakaran. <https://pawitra1.wordpress.com/?s=kebakaran>. Diakses pada tanggal 23 Agustus 2018