

# Penerapan *Wireless Sensor Network* (Wsn) Dengan Topologi *Tree* Pada Pemantauan Tanah Longsor

Wahyu Indra Lesmana<sup>1</sup>, Harianto<sup>2</sup>, Madha Christian Wibowo<sup>3</sup>

Jurusan Sistem Komputer  
Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya  
Surabaya, Indonesia

Wahyuindralesmana.box@gmail.com<sup>1</sup>, Hari@stikom.edu<sup>2</sup>, Madha@stikom.edu<sup>3</sup>

**Abstract**—Currently *wireless technology* has grown rapidly. *Wireless technology* is *wireless communication technology*, and currently has a lot of growing up and one of the developments is the *wireless sensor networks* (WSN). WSN is a combination of *wireless modules*, *micro module* and the *sensor module*, the workings of WSN is the *sensor response value* to the *microcontroller module* and the *response values* are transmitted via *wireless communication*. Based on how the WSN can be used for various purposes with one of them for *monitoring natural disasters*. WSN is designed for *monitoring natural disasters* landslides. In general WSN systems have problems such as *limited distance*. In this system, the authors apply *topology tree* and *spanningtreeprotocol* (STP). *Tree topology* is a collection of *star topology* are connected into the *bus topology* as *spine or backbone lines*, while *STP* is a *network communications protocol* that has *automatic backup paths* if the *main line* is not active. By implementing this system, the *maximum distance* of the receiving and sending data of *node to node* is *100 meters*, while by applying *tree topology* and *spanningtreeprotocol* within a *maximum range* on the whole system is *141 meters*. With these results it can be concluded that the overall system using a *maximum distance* of *wider scope*.

**Keywords**—*Wireless Sensor Network (WSN); Topologi Tree; Spanning Tree Protocol (STP)*.

## I. PENDAHULUAN

Tanah longsor di berbagai daerah telah merupakan suatu kejadian yang berbahaya secara substansial bagi jiwa manusia dan kerugian material. Peristiwa bencana alam tidak mungkin dihindari, tetapi yang dapat dilakukan adalah memperkecil terjadinya korban jiwa, harta dan lingkungan yaitu dengan melakukan deteksi dini terjadinya peristiwa bencana alam dengan menggunakan teknologi sensor. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut yaitu tersedianya *system monitoring* pendeteksi dan peringatan dini bencana longsor yang akurat. Teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) digunakan sebagai salah satu alternatif dalam pendeteksi dini terjadinya tanah longsor tersebut. (Haris, 2009; Zheng, J., 2009; Kotta, 2011; Hafsah, 2011)

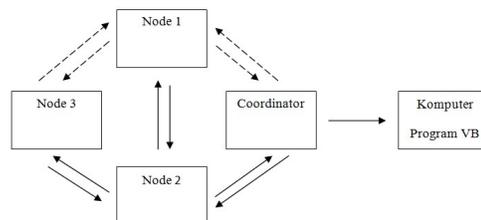
Dalam WSN, *node sensor* disebar di lokasi deteksi longsor untuk menangkap gejala atau fenomena yang terjadi dan merutekan data dari sebuah *node* ke *node* yang lain. Kemudian akan meneruskan data tersebut ke *sink* sebagai penghubung *node sensor* dan *user*. (Dwikora, 2008; Haris, 2009)

Sebuah WSN mempunyai jarak komunikasi maksimal yang dapat menjangkau sebuah area pada titik dimana ditempatkan, sehingga untuk mencapai jarak yang lebih jauh, maka penulis menerapkan topologi *tree* karena adanya keterbatasan jarak pada device *wirelessnya*. Selain keterbatasan jarak, masalah umum yang lain adalah mengenai *protocol* yang diterapkan masih sering terjadi masalah komunikasi pada jaringan, oleh sebab itu penulis mengadopsi *spanningtreeprotocol* untuk dapat meminimalisir terjadinya tersebut

## II. METODE

### A. Perencanaan Sistem

Penelitian dilakukan dengan merancang komunikasi data yang terdiri dari beberapa *node*. *Node* dipasang sesuai dengan topologi *tree* yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Dari gambar 1 terlihat bahwa sistem ini menggunakan 4 *node* dan 1 komputer yang berfungsi sebagai monitoring tanah longsor. *Node coordinator* berfungsi untuk menerima data dari *node 1*, *node 2*, dan *node 3* sedangkan *node 1*, *node 2*, dan *node 3* berfungsi untuk mengirimkan nilai respon sensor extensometer dan tipping bucket. *Node coordinator* terdiri dari modul arduino uno dan modul *wireless*, sedangkan *node 1*, *node 2*, dan *node 3* terdiri dari modul arduino uno, modul *wireless*, dan modul sensor extensometer dan tipping bucket.

Output yang dihasilkan oleh modul extensometer dan tipping bucket akan dikirim ke modul arduino uno. Data tersebut selanjutnya akan diproses oleh modul arduino uno, kemudian data tersebut dikirimkan melalui komunikasi serial ke modul *wireless* yaitu Xbee Series 2.

Xbee-S2 akan mengirimkan data menuju *node coordinator* dengan media *wireless* melewati beberapa *node* yang telah diatur sebelumnya. Dari gambar 1 bisa dilihat proses aliran

pengiriman data saat kondisi *node* 1, 2, dan 3 dalam keadaan aktif ditandai dengan garis panah yang tegas. Data berasal dari *node* 3 dikirimkan menuju *node* coordinator melalui *node* 2. Apabila *node* 2 dalam keadaan tidak aktif terdapat jalur transparan komunikasi data yang ditandai dengan garis panah putus – putus. Data yang berasal dari *node* 1 akan dikirimkan menuju *node* coordinator melalui *node* 2 jika dalam keadaan aktif, apabila *node* 2 tidak aktif jalur transparan akan aktif yang ditandai dengan garis panah putus – putus.

Data yang telah masuk pada *node* coordinator akan dikirimkan menuju personal computer (PC) melalui komunikasi serial. Kemudian PC akan menampilkan nilai data tersebut yang telah dihasilkan dari modul sensor extensometer dan tipping bucket yang terdapat pada setiap *node*.

Penelitian pemantauan tanah longsor ini dikerjakan secara terpisah, untuk sensor extensometer, sensor tipping bucket, aplikasi visual basic pemantauan tanah longsor dikerjakan pada tugas akhir Muhammad Mahmud Ibrahim (10.41020.0031).

### B. Alat dan Bahan Penelitian)

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. data dari sensor yang digunakan sebagai bahan penelitian yang akan dipantau.
2. konektor backbone yang digunakan untuk menghubungkan atau mengkonfigurasi pin I/O dari modul arduino dengan modul Xbee, modul sensor extensometer dan tipping bucket.
3. bagian elektronik pada setiap *node* terdapat modul elektronika diantaranya modul sensor extensometer, modul komunikasi *wireless* Xbee Series 2, dan modul Arduino Uno.
4. peralatan pendukung yang diperlukan untuk merancang perangkat keras adalah tang potong, solder, timah, penyedot timah, dan alat sesuai kebutuhan.
5. personal computer yang digunakan untuk menjalankan program pemantau.

### C. Jalan Penelitian

Penelitian ini dikerjakan dalam beberapa langkah sistematis yang paling berurutan. Langkah – langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Langkah Penelitian

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan literatur pendukung dalam merancang dan membuat perangkat keras atau perangkat lunak. Langkah selanjutnya adalah mempersiapkan perangkat keras yang akan digunakan dalam penelitian. Kemudian tahap berikutnya adalah konfigurasi dan perancangan perangkat keras dan disusul dengan langkah merancang dan membuat perangkat lunak. Memasuki tahap akhir adalah pengujian pada tiap modul dan pengujian sistem

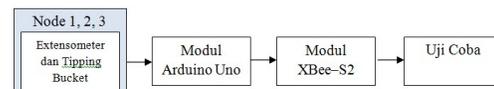
secara keseluruhan akan dilakukan hingga pada akhirnya penelitian diakhiri dengan pembuatan laporan.

### D. Studi Literatur

Dengan studi literature ini penulis berusaha untuk mendapatkan serta mengumpulkan data – data, konsep, informasi yang sifatnya teoritis dari berbagai buku, bahan – bahan kuliah dan referensi dari internet yang berkaitan dengan permasalahan, diantaranya adalah *wireless* sensor network (WSN), komunikasi *wireless*, topologi jaringan, *spanningtreeprotocol*, arduino uno, software arduino IDE, bahasa pemrograman arduino, Xbee, dan Xbee shield.

### E. Perancangan Perangkat Keras

Langkah yang dilakukan dalam perancangan perangkat keras ditunjukkan pada gambar 3 berikut.

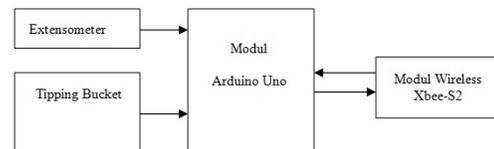


Gambar 3. Blok Diagram Langkah Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dimulai dengan membuat modul sensor extensometer dan tipping bucket yang dikerjakan pada tugas akhir M. Mahmud I. (10.41020.0031). kemudian langkah selanjutnya adalah konfigurasi modul yaitu menghubungkan beberapa modul dengan modul arduino uno.

### F. Konfigurasi Modul WSN Tiap Node

Konfigurasi modul adalah menghubungkan beberapa modul, yang akan ditunjukkan pada gambar 4.

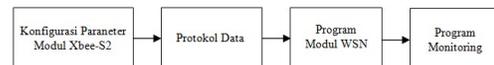


Gambar 4. Blok Diagram Konfigurasi Modul

Pada blok diagram diatas, penulis membagi modul menjadi 4 bagian pada masing – masing *node*.

### G. Perancangan Perangkat Lunak

Langkah yang dilakukan dalam perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram Langkah Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dimulai dengan melakukan konfigurasi parameter Xbee-S2 agar dapat saling berkomunikasi, kemudian membuat protokol data yang berfungsi untuk membedakan data dari setiap *node*, kemudian membuat program modul WSN yang berisi program pembacaan modul sensor extensometer dan tipping bucket dan program pengiriman data agar sistem dapat berjalan sesuai dengan *rulespanningtreeprotocol*. Langkah terakhir adalah membuat program yang berfungsi untuk menyimpan dan *monitoring* data

yang dikirim oleh masing-masing *node* pada computer yang dibuat pada tugas akhir M. Mahmud I. (10.41020.0031).

### H. Konfigurasi Modul Xbee Series 2

Pada konfigurasi Xbee-S2 untuk mengkonfigurasi parameter dapat melalui software bawaan Xbee-S2 yaitu aplikasi X-CTU. Fungsi konfigurasi ini untuk dapat berkomunikasi dari *node* ke *node*. Pada penelitian ini penulis menggunakan kecepatan pengiriman data serial (baudrate) yang dipakai adalah 9600 bps.

### I. Protocol Data

Gambardibawah ini menunjukkan bentuk paket data pada masing-masing *node* sebelum digabung dengan paket data yang berasal dari *node* lain yang dikirimkan oleh setiap *node* menuju *node* coordinator yang berisi data dari modul sensor yang sebelumnya sudah ditambahkan header.

Header "% atau '@"	Source Address	Pemisah "	Destination Address	Pemisah "	Data Extensometer	Pemisah "	Data Tipping Bucket
-----------------------	----------------	--------------	---------------------	--------------	----------------------	--------------	------------------------

Gambar 6. Bentuk Paket Data Node 3

Header "!"	Source Address	Pemisah "	Destination Address	Pemisah "	Data Extensometer	Pemisah "	Data Tipping Bucket
---------------	----------------	--------------	---------------------	--------------	----------------------	--------------	------------------------

Gambar 7. Bentuk Paket Data Node 2

Header "? atau '!"	Source Address	Pemisah "	Destination Address	Pemisah "	Data Extensometer	Pemisah "	Data Tipping Bucket
-----------------------	----------------	--------------	---------------------	--------------	----------------------	--------------	------------------------

Gambar 8. Bentuk Paket Data Node 1

Pada *node* 1, 2, 3 terdapat data dari modul sensor maka dalam paket data ditambahkan karakter pemisah, tetapi header yang digunakan untuk setiap paket data setiap *node* tidak sama.

Sebelum pengiriman paket data antar *node*, bagian pengiriman data akan menunggu *request* data atau ACK dari *node* yang ada di atasnya, serta saat aktifasi setiap *node* akan mengirimkan ACK ke *node* lain yang terhubung yang bertujuan sebagai penanda bahwa *node* tersebut dalam kondisi aktif dan siap berkomunikasi. Untuk mengetahui hal tersebut dikirimkan ACK seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

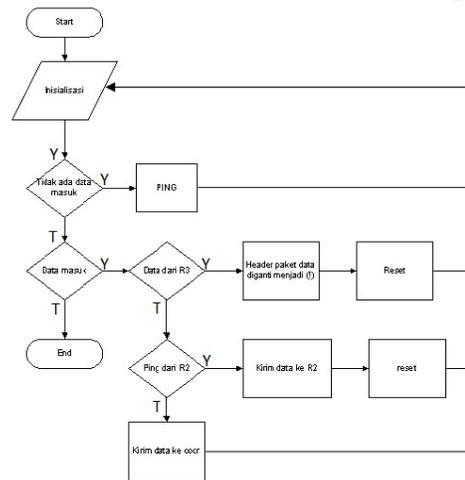
Table 1. Penggunaan ACK

ACK	Fungsi
&R2*	Data ack dari <i>node</i> 2
&R1*	Data ack dari <i>node</i> 1

### J. Program Modul WSN

Program arduino dibuat agar peralatan dapat berjalan sesuai dengan sistem yang diinginkan. Langkah ini dimulai dengan membuat diagram alir yang mewakili sistem kerja peralatan secara global. Pada penelitian ini program arduino dibagi menjadi 4(empat) bagian yang terdapat pada masing-masing *node*

#### 1. Program Node 1



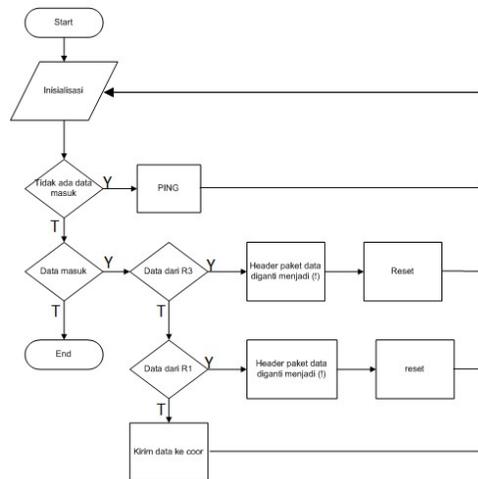
Gambar 9. Diagram Alir Program Node 1

Dari diagram alir diatas program yang pertama kali dijalankan adalah inisialisasi. Selama proses inisialisasi, modul WSN akan melakukan proses PING atau mengirimkan ACK ke *node2* dan *node3* sebagai penanda bahwa *node1* dalam keadaan aktif dan siap untuk berkomunikasi.

Selanjutnya arduino uno akan menerima data sensor extensometer dan tipping bucket dari *node* 1 sendiri ataupun dari *node* 3 bila *node* 2 tidak aktif. jika menerima data dari *node* 3, data tersebut diberi tanda "!" sebagai tanda data dari *node* 3 dan data tersebut akan diteruskan ke *node* coordinator oleh *node* 1.

Jika *node* 1 sendiri sudah menerima balasan ACK dari *node* 2, data yang diterima *node* 1 akan dikirimkan ke *node* 2. Apabila tidak menerima balasan ACK dari *node* 2, data yang diterima *node* 1 langsung akan dikirimkan ke *node* coordinator karena *node* 1 menganggap *node* 2 berada dalam kondisi mati atau tidak aktif.

#### 2. Program Node 2



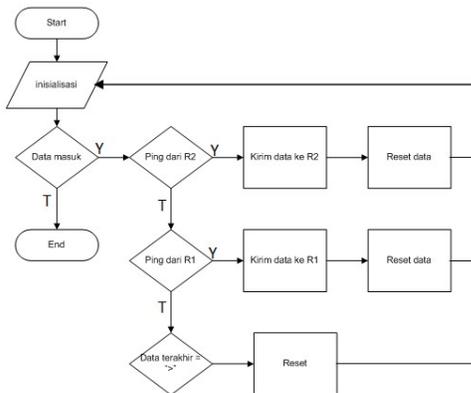
Gambar10. Diagram Alir Program Node 2

Dari diagram alir diatas program yang pertama kali dijalankan adalah inialisasi. Selama proses inialisasi, modul WSN akan melakukan proses PING atau mengirimkan ACK ke *node1* dan *node3* sebagai penanda bahwa *node2* dalam keadaan aktif dan siap untuk berkomunikasi.

Selanjutnya arduino uno akan menerima data sensor extensometer dan tipping bucket dari *node 2* sendiri ataupun dari *node 1* dan *node 3*. Jika menerima data dari *node 3*, data tersebut diberi tanda “ ! ” sebagai tanda data dari *node 3* dan data tersebut akan diteruskan ke *node coordinator* oleh *node 2*, begitu juga dengan data dari *node 1*. Data yang diterima dari *node 1* juga diberi tanda “ ! ” untuk diteruskan ke *node coordinator*.

Jika *node 2* sendiri tidak menerima data dari *node 1* dan *node 2*, data yang diterima oleh *node 2* dari modul sensor *node 2* sendiri, *node 2* akan mengirimkan data yang diterima ke *node* koordinator. Berikut adalah program arduino dari *node 2*.

### 3. Program Node 3



Gambar 11. Diagram Alir Program Node 3

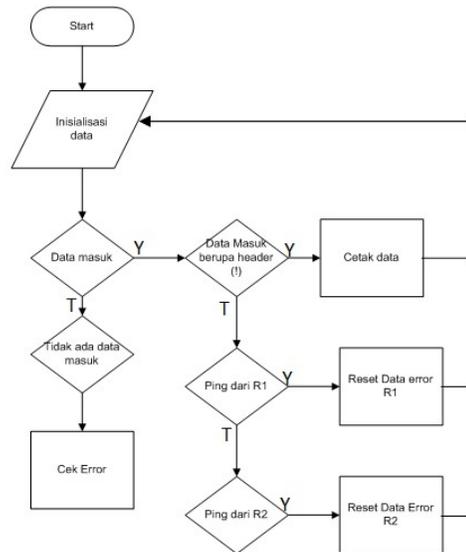
Dari diagram alir diatas program yang pertama kali dijalankan adalah inialisasi data sensor extensometer maupun tipping bucket. Selama proses inialisasi arduino uno mempersiapkan data yang masuk untuk dikirimkan ke *node 2* atau *node 1*.

Setelah mempersiapkan data masuk, yang dilakukan selanjutnya adalah menerima ACK atau PING dari *node 2* maupun *node 1*. Jika *node 3* menerima PING dari *node 2* dan *node 1*, data akan dikirimkan ke *node 2* saja karena *node 2* ialah jalur primer sedangkan *node 1* sebagai jalur sekunder jika *node 2* tidak aktif. Sehingga jika *node 3* tidak menerima PING dari *node 2* tetapi menerima PING dari *node 1*, data akan dikirimkan ke jalur sekunder yaitu menuju *node 1*.

### 4. Program Node Koordinator

Dari diagram alir diatas program yang pertama kali dijalankan adalah menginisialisasi data dengan menunggu data masuk dari *node 1* maupun *node 2*. Data yang masuk dengan tanda “ ! ” dari *node 1* maupun *node 2* akan dicetak nantinya ke computer pemantau tanah longsor yang dikerjakan pada tugas akhir M. Mahmud I (10.41020.0031). Setiap menerima PING

dari *node 1* maupun *node 2* lalu menerima data dan dicetak, *node coordinator* akan mereset lagi ke kondisi awal



Gambar 12. Diagram Alir Program Koordinator



Gambar 13. Tampilan program arduino pada menu upload

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian arduino Uno

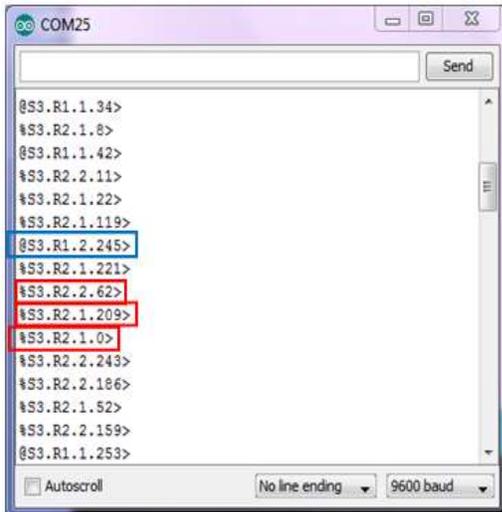
Hasil pengujian program Arduino ditunjukkan pada gambar 13.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa arduino uno telah berhasil mendownload program ke arduino uno dengan baik, sehingga program yang diunggah ke arduino uno telah berhasil dijalankan.

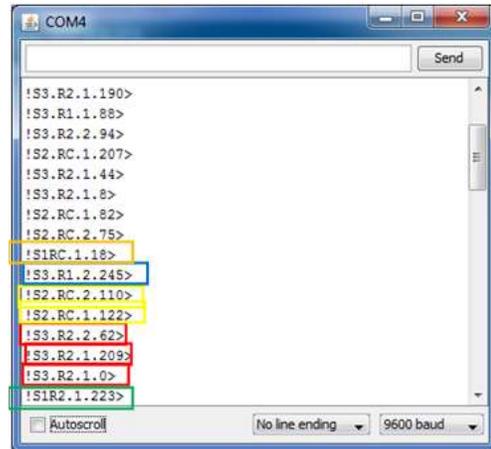
### B. Pengujian Protokol Komunikasi

Hasil pengujian *protocol* komunikasi yang telah mengadopsi *spanningtreeprotocol* ditunjukkan pada gambar berikut.

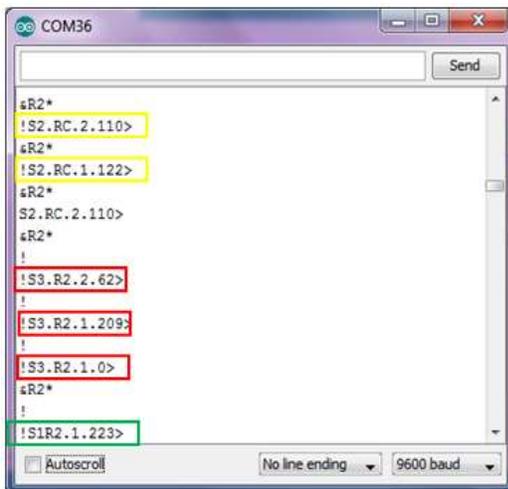
Gambar 16. Pengiriman dan penerimaan data *node* 1



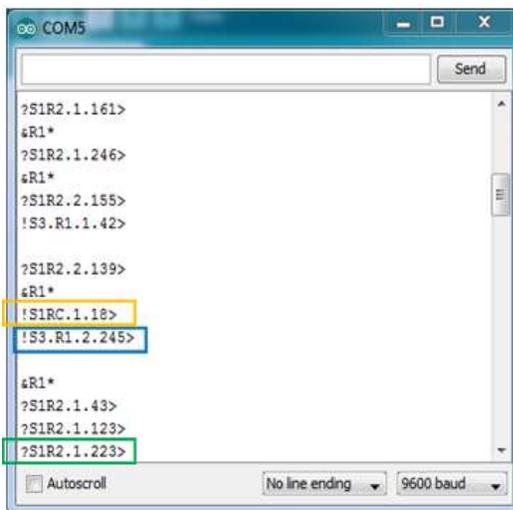
Gambar 14. Pengiriman data *node* 3



Gambar 17. Penerimaan data *node* koordinator



Gambar 15. Pengiriman dan penerimaan data *node* 2



Berdasarkan dari gambar 14, gambar 15, gambar 16, gambar 17, percobaan *node* 1, *node* 2, *node* 3, dan *node* coordinator dapat dilihat bahwa data terkirim sesuai dengan cara kerja yang diadopsi dari *spanningtreeprotocol*, dan penjelasan dari tanda warna yang ditunjukkan pada gambar adalah :

1. Warna Merah

Warna merah adalah tanda pengiriman data dari *node* 3 menuju *node* coordinator. *Node* 3 mengirimkan ke *node* 2 terlebih dahulu karena mendapatkan ping dari *node* 2, sehingga data langsung dikirimkan ke *node* 2 walaupun *node* 1 juga dalam mode aktif.

2. Warna Biru

Warna biru adalah penanda pengiriman data dari *node* 3 menuju *node* coordinator yang melalui *node* 1. *Node* 3 mengirimkan data ke *node* 1 karena *node* 3 tidak menerima ping dari *node* 2, sehingga *node* 3 menyatakan *node* 2 dalam keadaan tidak aktif dan *node* 1 mengirimkan ping dan diterima oleh *node* 3. Jadi *node* 3 mengirimkan data ke *node* 1 dan *node* 1 meneruskan data tersebut ke *node* coordinator.

3. Warna Kuning

Warna kuning adalah penanda pengiriman data dari *node* 2 menuju *node* coordinator. *Node* 2 mengirimkan data ke *node* coordinator karena *node* 2 tidak sedang menerima data dari *node* 3 maupun *node* 1.

4. Warna Hijau

Warna hijau adalah penanda pengiriman data dari *node* 1 menuju *node* coordinator melalui *node* 2 terlebih dahulu. *Node* 1 mengirimkan data ke *node* 2 karena jalur utama pengiriman data *node* 1 melalui *node* 2 terlebih dahulu, sehingga jika *node* 2 dalam keadaan tidak aktif, jalur cadangan *node* 1 langsung terbuka dan data langsung dikirimkan ke *node* coordinator.

5. Warna Orange

Warna orange adalah penanda pengiriman data dari *node* 1 menuju *node* coordinator apabila jalur utama *node* 1 dalam keadaan tidak aktif. Sehingga data *node* 1 langsung dikirimkan ke *node* coordinator melalui jalur cadangan.

Berdasarkan hasil dari gambar 4.3, gambar 4.4, gambar 4.5, gambar 4.6 dari masing – masing percobaan *node* 1, *node* 2, *node* 3, dan *node* coordinator dapat diketahui apakah data telah

terkirim sesuai dengan cara kerja yang diadopsi dari *spanningtreeprotocol*. Hasil dari pengujian *protocol* komunikasi ini telah terkirim dengan baik dan sesuai.

C. Pengujian Jarak Kemampuan Pengiriman dan penerimaan Xbee Series 2

Dari langkah pengujian komunikasi data pada Xbee antar node yang telah dilakukan di luar ruangan (*line of sight*) didapat hasil jarak pengiriman dan penerimaan data dalam waktu 2 menit sebagai berikut :

Table 2. Hasil Pengujian Jarak Antar Node

No.	Jarak (meter)	Jumlah data yang dikirim Node A	Jumlah data yang diterima Node B	Persentase Packet Loss
1.	10	30	30	0%
2.	20	30	30	0%
3.	30	30	30	0%
4.	40	30	30	0%
5.	50	30	30	0%
6.	60	30	27	10%
7.	70	30	25	17%
8.	80	30	24	20%
9.	90	30	22	27%
10.	100	30	20	34%
11.	101	30	12	60%
12.	102	30	8	74%
13.	103	30	5	84%

Pada pengujian tersebut telah didapat data dengan jarak dimulai dari 1 meter sampai 100 meter pengiriman dan penerimaan data antar *node* masih dapat berkomunikasi dengan baik, tetapi pada jarak 101 meter komunikasi antar *node* sudah tidak bisa lagi berkomunikasi dengan baik. Artinya komunikasi telah terputus, atau banyaknya packet loss yang terjadi sehingga *node* yang dituju tidak dapat menerima data yang dikirimkan oleh *node* pengirim data. Sedangkan hasil pengujian jarak pengiriman dan penerimaan data pada Xbee dari keseluruhan *node* yang telah dilakukan di luar ruangan (*line of sight*) didapat hasil jarak sebagai berikut :

Table 3. Hasil Pengujian Jarak Keseluruhan Node

No.	Jarak (meter)	Jumlah data yang dikirim Node 3	Jumlah data yang diterima Node Coordinator	Persentase Packet Loss
1.	20	30	30	0%
2.	40	30	30	0%
3.	60	30	28	7%
4.	80	30	26	14%
5.	100	30	24	20%
6.	120	30	22	27%
7.	140	30	21	30%
8.	141	30	17	44%
9.	142	30	11	64%
10.	143	30	7	77%

Pada pengujian tersebut diukur jarak antara node 3 sampai node coordinator yang telah melalui keseluruhan *node* menggunakan topologi *tree* dan mengadopsi *spanning tree protocol* telah didapat data dengan jarak dimulai dari 20 meter sampai 140 meter pengiriman dan penerimaan data antar *node* masih dapat berkomunikasi dengan baik, tetapi pada jarak 141 meter komunikasi antar *node* sudah tidak bisa berkomunikasi dengan baik lagi. Artinya komunikasi telah terputus, atau banyaknya paket *loss* yang terjadi sehingga *node* yang dituju tidak dapat menerima data yang dikirimkan oleh *node* pengirim data. Terjadinya paket *loss* dikarenakan adanya perbedaan delay di setiap *node* dan adanya paket antrian, sehingga sampai terjadinya paket *loss*.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat darimelihat masalah yang telah dirumuskan serta hasil pengujian dan analisa, maka dapat diambil kesimpulan :

Sistem melakukan pengujian *protocol* komunikasi pengiriman dan penerimaan data secara nirkabel menggunakan 4 buah *node* dengan topologi *tree* dan mengadopsi cara kerja *spanningtreeprotocol*, serta sistem melakukan pengukuran terhadap komunikasi pengiriman dan penerimaan data secara nirkabel menggunakan Xbee – S2 yang mempunyai jangkauan antar *node* pada jarak 1 – 100 meter dan mempunyai jangkauan keseluruhan *node* dengan topologi *tree* beserta *spanningtreeprotocol* pada jarak 1 – 140 meter dengan kondisi *outdoor* (*lineofsight*). Sehingga pengujian pengukuran jarak komunikasi pengiriman dan penerimaan data secara nirkabel, jangkauan yang telah menggunakan topologi *tree* dan mengadopsi *spanning tree protocol* semakin luas daripada menggunakan komunikasi *point to point* antar *node*. Dan jarak terpanjang yang bisa dijangkau adalah 140 meter dengan paket *loss* sebesar 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwikora, Eni dan Wirawan. 2008. *Analisa Kinerja System Deteksi Terdistribusi Pada Jaringan Sensor Nirkabel*, Institut Teknologi Sepuluh Novermber, Surabaya.
- [2] Hafsa, N. 2011. *Sistem Monitoring Bencana Longsor Menggunakan Teknologi Telemetry Jaringan Sensor Nirkabel Multinode Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Peringatan Dini Bencana Alam*, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [3] Haris, Abdul, dan Wirawan. 2009. *Jaringan Sensor Nirkabel Arsitektur Titik Tunggal sebagai Wahana Penerapan Sistem Kendali Tersebar*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [4] Kotta dan Herry, Z. 2011. *Wireless Sensor Network for Landslide Monitoring in Nusa Tenggara Timur*, Faculty of Science and Engineering, Universitas Nusa Cendana, Penfui, Kupang, NTT.
- [5] Zheng, J. dan Abbas, J. 2009. *Wireless Senseo Network “Networking Perspective”*, Utah : IEEE.