

# Implementasi Protocol Routing Flooding Pada Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi RF

Panji Putera Dwi SH, Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng, Aswin Suharsono, S.T, M.T

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya(UB)  
Jl. Veteran No 8, Malang 65145, Indonesia  
Email : kaaa.conk@gmail.com

**Abstract**— Penggunaan teknologi *wireless sensor network* semakin berkembang. Penggunaannya sudah melibatkan berbagai macam mikrokontroler. Penggunaan topologi dan routing juga harus dipertimbangkan pada penggunaan teknologi berbasis *wireless sensor network*, karena data yang dikirimkan harus benar-benar diperhatikan agar data bisa sampai kepada tujuan. Penggunaan beberapa routing dapat diterapkan pada teknologi *wireless sensor network* salah satunya adalah *routing flooding*. *Routing flooding* merupakan salah satu algoritma *routing traditional* pada *wireless sensor network* yang memungkinkan data dapat membanjiri jaringan dengan data yang sama, sehingga kemungkinan data yang hilang menjadi sedikit. Setiap node akan mengirimkan data yang sama ke node yang lain begitu juga sebaliknya hingga data telah sampai pada tujuan. Pada penelitian ini penulis mengimplementasikan *routing flooding* dengan menambahkan fitur tambahan, yaitu setiap data tidak akan dikirimkan ke node sebelumnya, agar tidak terjadi tabrakan data. Setiap penerimaan data akan dilakukan cek data dan alamat, sehingga jika alamat tujuan sama dengan alamat yang sudah ada pada data, maka data tidak akan dikirimkan ke alamat tersebut (alamat yang sama). Hasil yang didapatkan dari implementasi *routing flooding* yaitu terdapat banyak data pada node tujuan, namun dengan alamat yang berbeda-beda. Ini dapat membuat beban kerja setiap node lebih ringan.

**Keywords**—Protokol Routing Flooding; routing Protokol; wireless sensor network;

## 1. LATAR BELAKANG

Penggunaan teknologi *wireless sensor network* semakin berkembang. Penggunaannya sudah melibatkan berbagai macam mikrokontroler. *Wireless sensor network* dapat di implementasikan di berbagai sektor seperti pertanian, industri, kesehatan, dan lain-lain. *Wireless sensor network* merupakan node sensor yang kecil terdiri dari sensor (suhu, cahaya, kelembaban, radiasi dan yang lainnya), mikroprosesor, memori, transceiver, dan power supply. (Norouzi & Zaim, 2012)

*Wireless sensor network* merupakan salah satu sistem yang dapat mendistribusikan data, yaitu pada setiap node dapat mengumpulkan data dari sekitarnya dan mengirimkan kembali kepada pengumpul informasi. Setiap rangkaian node *wireless sensor network* terdiri dari mikrokontroler, *wireless transceiver*, dan sensor. Setiap node pada diberi tegangan, sensor akan mendapatkan informasi dari sekitar node, sedangkan *wireless transceiver* akan melakukan pengiriman data kepada pengumpul data.

Pada *wireless sensor network* terdapat berbagai macam routing, dari routing *traditional* hingga routing modern. *Routing flooding* dan *gossiping* termasuk dalam algoritma *routing traditional*, sedangkan LEACH, PEGASIS, SPIN, GBR, merupakan *routing modern*. Dalam penggunaan *wireless sensor network* harus diperhatikan dalam pemilihan routing. Hal ini perlu diperhatikan agar data dapat dikirim hingga tujuan. Penggunaan *routing wireless sensor network* harus digunakan berdasarkan kebutuhan dari sistem, karena masing-masing

memiliki kebutuhan tersendiri dalam proses pengiriman dan penerimaan data.

Protokol *routing flooding* merupakan protokol yang digunakan dalam penelitian ini. *Routing flooding* merupakan salah satu algoritma *routing traditional* pada *wireless sensor network* yang memungkinkan data dapat membanjiri jaringan dengan data yang sama, sehingga kemungkinan data yang hilang menjadi sedikit Pada *routing flooding* tidak membutuhkan topologi yang dinamis, karena sifatnya yang membanjiri jaringan, maka setiap data dikirimkan ke seluruh alamat yang ada pada satu jaringan, dan hasilnya setiap data akan sampai pada tujuan dengan berbagai macam jalur yang sudah dilewati oleh data.

Pada penelitian ini, penulis melakukan implementasi protokol *routing flooding* pada *wireless sensor network*. Pada penelitian ini, setiap node menggunakan mikrokontroler yaitu Arduino Nano dan media komunikasi radio frekuensi sebagai pengiriman dan penerimaan data yang digunakan adalah nRF24L01.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Protokol Routing Flooding

*Flooding* merupakan routing sederhana dimana setiap paket yang masuk dikirim melalui setiap link keluar kecuali salah satu node tiba pada tujuan. *Flooding* merupakan strategi lama dan sederhana untuk menyebarkan informasi ke jaringan atau untuk mencapai node di lokasi yang tidak diketahui dengan

membanjiri seluruh jaringan. (Sharma, et al., 2014). Protokol *flooding* tidak memerlukan topologi yang khusus untuk pengiriman data, akan tetapi akan mengirimkan data ke seluruh alamat yang berada pada satu jaringan tersebut.

a. Kelebihan Protokol *Routing Flooding*

1. *Flooding* merupakan algoritma sederhana yang dapat digunakan yaitu setiap node tidak perlu menyimpan topologi namun hanya mengirimkan data keseluruhan node.
2. Paket data yang dikirimkan lebih terjaga meskipun harus membanjiri jaringan.
3. Semua node dapat meneruskan data agar data tetap sampai pada tujuan.

b. Kekurangan Protokol *Routing Flooding*

1. Dapat terjadi tabrakan data, karena kemungkinan terjadi pengiriman data ke seluruh alamat yaitu data dimungkinkan kembali lagi ke alamat awal.
2. Dapat terjadi penumpukan data di salah satu node, jika terjadi penumpukan data kemungkinan ada data yang tidak dikirim.
3. Setiap node membutuhkan sumber daya yang lebih banyak, jika terjadi tabrakan dan penumpukan data.

## 2.2 Wireless Sensor Network

*Wireless Sensor Network* (WSN) adalah suatu kesatuan dari proses pengukuran, komputasi, dan komunikasi yang memberikan kemampuan administratif kepada sebuah perangkat, observasi dan melakukan tindakan ketika terjadi sesuatu dalam lingkungan yang mengimplementasikan wireless. Sistem WSN ini lebih jauh efisien dibandingkan dengan penggunaan kabel.

Komponen pada WSN ini meliputi sensor, modul wireless, serta PC. Seluruh komponen yang dibutuhkan akan membentuk suatu jaringan yang dimana membentuk suatu fungsi monitoring yang nantinya akan mampu menampilkan informasi atau data yang di dapat pada lapangan berupa karakteristik dari sensor yang digunakan dengan menggunakan media wireless. Dalam hal ini karena WSN dapat digunakan untuk berbagai aplikasi maka penggunaan sensor dapat dipilih sesuai kebutuhan sistem.

## 2.3 Modul Wireless nRF24L01

Modul *Wireless* nRF24L01 adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang RF 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Modul ini menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi dan tegangan kerja dari modul ini adalah 5V DC.

nRF24L01 memiliki baseband logic Enhanced ShockBurst™ hardware protocol accelerator yang support "high-speed SPI interface for the application controller". nRF24L01 memiliki true ULP solution, yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun. Modul ini dapat digunakan untuk pembuatan perifer PC, piranti permainan, piranti fitnes dan olahraga, mainan anak-anak dan alat lainnya.

## 2.4 Arduino Nano

Arduino merupakan salah satu mikrokontroler yang sering kita temukan di pasaran. Selain harganya yang terjangkau, Arduino didukung dengan aplikasi yang *open source*. Arduino bisa digunakan untuk pengembangan objek interaktif, mengambil data input dari berbagai *switch* atau sensor, dan mengendalikan berbagai lampu, motor, dan *output* fisik lainnya. Aplikasi Arduino sendiri bisa dijalankan pada Windows, Macintosh OSX, dan Linux. Arduino sangat flexible, sangat mudah digunakan oleh para pengguna dasar.

## 3. METODOLOGI

### 3.1 Analisa Kebutuhan

Analisis kebutuhan akan mengidentifikasi kebutuhan yang akan digunakan sistem dalam membangun dan mengimplementasikan sistem.

Kebutuhan Fungsional:

- a. Sistem dapat melakukan *routing* sesuai dengan algoritma *flooding*.
- b. Sistem dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data.
- c. Sistem dapat mengirimkan data ke seluruh alamat tanpa harus mengirimkan kembali data ke alamat sebelumnya.
- d. Sistem menampilkan hasil pengiriman dan penerimaan data.

Kebutuhan Perangkat Keras:

- a. Arduino Nano.
- b. NRF24L01.
- c. Laptop/PC.
- d. Jumper.
- e. Kabel USB.

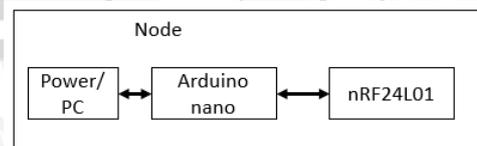
Kebutuhan Perangkat Lunak:

- a. Arduino IDE digunakan untuk mengirim *sketch* kedalam perangkat Arduino Nano.
- b. Windows 8.1 merupakan sistem operasi yang digunakan untuk menjalankan program Arduino IDE.

### 3.2 Perancangan Sistem

#### Perancangan Rangkaian Node

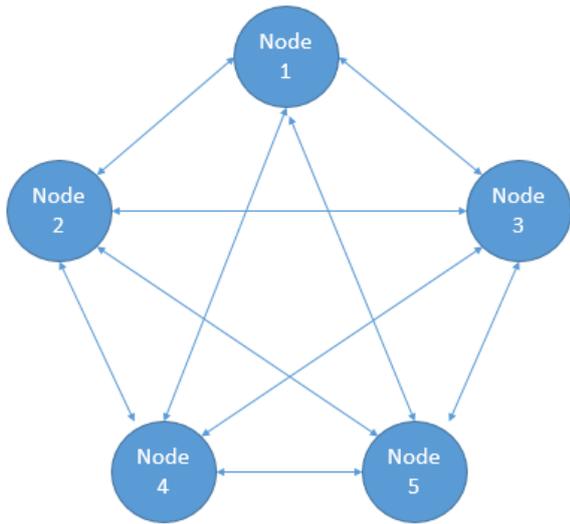
Dalam perancangan rangkaian node akan digunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroler dan nRF24L01 sebagai media komunikasi radio frekuensi yang digunakan. Setelah Arduino Nano dan nRF24L01 tersambung, Arduino Nano diberi power untuk dapat menjalankan sistem Arduino tersebut. Power yang digunakan dalam sistem ini adalah laptop/pc, penggunaan laptop/PC bertujuan agar dapat menampilkan hasil dari serial monitor Arduino IDE. Sehingga perangkat yang terdapat dalam setiap node ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Perancangan Rangkaian Node

**Perancangan Topologi Node**

Topologi yang digunakan dalam mengimplementasikan protokol routing gossiping seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Topologi Node

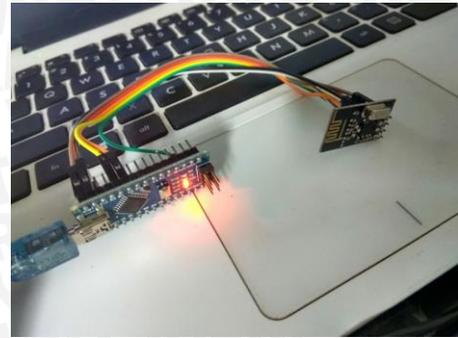
**Perancangan Skema Protokol Routing Flooding**

Skema protokol routing yang digunakan pada topologi ini menggunakan 4 tahap. Tahap pertama yaitu dengan menentukan alamat node tetangga di setiap node, penentuan alamat sendiri dideklarasikan di setiap node, yaitu semua node memiliki informasi alamat pada satu wilayah. Tahap kedua yaitu pengiriman data berdasarkan inputan dari keyboard PC/Laptop, nantinya data akan dikirimkan secara flood ke seluruh node. Tahap ketiga yaitu setiap node akan memberikan tanda bahwa data telah melewati suatu node dengan memberikan tanda pada array berupa angka yang menunjukkan alamat node yang sudah dilewati. Tahap ke 4 yaitu setelah node sampai di node tetangga dan telah diberi tanda maka setiap node akan menampilkan darimana data berasal dan node mana saja yang telah dilewati. Pengiriman data akan menggunakan 6 byte, dimana pada 1 byte pertama akan digunakan sebagai header yaitu berupa data. Byte selanjutnya berisikan node yang telah dilewati oleh data.

**4. IMPLEMENTASI**

**a. Implementasi Rangkaian Node**

Pada implementasi perangkat keras pada rangkaian node dilakukan sesuai dengan perancangan rangkaian node menggunakan mikrokontroler Arduino Nano, modul transceiver nRF24L01, dan menggunakan laptop untuk power Arduino Nano serta menampilkan hasil routing ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3 Implementasi Rangkaian Node



Gambar 4 Semua rangkaian node disambungkan ke laptop

**b. Implementasi Skema Protokol Routing Gossiping**

Implementasi *routing flooding* menggunakan program Arduino IDE yang juga merupakan program untuk memasukkan *source code* ke dalam Arduino Nano. Pada aplikasi Arduino IDE terdapat library yang digunakan yaitu SPI.h, Mirf.h, nRF24L01.h, MirfHardwareSpiDriver.h. SPI.h (*Serial Peripheral Interface*) merupakan sebuah protokol serial data yang sinkron yang digunakan oleh mikrokontroler untuk saling berkomunikasi baik dengan satu *device* atau dengan banyak *device*. NRF24L01.h merupakan fungsi yang digunakan untuk modul radio frekuensi (nRF24L01) agar dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data. Sedangkan Mirf.h dan MirfHardwareSpiDriver.h merupakan fungsi untuk memanggil fungsi lain agar dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data melalui radio frekuensi yang digunakan.

```

node_1 | Arduino 1.6.8
File Edit Sketch Tools Help

node_1
#include <SPI.h>
#include <Mirf.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <MirfHardwareSpiDriver.h>

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Mirf.spi = <MirfHardwareSpi>;
  Mirf.init();
  Mirf.setRADDR((byte *)"node1");//ubah tiap node
  Mirf.payload = 12;
  Mirf.channel = 100;
}
    
```

Gambar 5 Implementasi sistem pada Arduino



### a. Inisialisasi Node

Masing-masing node harus diinisialisasikan terlebih dahulu agar dapat mengirimkan data sesuai dengan tujuannya. Pada masing-masing node di deklarasikan nama node, frekuensi, jumlah node tetangga, dan juga besar paket data yang akan dikirimkan. Pada modul radio frekuensi bisa bekerja pada frekuensi yang sama maka penentuan frekuensi harus disamakan di masing-masing node.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  Mirf.spi = &MirfHardwareSpi;  
  Mirf.init();  
  Mirf.setRADDR((byte *)"node3");//ubah tiap node  
  Mirf.payload = 12;  
  Mirf.channel = 100;  
  Mirf.config();  
  Serial.println("Node 3"); //ubah tiap node  
}  
  
String simpan="";  
int acak=0;  
int jumlahtetangga=4; //ubah tiap node  
int node=3;//ubah tiap node  
byte datasend[12];
```

Gambar 6. Inisialisasi masing-masing node

### b. Inisialisasi Node Tetangga

Inisialisasi node tetangga merupakan inisialisasi untuk alamat tujuan pengiriman data. Setiap node memiliki jumlah node tetangga yang sama, sehingga harus diinisialisasikan terlebih dahulu. Untuk pengiriman data dibuat skema bahwa data tidak akan kembali ke alamat sebelumnya, agar tidak terdapat penumpukan dan tabrakan data. Untuk contoh inisialisasi menggunakan node tetangga yang ada pada node 1 yaitu node 2,3,4,5.

```
void alamat()//pasti ubah tiap node(menentukan tet  
if(acak==0){  
  Mirf.setTADDR((byte *)"node2");  
  Serial.println("data dikirim ke node 2");  
}  
else if(acak==1){  
  Mirf.setTADDR((byte *)"node3");  
  Serial.println("data dikirim ke node 3");  
}  
}
```

Gambar 7 Inisialisasi node tetangga

### c. Format Paket Data

Untuk format paket data pada *routing flooding* menggunakan fungsi array, yaitu untuk menyimpan data dan alamat yang sudah dilewati. Pada array 0 diisi oleh data, yaitu data yang dimasukkan dari inputan pada node 1. Array 1 dan seterusnya

diisi oleh alamat node yang telah dilewati oleh node. Saat penerimaan data, akan ditampilkan oleh masing-masing node yaitu ditunjukkan dengan gambar 1. Setiap node yang dilewati oleh data akan mengisi array sesuai dengan berurutan yaitu akan mengecek apakah dari array 0 sampai array 5 bernilai nol, jika nol maka node akan mengisi array yang bernilai nol tersebut ditunjukkan oleh gambar 2. Setelah mengisi alamat, data dapat diteruskan ke node selanjutnya.

```
int node=2;//ubah tiap node  
byte datasend[12];  
byte data[12];  
  
void loop(){  
  if(!Mirf.isSending() && Mirf.dataReady()){  
    Mirf.getData(data);  
    Serial.println("Data diterima");  
    Serial.print(data[0]);  
    Serial.print(data[1]);  
    Serial.println(data[2]);  
    for(int x=2;x<12;x++){//isi alamat saat sudah  
      if (data[x]==0){  
        data[x]=node;  
        x=12;  
      }  
    }  
    kirim();  
    for(int x=0;x<12;x++){//isi alamat saat sudah  
      data[x]=0;  
    }  
  }  
}
```

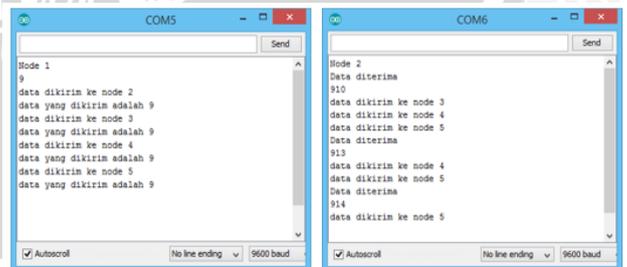
Gambar 8. Format paket data yang digunakan

## 5. PENGUJIAN

### a. Pengujian Pengiriman dan Penerimaan data

Pada pengujian pengiriman dan penerimaan data bertujuan agar masing-masing node bisa menerima dan meneruskan data. Setiap node akan menerima data dari node sebelumnya dan meneruskan data yang sudah diterima ke node selanjutnya.

Pelaksanaan pengujian pengiriman dan penerimaan data dilakukan dengan menggunakan seluruh node yang dihubungkan ke PC/Laptop. Node pertama akan melakukan pengiriman pertama berupa data, kemudian pada node selanjutnya akan dilakukan pengecekan bahwa telah menerima data dari node sebelumnya dan akan meneruskan data ke node selanjutnya.



Gambar 9. Screenshoot node 1 mengirimkan data ke node 2, dan node 2 menerima data.

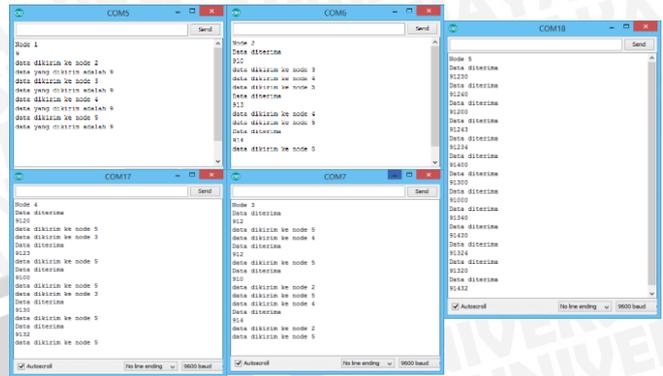
Dari hasil analisa berdasarkan gambar node 1 dan node 2 setiap node sudah dapat menerima dan mengirimkan data sesuai

dengan alamat tujuan. Untuk mengambil contoh diatas, data yang dikirimkan berupa data bilangan 9, yang dikirimkan menuju node 2 dan node 3. Pada node 2 melakukan penerimaan data, kemudian node membuka data tersebut yaitu berupa 910 yang merupakan 9 adalah data yang dikirim, sedangkan angka 1 merupakan alamat yang dilewati oleh data yaitu node 1 sedangkan 0 adalah alamat node 2, karena data baru sampai dan belum dikirim maka bernilai 0.

**b. Pengujian Paket Data**

Pada pengujian paket data bertujuan untuk mendapatkan struktur paket data sesuai dengan perancangan paket data. Data berada pada array 0, dan array 1 hingga array 5 akan berisi alamat node yang sudah dilewati oleh data. Pada pengujian paket data, setiap node akan menampilkan data sesuai dengan data yang diterima. Pelaksanaan pengujian paket data dilakukan di salah satu node setelah node 1 melakukan pengiriman data. Setiap node akan dilihat data yang sudah diterima sebelumnya dan node akan mengisi alamat selanjutnya setelah data sampai pada node tujuan.

*routing flooding* dilakukan setelah pengiriman dan penerimaan data, serta pengujian paket data telah bisa dijalankan.



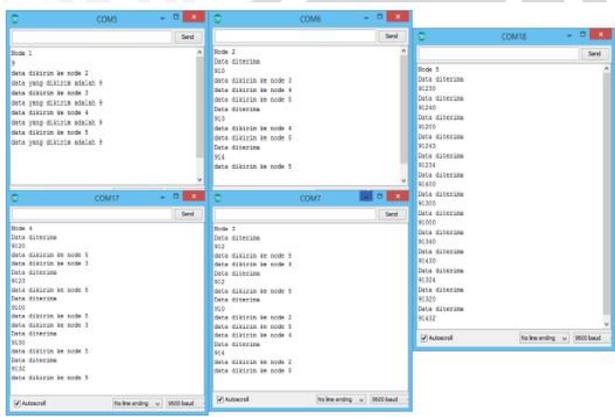
Gambar 11. Screenshoot hasil pengujian protokol *routing flooding*.

Dari hasil pengujian *routing flooding* setiap node sudah ditentukan *routing* paket masing-masing yaitu dengan penentuan node tetangga di masing-masing node. Setiap node akan memberikan tanda bahwa data telah melewati node tersebut. Untuk data sendiri tidak akan dikirimkan kembali ke alamat sebelumnya karena *routing flooding* pada sistem ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yaitu pengiriman dari node awal sampai node akhir.

**6. Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis hasil yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Untuk mengimplementasikan *routing flooding* pada *wireless sensor network* menggunakan media komunikasi radio frekuensi yaitu membutuhkan beberapa hal yaitu : penentuan node tetangga di masing-masing node, penentuan paket data yang akan dikirimkan, serta protokol *routing flooding*.
2. Mekanisme komunikasi data antar node yaitu setiap node akan mengirimkan data sesuai dengan node tetangga yang sudah dideklarasikan di masing-masing node. Setiap node tidak akan mengirimkan data kembali ke alamat sebelumnya agar tidak terjadi tabrakan dan penumpukan data pada node sebelumnya.
3. Dari hasil pengujian *routing flooding* semua node dapat mengirimkan data ke seluruh alamat node tetangga, dan node dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data dengan tetap memberikan alamat node yang sudah dilewati oleh data. Sehingga kinerja dari *routing flooding* bisa dikatakan baik karena sedikit mengurangi beban pada jaringan, yaitu data tidak tetap berada pada satu jaringan dan data tidak dikirimkan kembali ke alamat sebelumnya



Gambar 10. Screenshoot setiap node dapat memberikan alamat setelah dilewati oleh data

Dari hasil pengujian yang dilakukan untuk pengujian paket data, setiap node memberikan tanda bahwa data telah melewati node tersebut dengan cara menambahkan alamat tersebut ke array yang telah disediakan setelah array 0, karena array 0 berisi data yang dikirimkan. Data berupa inputan yang berasal dari node 1 yang dimasukkan ke array 0, kemudian array 1 akan diisi oleh node 1 berupa nilai 1 sebelum paket dikirimkan. Saat paket dikirimkan dan diterima oleh node 2 maka node 2 akan membaca array 0 dan array 1, kemudian sebelum melakukan pengiriman ke node selanjutnya, maka node 2 akan mengisi node ke 2 yaitu berupa alamat node yang ke 2 begitu juga hingga sampai di node terakhir.

**c. Pengujian Routing Flooding**

Pada pengujian *routing flooding* bertujuan agar sistem bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem, yaitu sesuai dengan implementasi topologi, node, dan struktur paket data. Pada pengujian *routing flooding* diharapkan semua implementasi bisa dijalankan secara bersama dan mendapatkan hasil sesuai dengan implementasi yang sudah dirancang. Pelaksanaan pengujian



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basma M., Sherine M., Hussein S., & Mohammed M.. 2011. *An Optimized Energy-aware Routing Protocol for Wireless Sensor Network*. Tersedia di [www.elsevier.com/locate/ej](http://www.elsevier.com/locate/ej). [Diakses 20 September 2015].
- [2] Sudeep T., Neeraj K., & Joel J.P.C.R . 2015. *A systematic review on heterogeneous routing protocol for wireless sensor network*. Tersedia di [www.elsevier.com/locate/jnca](http://www.elsevier.com/locate/jnca). [Diakses 20 September 2015].
- [3] Sheikh F., & Xinrong L. 2014. *Wireless Sensor Network System Design using Raspberry Pi and Arduino for Enviromental Monitoring Application*. Tersedia di [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). [Diakses 20 September 2015].
- [4] Arduino, 2015. Product Arduino. [online] Tersedia di: < <http://www.arduino.cc/en/Main/Products>> [ Diakses 20 September 2015]
- [5] Kazem S., Daniel M., & Taieb Z. 2007. *WIRELESS SENSOR NETWORK Technology, Protocols, and Applications*. [E-book]. Wiley. [Diakses 20 September 2015].
- [6] NRF24L01, 2015. Nrf24L01-2.4GHz-HowTo [online] Tersedia di : <<https://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>> [Diakses 25 September 2015]
- [7] Ojha T., Misra S. & Raghuwanshi NS., 2015. *Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges*. Tersedia di <[www.elsevier.com/locate/compag](http://www.elsevier.com/locate/compag)>. [Diakses 20 September 2015].
- [8] Norouzi, A. & Zaim, A. H., 2012. An Integrative Comparison of Energy Efficient Routing Protocols in Wireless Sensor Network. *Wireless Sensor Network*, Volume 4, p. 75. Tersedia di < <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=18310> > [Diakses 16 Juni 2016]
- [9] Sharma, K., Neha, M. & Priyanka, R., 2014. Performance Analysis of Flooding and SPIN in Wireless Sensor Networks. *International Journal of Future Generation Communication and Networking* , Volume 7, p. 36. tersedia di < [http://www.sersc.org/journals/IJFGCN/vol7\\_no3/3.pdf](http://www.sersc.org/journals/IJFGCN/vol7_no3/3.pdf) > [Diakses 16 Juni 2016]
- [10] Stankovic, J. A., 2006. Wireless Sensor Networks. *Wireless Sensor Networks*, 19 June.p. 20. tersedia di < <https://www.cs.virginia.edu/~stankovic/psfiles/wsn.pdf> > [Diakses 17 Juni 2016]

