

# Model Routing Data pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Jaringan Sensor Nikabel (JSN)

## Data Routing Model of Micro Hydro Power Plant (MHPP) Based on Wireless Sensor Network (WSN)

Nivika Tiffany Somantri<sup>1\*</sup>, Naftalin Winanti<sup>2</sup>, Fatkhurrohman<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO BOX 148 Cimahi, Telp (022) 6642063

<sup>3</sup>PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk.

Jalan Raya Caringin No 353 Kertajaya Padalarang Bandung Barat, Telp (022) 6809813

nivika.tiffany@lecture.unjani.ac.id<sup>1\*</sup>, naftalin.winanti@lecture.unjani.ac.id<sup>2</sup>,

fatkhurrohman@icbp.indofood.co.id<sup>3</sup>

**Abstrak** – Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah salah satu sumber energi listrik terbarukan saat ini dengan memanfaatkan tenaga air berskala kecil untuk penggerakannya. PLTMH pada umumnya memiliki ruang kontrol yang berada jauh dengan sistemnya, sehingga dibutuhkan suatu sistem monitoring. Penggunaan sistem monitoring berbasis nirkabel menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut dengan proses pengiriman informasi yang cepat dan mudah. Penelitian ini merancang suatu model routing data dengan perancangan hardware dan software pada komunikasi data. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler arduino dan komunikasi frekuensi Xbee dengan protocol zigbee. Pengujian dilakukan dengan menggunakan berbagai macam topologi yaitu topologi pair, star, mesh, tree, dan x dalam model routing data baik dalam lingkungan indoor maupun lingkungan outdoor. Hasil yang didapat berdasarkan pengujian pada lingkungan indoor menunjukkan Xbee tetap dapat mengirim dalam ruangan yang memiliki penghalang dengan jarak 21m, sedangkan pada pengujian outdoor, Xbee dapat tetap mengirim dengan jarak maksimum 120.5m menggunakan model topologi x. Berdasarkan semua pemodelan yang telah dilakukan, topologi x merupakan model yang dianggap paling berhasil walaupun memiliki kelemahan dalam tingkat kerapihan penerimaan data namun dari tingkat keamanannya ketika terjadi masalah dengan salah satu node, topologi x masih memiliki jalur lain untuk dapat mengirimkan data ke penerima..

**Kata Kunci:** Model perutean data, JSN, PLTMH, topologi, Xbee.

**Abstract** – Micro hydropower plant is one of the current renewable electrical energy by making use of small-scale water power for propulsion. MHPP generally has a control room that was away with the system, so we need a monitoring system. The use of wireless-based monitoring systems into one solution to overcome these problems with the delivery process information quickly and easily. Therefore, we designed a model of routing data by designing hardware and software in data communication comprising Arduino microcontroller and Xbee frequency communication with ZigBee protocol. Testing is done by using a variety of topologies, namely topology pair, star, mesh, tree, and x in the model routing of data in both the indoor and outdoor environment. The results obtained by testing the indoor environment is Xbee can still

---

TELKA, Vol.7, No.1, Mei 2021, pp. 49~61

ISSN (e): 2540-9123

ISSN (p): 2502-1982

send in a room that had a barrier at a distance of 21m, while the outdoor testing Xbee can still send more than the maximum distance delivery Xbee 70.5m in research that is by using the model topology x. Based on all the modeling that has been done, topology x is the model that is considered the most successful even though it has weaknesses in the level of data reception tidiness. But the level of security has the advantage that when there is a problem with one of the nodes, the x topology still has another path to be able to send data to the receiver.

**Keywords:** Data routing model, WSN, MHPP, topology, Xbee.

## 1. Pendahuluan

Sebuah sistem monitoring melakukan proses pengumpulan data dimana data yang dikumpulkan pada umumnya merupakan data yang *real-time* [1]. Waktu didalam pengertian tersebut berarti bahwa sistem yang *real-time* menjalankan suatu pekerjaan yang memiliki batas waktu (*deadline*) [2].

Sistem *monitoring* itu sendiri dapat di aplikasikan untuk proses dalam *monitoring* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Dalam sistem *monitoring* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, penggunaan jaringan sensor nirkabel dapat *memonitoring* dan mengontrol sistem dengan menghemat waktu dan biaya seperti pengolahan pada data akuisisinya dan pengolahan pada efisiensi jalur yang dilewati oleh informasinya [3]. Dengan sistem monitoring yang ada pada PLTMH kita dapat mengetahui sistem bekerja dengan baik atau tidak dan apabila terjadi gangguan pada sistem PLTMH maka pada sistem monitoring akan terdeteksi dengan cepat sehingga respon penanggannya akan lebih cepat [4].

PLTMH yang ada saat ini berada di lingkungan terbuka sehingga dalam pengontrolannya memerlukan suatu sistem *monitoring* yang akan mempermudah proses pengontrolan pada sistem di PLTMH itu sendiri [5]. Sistem *monitoring* adalah suatu sistem dengan menggunakan media kabel maupun *wireless* dalam penyampaian informasinya. Dalam sistem *monitoring*, memerlukan suatu topologi yang cocok dalam proses pengiriman datanya. Topologi yang biasa dikenal seperti topologi *pair*, *star*, *mesh*, *tree* biasa digunakan dalam proses pengiriman data [6].

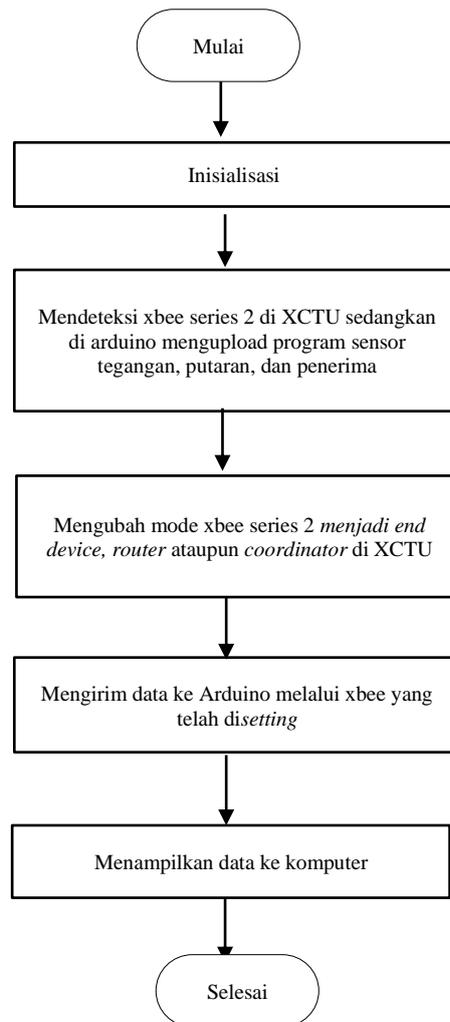
Pada penelitian dilakukan sebuah sistem *monitoring* menggunakan jaringan sensor nirkabel. Jaringan sensor nirkabel merupakan jaringan yang terdiri dari kumpulan node sensor yang tersebar di suatu area tertentu, tiap node memiliki kemampuan untuk pengiriman data yang diantara proses tersebut terdapat banyak node sensor [7]. Pada proses pengiriman data akan dilakukan pemilihan model *routing* data agar data yang dikirimkan dapat sesuai dengan jalur pengiriman yang telah disediakan. Jaringan sensor nirkabel yang digunakan dalam penelitian ini berbasis Arduino dan Xbee, dimana dengan menggunakan Arduino dan Xbee diharapkan dapat mengirim data lebih dari 30 m [8] dan dengan menggunakan jaringan sensor nirkabel berbasis Arduino dan xbee juga memiliki keuntungan yaitu dapat digunakan di lingkungan *indoor* maupun *outdoor* tanpa gangguan cuaca. Tak hanya itu, sifat *open source* arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri ketika menggunakan board ini, karena dengan sifat *open source* komponen yang akan dipakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran [9].

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan perancangan suatu model *routing* data dalam sistem *monitoring* tegangan dan *optocoupler* pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro secara nirkabel berbasis *Arduino IDE* dengan komunikasi data menggunakan perangkat Xbee. Sistem nantinya akan diterapkan untuk proses pengiriman data yang didapat dari keluaran sensor *optocoupler* dan sensor tegangan yang ada di pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Perancangan sistem sendiri di bagi menjadi dua bagian yaitu, perancangan *software* dan perancangan *hardware*.

### 2.1. Perancangan *Software*

Perancangan *software* dilakukan pada program *X-CTU* dan *Arduino IDE*. Pada *software X-CTU*, Xbee di setting terlebih dahulu untuk dijadikan sebagai *end device*, *router* dan *coordinator* lalu setelah di *setting* maka diupdate *the radio firmware library* untuk tahap akhir. Sedangkan *software Arduino IDE* digunakan untuk program sensor tegangan, sensor *optocoupler* dan penerima, kemudian di-download ke mikrokontroler *Arduino*. Untuk men-download *source code* tersebut dibutuhkan kabel USB untuk menghubungkan rangkaian penerima secara serial ke computer. Diagram alir untuk perancangan *software* ditunjukkan pada Gambar 1.



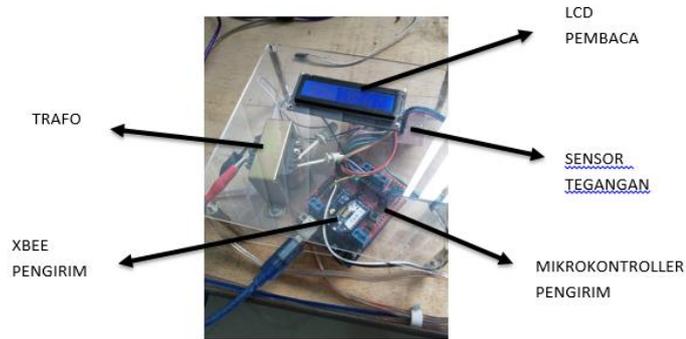
Gambar 1. Diagram alir perancangan *software*.

Pada gambar diagram alir diatas dapat dijelaskan ketika alat dijalankan, mikrokontroler akan melakukan inisialisasi seluruh *port* terlebih dahulu. Proses berikutnya mendeteksi Xbee *series 2* di *software XCTU* sedangkan pada *arduino* pemograman sensor tegangan dan *optocoupler* di upload lalu mengubah terlebih dahulu mode pada Xbee *series 2* agar data yang ada pada arduino dapat dikirim melalui Xbee yang telah dikonfigurasi.

### 2.2. Perancangan *Hardware*

Pada perancangan *hardware* ini terdiri dari rangkaian pengirim, perantara dan rangkaian penerima. Rangkaian pengirim terdiri dari beberapa rangkaian, yakni rangkaian sensor tegangan

dan sensor *optocoupler*. Gambar rangkaian pada perancangan *hardware* dapat dilihat pada Gambar 2-6.



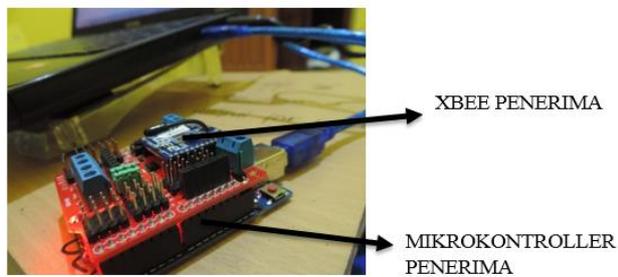
Gambar 2. Rangkaian pengirim sensor tegangan.



Gambar 3. Rangkaian sensor *optocoupler*.



Gambar 4. Rangkaian mikrokontroler pengirim.



Gambar 5. Rangkaian mikrokontroler penerima.



Gambar 6. Rangkaian mikrokontroler perantara.

### 2.3. Perancangan Topologi

Perancangan topologi berfungsi untuk mengatur xbee sesuai dengan topologi yang akan digunakan. Perancangan ini menggunakan topologi *pair*, *star*, *mesh*, *tree 1*, *tree 2* dan topologi *x*. Topologi yang digunakan adalah topologi yang dapat diaplikasikan oleh Xbee *series 2*, sedangkan topologi *x* adalah topologi yang dirancang dengan menggabungkan beberapa topologi yang ada.

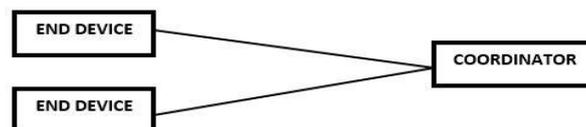
#### a. Topologi *Pair*

Topologi *pair* menggunakan 2 Xbee yang saling berkomunikasi. Xbee tersebut difungsikan sebagai *end device* dan *coordinator*. Topologi *pair* dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Topologi *pair*.

#### b. Topologi *Star*

Topologi *star* menggunakan 3 Xbee dengan 2 Xbee sebagai pengirim dan 1 Xbee sebagai penerima, seperti pada Gambar 8 yang menunjukkan topologi star.

Gambar 8. Topologi *star*.

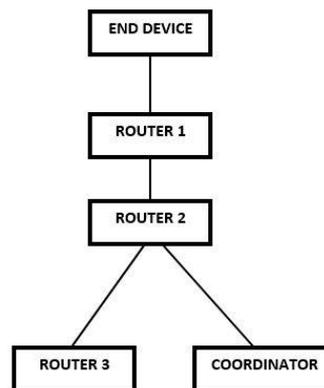
#### c. Topologi *Mesh*

Topologi *Mesh* menggunakan 3 Xbee sebagai *end device*, *router* dan *coordinator*. Topologi mesh dapat dilihat pada Gambar 9.

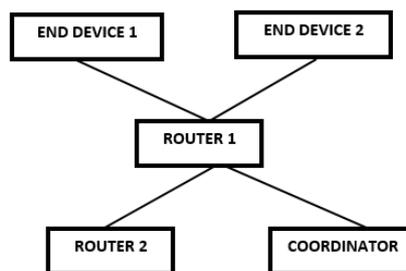
Gambar 9. Topologi *mesh*.

#### d. Topologi *Tree 1*

Topologi *tree 1* memanfaatkan 5 Xbee. Xbee-Xbee tersebut difungsikan sebagai *end device* (pengirim), 2 *router* (perantara), 1 *router* (penerima) dan 1 *coordinator* (penerima). Gambar 10 menunjukkan topologi tree 1.

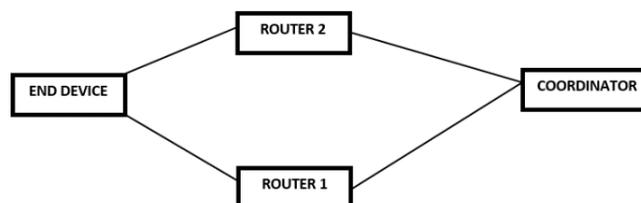
Gambar 10. Topologi *tree* 1.e. Topologi *Tree* 2

Sama seperti topologi *tree* 1, *tree* 2 menggunakan 5 Xbee yang berfungsi sebagai *end device* (pengirim) dengan jumlah 2 buah, *router* 1 (perantara) dengan jumlah 1 buah, *router* 2 dan *router* 3 (penerima) dan 1 *coordinator*. Gambar 11 menunjukkan topologi *tree* 2.

Gambar 11. Topologi *tree* 2.

## f. Topologi X

Pemodelan topologi x ini memiliki 2 *router* yang fungsinya sebagai perantara antara *end device* dan *coordinator*. Oleh karena itu, *end device* tidak dapat mengirim data menuju *coordinator* apabila *router* 1 ataupun *router* 2 dimatikan. Topologi x dapat terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Topologi x.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah sistem selesai dirancang, Pengujian ini bertujuan menguji setiap topologi untuk mengetahui kinerja dari masing-masing topologi serta melakukan pengecekan apakah topologi tersebut telah bekerja sesuai dengan fungsinya. Pengujian yang dilakukan ada 2 yaitu pengujian *indoor* dan pengujian *outdoor*.

Secara umum perancangan suatu model routing data dalam sistem *monitoring* tegangan dan *optocoupler* pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro secara nirkabel berbasis Arduino IDE dengan komunikasi data menggunakan perangkat xbee telah berfungsi dengan baik dengan pengujian dimodelkan oleh topologi *pair*, topologi *star*, topologi *mesh*, topologi *tree*, dan topologi *x*.

Dengan melihat hasil dari berbagai pemodelan, modul Xbee berfungsi cukup baik, hal ini ditunjukkan pada pengujian *indoor* dan *outdoor*. Pada pengujian *indoor* data terkirim dari ruang 1 hingga ruang 5 atau berjarak 21 meter. Pengujian tersebut dikatakan cukup baik karena keterbatasan modul Xbee yang memiliki daya rendah sehingga untuk menembus berbagai dinding memiliki kesulitan. Sedangkan pada lingkungan *outdoor*, modul Xbee berfungsi cukup baik karena pengujian *outdoor* Xbee dapat mengirim data hingga lebih 100m. Hal ini sesuai dengan spesifikasi dari modul tersebut[]. Pengujian dilakukan dengan tanpa adanya penghalang (*line of sight*). Sehingga modul Xbee ini dapat bekerja baik untuk proses *monitoring*.

#### a. Topologi *Pair*

Topologi *pair* menggunakan 2 Xbee yang saling berkomunikasi. Xbee tersebut difungsikan sebagai *end device* dan *coordinator*. Hasil pengujian untuk topologi *pair* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian topologi *pair*.

Kondisi <i>End Device</i>	Kondisi <i>Coordinator</i>
Mengirim Data	Menerima Data
Mati	Tidak Menerima Data

#### b. Topologi *Star*

Topologi *star* menggunakan 3 Xbee dengan 2 Xbee sebagai pengirim dan 1 Xbee sebagai penerima, seperti pada Tabel 2 yang menunjukkan hasil pengujian untuk topologi *star*.

Tabel 2. Pengujian topologi *star*.

Kondisi <i>End Device</i> 1	Kondisi <i>End Device</i> 2	Kondisi <i>Coordinator</i>
Mengirim Data	Mengirim Data	Menerima Data Dari Kedua <i>End Device</i>
Mati	Mengirim Data	Menerima Data <i>End Device</i> 2
Mengirim Data	Mati	Menerima Data <i>End Device</i> 1

#### c. Topologi *Mesh*

Topologi *Mesh* menggunakan 3 Xbee sebagai *end device*, *router* dan *coordinator*. Hasil pengujian untuk topologi *mesh* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian topologi *mesh*.

Kondisi <i>End Device</i>	Kondisi <i>Router</i>	Kondisi <i>Coordinator</i>
Mengirim Data	Menyampaikan Data	Menerima Data
Mati	Tidak Menyampaikan Data	Tidak Menerima Data
Mengirim Data	Mati	Tidak Menerima Data

#### d. Topologi *Tree* 1

Topologi *tree* 1 memanfaatkan 5 Xbee. Xbee-Xbee tersebut difungsikan sebagai *end device* (pengirim), 2 *router* (perantara), 1 *router* (penerima) dan 1 *coordinator* (penerima). Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian untuk topologi *tree* 1.

Tabel 4. Pengujian topologi *tree 1*.

Kondisi <i>End Device</i>	Kondisi <i>Router 1</i>	Kondisi <i>Router 2</i>	Kondisi <i>Router 3</i>	Kondisi <i>Coordinator</i>
Mengirim Data	Menyampaikan Data	Menyampaikan Data	Menerima Data	Menerima Data
Mati	Tidak Menyampaikan Data	Tidak Menyampaikan Data	Tidak Menerima Data	Tidak Menerima Data
Mengirim Data	Mati	Tidak Menyampaikan Data	Tidak Menerima Data	Tidak Menerima Data
Mengirim Data	Menyampaikan Data	Mati	Tidak Menerima Data	Tidak Menerima Data
Mengirim Data	Menyampaikan Data	Menyampaikan Data	Mati	Menerima Data
Mengirim Data	Menyampaikan Data	Menyampaikan Data	Menerima Data	Mati

e. Topologi *Tree 2*

Sama seperti topologi *tree 1*, *tree 2* menggunakan 5 Xbee yang berfungsi sebagai *end device* (pengirim) dengan jumlah 2 buah, *router 1* (perantara) dengan jumlah 1 buah, *router 2* dan *router 3* (penerima) dan 1 *coordinator*. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian untuk topologi *tree 2*.

Tabel 5. Pengujian topologi *tree 2*.

Kondisi <i>End Device 1</i>	Kondisi <i>End Device 2</i>	Kondisi <i>Router 1</i>	Kondisi <i>Router 2</i>	Kondisi <i>Coordinator</i>
Mengirim Data	Mengirim Data	Menyampaikan Data	Menerima Data	Menerima Data
Mati	Mengirim Data	Menyampaikan Data <i>End Device 2</i>	Menerima Data <i>End Device 2</i>	Menerima Data <i>End Device 2</i>
Mengirim Data	Mati	Menyampaikan Data <i>End Device 1</i>	Menerima Data <i>End Device 1</i>	Menerima Data <i>End Device 1</i>
Mengirim Data	Mengirim Data	Mati	Tidak Menerima Data	Tidak Menerima Data
Mengirim Data	Mengirim Data	Menyampaikan Data	Mati	Menerima Data
Mengirim Data	Mengirim Data	Menyampaikan Data	Menerima Data	Mati

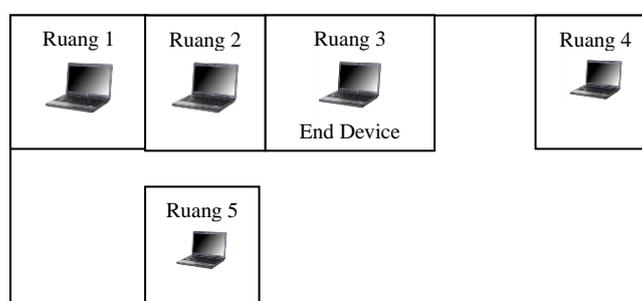
## f. Topologi X

Pemodelan topologi x ini memiliki 2 *router* yang fungsinya sebagai perantara antara *end device* dan *coordinator*. Oleh karena itu, *end device* tidak dapat mengirim data menuju *coordinator* apabila *router 1* ataupun *router 2* dimatikan. Hasil pengujian untuk topologi x dapat terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian topologi x.

Kondisi <i>End Device</i>	Kondisi <i>Router 1</i>	Kondisi <i>Router 2</i>	Kondisi <i>Coordinator</i>
Mengirim Data	Menyampaikan Data	Menyampaikan Data	Menerima Data
Mati	Tidak Menyampaikan Data	Tidak Menyampaikan Data	Tidak Menerima Data
Mengirim Data	Mati	Menyampaikan Data	Menerima Data
Mengirim Data	Menyampaikan Data	Mati	Menerima Data

Setelah melakukan proses pengecekan dengan topologi-topologi yang ada, kemudian dilakukan pengujian pemantauan secara nirkabel dengan beberapa buah Xbee sesuai dengan topologi yang digunakan. Pengujian dilakukan pada *indoor* dan *outdoor*. Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.

Gambar 13. Skema pengujian *indoor* Xbee.

### 3.1. Lingkungan *Indoor*

Pengujian *indoor* dilakukan pada lingkungan laboratorium yakni melihat kehandalan sensor dalam sebuah bangunan. Skema ruangan pada pengujian lingkungan *indoor* dapat dilihat pada gambar 14.

#### a. Topologi *Pair*

Pengujian topologi *pair* dilakukan dengan mengirimkan data dengan Xbee pengirim pada ruang 3 menggunakan dua buah modul Xbee. Kemudian Xbee penerima ditempatkan pada ruang 1 sampai 5. Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Xbee topologi *pair*.

Pengujian ke -	Ruang	Keterangan
1.	Ruang 1	Terkirim
2.	Ruang 2	Terkirim
3.	Ruang 3	Terkirim
4.	Ruang 4	Terkirim
5.	Ruang 5	Terkirim

#### b. Topologi *Star*

Topologi *star* melakukan pengujian dengan tiga buah modul Xbee. Pengujian tersebut dengan cara mengirimkan data dengan Xbee pengirim berada di ruang 3. Kemudian Xbee penerima ditempatkan pada ruang 1 sampai 5. Hasil pengujian untuk topologi *star* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian Xbee topologi *star*.

Pengujian ke -	Ruang	Keterangan
1.	Ruang 1	Terkirim
2.	Ruang 2	Terkirim
3.	Ruang 3	Terkirim
4.	Ruang 4	Terkirim
5.	Ruang 5	Terkirim

c. Topologi *Mesh*

Pengujian pada topologi mesh menggunakan tiga buah modul Xbee. Topologi *mesh* mengirimkan data dengan Xbee pengirim terletak pada ruang 3, sedangkan router diletakkan diluar ruang 3. Kemudian Xbee penerima ditempatkan pada ruang 1 sampai 5. Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian Xbee topologi *mesh*.

Pengujian ke -	Ruang	Keterangan
1.	Ruang 1	Terkirim
2.	Ruang 2	Terkirim
3.	Ruang 3	Terkirim
4.	Ruang 4	Terkirim
5.	Ruang 5	Terkirim

d. Topologi *Tree 1*

Pengujian pemantauan secara nirkabel pada topologi *tree 1* ini dilakukan dengan lima buah modul Xbee. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dengan Xbee pengirim pada ruang 3, sedangkan *router 1* dan *2* diletakkan diluar ruang 3. Kemudian Xbee penerima ditempatkan pada ruang 1 sampai 5. Sedangkan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil pengujian Xbee topologi *tree 1*.

Pengujian ke -	Ruang	Keterangan
1.	Ruang 1	Terkirim
2.	Ruang 2	Terkirim
3.	Ruang 3	Terkirim
4.	Ruang 4	Terkirim
5.	Ruang 5	Terkirim

e. Topologi *Tree 2*

Pengujian pemantauan secara *nirkabel* ini dilakukan dengan lima buah modul Xbee. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dengan Xbee pengirim pada ruang 3, sedangkan *router 1* diletakkan diluar ruang 3. Kemudian Xbee penerima ditempatkan pada ruang 1 sampai 5. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil pengujian Xbee topologi *tree 2*.

Pengujian ke -	Ruang	Keterangan
1.	Ruang 1	Terkirim
2.	Ruang 2	Terkirim
3.	Ruang 3	Terkirim
4.	Ruang 4	Terkirim
5.	Ruang 5	Terkirim

## f. Topologi X

Pengujian yang terakhir adalah topologi x. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dengan Xbee pengirim pada ruang 3, sedangkan router 1 dan 2 diletakkan diluar ruang 3. Kemudian Xbee penerima ditempatkan pada ruang 1 sampai 5. Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil topologi x.

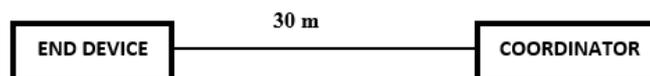
Pengujian ke -	Ruang	Keterangan
1.	Ruang 1	Terkirim
2.	Ruang 2	Terkirim
3.	Ruang 3	Terkirim
4.	Ruang 4	Terkirim
5.	Ruang 5	Terkirim

3.2. Lingkungan *Outdoor*

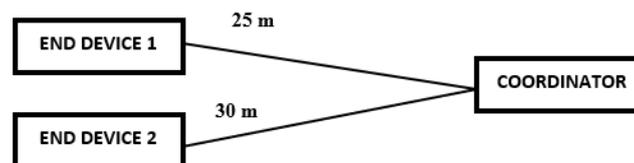
Pengujian *outdoor* dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal jangkauan yang didapat oleh Xbee. Pengujian *outdoor* ini dilakukan di tempat parkir Laboratorium Teknik Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman.

a. Topologi *Pair*

Pada topologi *pair* ini dilakukan pengujian dengan jangkauan jarak 30m. Gambar 14 menunjukkan skema pengujian untuk topologi *pair*.

Gambar 14. Skema pengujian *outdoor* Xbee topologi *pair*.b. Topologi *Star*

Sama halnya dengan topologi *pair*, pada topologi *star* ini dilakukan pengujian dengan jangkauan jarak dari *end device* 1 ke *coordinator* 15m sedangkan dari *end device* ke *coordinator* 45 m. Gambar 15 akan menunjukkan gambar skema pengujian topologi *star*.

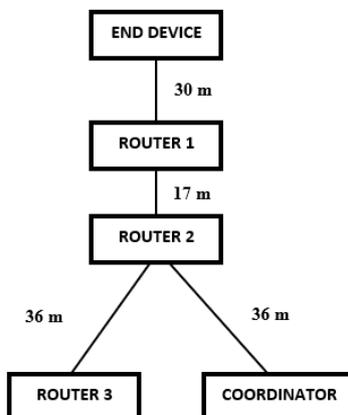
Gambar 15. Gambar skema pengujian *outdoor* Xbee topologi *star*.c. Topologi *Mesh*

Dengan menggunakan *router* maka jangkauan Xbee akan bertambah menjadi 52 m karena *coordinator* tidak dapat menerima data dari *end device* tanpa melewati *router*. Skema pengujian topologi *mesh* dapat dilihat pada Gambar 16.

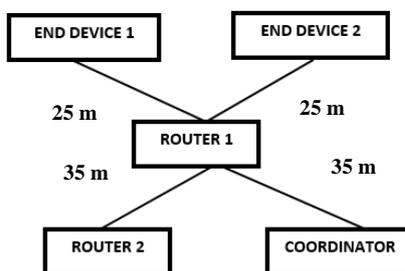
Gambar 16. Gambar skema pengujian *outdoor* Xbee topologi *mesh*.

d. Topologi *Tree 1*

Dengan menggunakan *router* maka jangkauan Xbee akan bertambah menjadi 63 m karena *coordinator* tidak dapat menerima data dari *end device* tanpa melewati *router*. Skema pengujian untuk topologi *tree 1* dapat dilihat pada Gambar 17.

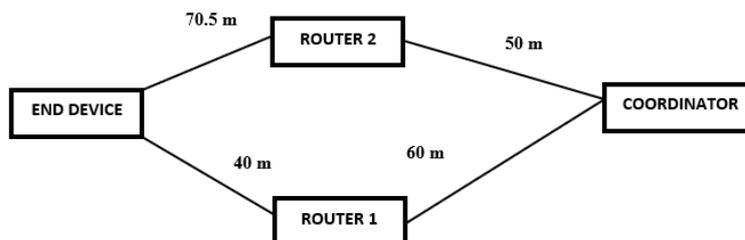
Gambar 17. Skema pengujian *outdoor* Xbee topologi *tree 1*.e. Topologi *Tree 2*

Dengan menggunakan *router* maka jangkauan Xbee akan bertambah menjadi 60 m karena *coordinator* tidak dapat menerima data dari *end device* tanpa melewati *router*. Gambar skema pengujian untuk topologi *tree 2* dapat dilihat pada Gambar 18.

Gambar 18. Skema pengujian *outdoor* Xbee topologi *tree 2*.

## f. Topologi X

Topologi x adalah pengujian yang memiliki jarak jangkauan paling jauh dibandingkan dengan pemodelan sebelumnya. Hal ini dikarenakan jarak dari *end device* melewati *router 2* menuju *coordinator* adalah 120.5 m sedangkan *end device* melewati *router 1* menuju *coordinator* adalah 100 m. Skema topologi x dapat dilihat pada Gambar 19.

Gambar 19. Skema pengujian *outdoor* topologi x.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, topologi x dapat diketahui bahwa topologi x memiliki keamanan yang baik karena apabila salah satu *router* mengalami kerusakan, data akan tetap berjalan karena memiliki *router* pengganti dan pengujian ini memiliki jangkauan jarak yang luas di banding dengan pemodelan yang lain, namun kelemahan dari pengujian ini adalah data yang diterima oleh koordinator menjadi acak dan tidak rapih dikarenakan menerima data dari *router* 1 dan *router* 2. Sedangkan untuk topologi *tree* 1 ataupun *tree* 2 memiliki kelebihan yaitu data yang diterima lebih rapih dari topologi x. Hal ini dikarenakan pada topologi jenis ini hanya menerima dari 1 data kiriman dari *router*. Tetapi dari tingkat keamanan kurang baik karena *router* yang tersedia hanya 1, jadi ketika salah satu *router* mengalami kerusakan, tidak ada penggantinya.

#### Referensi

- [1]. D.A.Putra, dan R.Mukhaiyar, "Monitoring Daya Listrik Secara Real Time", *J.Voteknika*, Vol. 8, No. 2, Juni 2020.
- [2]. S.Silasno, dan R.Saleh, "Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Sumber Dara Server Menggunakan Zabbix 4.0", *JUITA: Jurnal Informatika e-ISSN: 2579-8901*; Vol 8, No 2, November 2020.
- [3]. M.Zaini, Safrudin, Dan M.Bachrudin, "Perancangan Sistem *Monitoring* Tegangan, Arus Dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis Iot", *T E S L A* Vol. 22 No. 2 Oktober 2020.
- [4]. H.Fauzi, Y.Yulianto dan S.Adhisuwignjo, "Sistem Monitoring Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis IOT", *ELKOLIND*, Vol 7, No 1 (2020).
- [5]. I.Hanggara dan H.Irvani, "Potensi Pltmh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur", *Jurnal Reka Buana*, Vol 2 No 2, Maret 2017 - Agustus 2017.
- [6]. M.I.Munabbih, E.D.Widiantor, Y.E.Windarto, dan E.Y.Indrasto, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Arduino dan Lora Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel", *TRANSMISI*, 22, (1), Januari 2020
- [7]. E.Permana, dan S.Herawati, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Ruangan Bagian Pembukuan Berbasis Web Meggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3", *Jurnal STMIK Subang*, Vol. 11 No. 1 (2018): April.
- [8]. I.N.B.Hartawan, I.G.M.N.Desnanjaya, "Analisis Kinerja Protokol Zigbee di Dalam dan di Luar Ruangan sebagai Media Komunikasi Data Pada Wireless Sensor Network", *Jurnal Resistor*, Vol. 1 No 2- Oktober 2018.
- [9]. P.Asmaleni, D.Hamdani, dan I.Sakti, "Pengembangan Sistem Kontrol Kipas Angin dan Lampu Otomatis Berbasis Saklar Suara Menggunakan Arduino Uno", *Jurnal Kumparan Fisika*, Vol.3, No.1, April 2020