

Implementasi Protokol Routing Spin Pada Wireless Sensor Network Menggunakan Media Komunikasi RF

Ike Mia Wulandari S, Sabriansyah Rizqika Akbar dan Aswin Suharsono
Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya (UB)
Jl. Veteran No 8, Malang 65145, Indonesia
e-mail: kekeike@gmail.com, sabrian.akbar@gmail.com

Abstrak- Pada masa modern saat ini, teknologi dan komunikasi di bidang internet telah berkembang secara signifikan dan menjadi kebutuhan sehari – hari, selain itu pertukaran dan penyebaran data secara nirkabel atau wireless merupakan suatu media yang saat ini paling banyak digunakan dalam jaringan komunikasi. Salah satu penerapan teknologi secara *wireless* adalah sistem monitoring, yaitu dengan melakukan pengiriman data antar node WSN yang dapat diterapkan dengan berbagai macam protokol *routing*.

Algoritma SPIN (*Sensor Protocol for Information via Negotiation*) merupakan salah satu protokol *routing* yang bersifat *data-centric* (melakukan negosiasi sebelum proses transmisi data dilakukan). Ada tiga jenis proses pengiriman data pada *routing* SPIN, yaitu ADV, REQ dan DATA. Penerapan protokol routing SPIN pada WSN ini merupakan salah satu cara untuk mengoptimalkan kinerja jaringan sensor, karena penggunaan energi terbanyak pada tiap node terjadi saat node tersebut bertukar informasi dalam jaringan. Node sensor akan melakukan negosiasi dengan satu sama lain sebelum proses transmisi data. Hasil implementasi menunjukkan bahwa protokol routing SPIN cocok diterapkan pada WSN, setelah dilakukan 10 kali pengiriman data yang dikirimkan berhasil dikirim dan sesuai dengan alamat tujuan, namun semakin banyak node akan mempengaruhi kegagalan proses pengiriman data. Sedangkan saat dilakukan 20 kali pengiriman didapatkan delay yang cenderung stabil.

Kata kunci: *Routing*, WSN, SPIN, ADV, REQ, DATA

PENDAHULUAN

Pada masa modern saat ini, teknologi dan komunikasi di bidang internet telah berkembang secara signifikan dan menjadi kebutuhan sehari – hari, selain itu pertukaran data secara nirkabel atau wireless merupakan suatu media yang saat ini paling banyak digunakan dalam komunikasi. (Aziz, Soebarto, & Akbar, 2014)

Jaringan Sensor Nirkabel terdiri dari banyak node yang tersebar untuk memantau lingkungan fisik yang besar. Node – node tersebut memiliki topologi yang tidak tetap dan dituntut untuk bisa beradaptasi agar mampu bekerja pada kondisi tertentu. Hal ini dapat dilakukan dengan mengukur suhu tekanan, kelembaban, suara, getaran dll. (Sharma, Mittal, & Rathi3, 2014)

Sensor node tidak hanya berkomunikasi antara satu sama lain, tetapi juga berkomunikasi dengan Base Station (BS) menggunakan radio nirkabel. Hal ini memungkinkan node untuk menyebarkan data sensor dalam proses analisis dan penyimpanan. (Sharma, Sehwat, & Jyoti, 2012)

Pada jaringan sensor nirkabel ada banyak kendala seperti keterbatasan resource energi, desain, keamanan, dll. (Akkaya & Younis, 2005). Penggunaan energi terbanyak pada tiap node terjadi pada saat node tersebut bertukar informasi dalam jaringan. Semakin jauh node tersebut mengirimkan data, maka akan dibutuhkan energi yang semakin besar. (Perillo & Heinzelman, 2005). Oleh karena itu, saat ini sudah banyak dikembangkan berbagai algoritma protokol routing untuk mengatasi masalah tersebut. Beberapa contoh algoritma yang dikembangkan yaitu LEACH, SPIN, GBR, PEGASIS, dll.

Algoritma SPIN (*Sensor Protocol for Information via Negotiation*) merupakan protokol routing yang bersifat *data-centric*. (Basagni, Distributive and Mobility-Adaptive Clustering for Multimedia Support in Multi-hop Wireless Networks, 1999). Node sensor akan melakukan negosiasi dengan satu sama lain sebelum proses transmisi data agar tidak terjadi masalah overlapping dan implosion disamping itu energi yang dikeluarkan lebih efisien. Keuntungan dari protokol ini adalah setiap node hanya mengetahui bahwa dirinya hanya mempunyai satu tetangga sehingga akan menghemat lebih banyak energi dan mengurangi masuknya data yang berlebihan.

Pengembangan dan analisis algoritma SPIN sebelumnya sudah banyak dilakukan, sebagai contoh adalah dilakukan analisis modifikasi Algoritma SPIN dengan penambahan VC table di tinyos, ini dilakukan untuk mengurangi masalah kinerja yang ada pada algoritma SPIN seperti “*blindly forward*” dan “*data uncessible*”. Dengan penambahan VC Table, node tidak perlu mengirimkan informasi data secara terus menerus dan membuang data yang sama, selain itu node akan mengetahui ke node mana dia harus mengirimkan data. (Mayasari, Munadi, & Sumaryo, 2013)

Pada permasalahan tersebut, maka akan di lakukan implementasi potokol routing menggunakan algoritma SPIN pada studi kasus monitoring lahan pertanian. Node sensor tersebut akan menggunakan arduino nano dan menggunakan komunikasi radio frekuensi (RF) sebagai komunikasi pengiriman dan penerima data.

I. URAIAN PENELITIAN

A. WSN (Wireless Sensor Network)

Wireless Sensor Network adalah sebuah jaringan komunikasi sensor yang terhubung secara wireless untuk memonitor kondisi fisis atau konsisi lingkungan tertentu pada lokasi yang berbeda antara sensor dan pemroses datanya (Maribun Sibarani, 2008). Jaringan komunikasi *wireless* sensor biasanya digunakan pada industri ataupun aplikasi komersial lainnya yang kesulitan dengan pemasangan sistem perkabelan. Area penggunaan dari *wireless* sensor ini adalah seperti monitor tingkat polusi atau kontaminasi udara, pengendali reaktor nuklir, sistem pendeteksi kebakaran atau semburan panas bumi. *Wireless* sensor network memiliki fungsi untuk berbagai jenis aplikasi dan mampu memenuhi kebutuhan teknologi dalam berbagai ilmu, seperti pada bidang biologi, pertanian dan perikanan. Contoh pada bidang pertanian menginginkan monitoring kelembaban tanah pada tanaman tertentu (Kazem, 2007).

Perkembangan dari WSN sebenarnya sudah dimulai dari kebutuhan dalam bidang militer seperti pemantauan pada saat perang di medan perang. Tapi sekarang sudah digunakan dalam bidang industri dan penggunaan untuk kemudahan masyarakat sipil, melingkupi pengawasan dan pengontrolan proses dalam industry, mesin pengawasan kesehatan, pemantau kondisi lingkungan, aplikasi untuk kesehatan, otomatisasi pada rumah, dan pengaturan pada lalu lintas.

Pada prinsipnya pembacaan kondisi oleh sensor ini akan diinformasikan secara realtime dan keamanan data yang terjamin hingga diterima oleh pengguna data. Beberapa karakteristik dari *wireless* sensor network diantaranya adalah:

1. Daya/ Power yang terbatas yang dapat disimpan atau diolah
2. Kemampuan untuk bertahan pada lingkungan yang tidak mudah untuk dijangkau dan di control secara terus menerus
3. Kemampuan untuk mengatasi kesalahan *node*
4. Dapat digunakan untuk kondisi dan pemrosesan data secara *mobile*
5. Mempunyai topologi jaringan yang dinamis, dengan sistem *node* yang *heterogen*
6. Penyebarannya dapat dikembangkan untuk skala besar

Pada saat ini ada berbagai jenis jaringan sensor nirkabel. *Wireless Sensor Network* saat ini dilengkapi dengan transceiver radio atau perangkat komunikasi nirkabel dan sumber energi yang biasanya berupa baterai. Ada empat komponen dasar dalam jaringan sensor:

- a) Perangkat sensor secara distribusi atau lokal
- b) Jaringan interkoneksi
- c) Titik pusat dari informasi clustering
- d) Satu set sumber daya komputasi pada titik pusat (atau di luar) untuk menangani korelasi data, acara tren, status query, dan data mining.

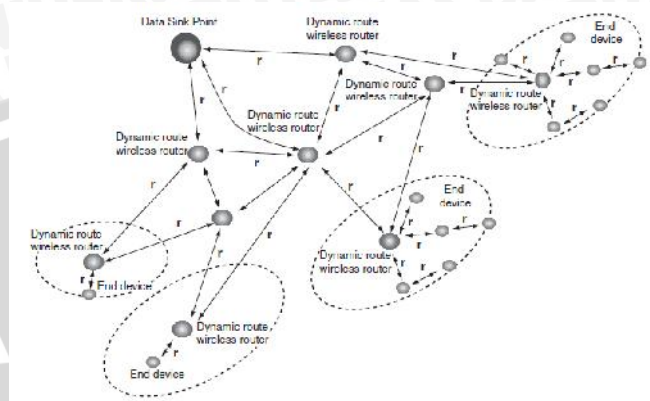
Terdapat 2 kategori dalam WSN, yaitu:

1) WSN Kategori 1 (C1WSNs)

Pada kategori 1, jaringan menggunakan topologi mesh dengan jaringan radio multihop di kalangan atau diantara node

pada WSN, dan memanfaatkan routing dinamis pada *wireless* dan kabel jaringan.

C1WSNs merupakan jaringan dimana perangkat akhir (*end device*) yaitu sensor, diijinkan untuk lebih dari satu radio hop yang jauh dari *forwarding node*. Berikut gambar topologi kategori 1 seperti pada gambar 2.1 :

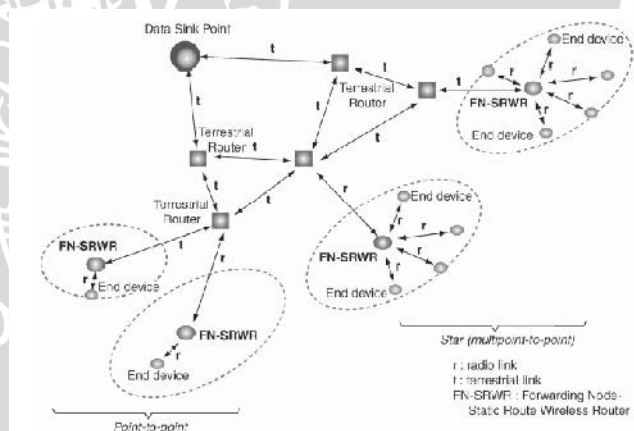


Gambar 1 WSN Kategori 1

2) WSN Kategori 2 (C2WSNs)

Pada kategori 2, jaringan menggunakan topologi star (point-to-point atau multipoint-to-point) dengan jaringan radio single-hop, memanfaatkan routing statis melalui jaringan nirkabel.

C2WSNs merupakan jaringan dimana perangkat akhir (*end device*) yaitu sensor, hanya terdapat satu radio hop yang jauh dari *forwarding node*. Berikut gambar topologi kategori 2 seperti pada gambar 2.2 :



Gambar 2 WSN Kategori 2

B. Radio Frequency

Radio frekuensi merupakan sinyal arus bolak-balik frekuensi tinggi yang lewat pada suatu konduktor tembaga dan kemudian dipancarkan ke udara melalui suatu antenna (Grace G.P Usmany dan Bobi Kurniawan Soegoto, 2013). Radio frekuensi merupakan gelombang elektromagnetik yang digunakan oleh sistem komunikasi untuk mengirim informasi melalui udara dari satu titik ke titik lain. Radio frekuensi disebut juga arus bolak-balik (AC) yang terus berubah antara tegangan positif dan negatif.

Panjang gelombang A adalah jarak antara dua puncak berurutan (puncak) atau dua palung berturut-turut (lembah) dari pola gelombang, seperti yang digambarkan dalam Gambar. Dengan kata sederhana, panjang gelombang adalah jarak yang satu siklus dari sinyal RF sebenarnya perjalanan.

Hal ini sangat penting untuk memahami bahwa ada hubungan terbalik antara panjang gelombang dan frekuensi. Tiga komponen dari hubungan terbalik ini adalah frekuensi (f), diukur dalam hertz, atau Hz), panjang gelombang λ , diukur dalam meter, atau m), dan kecepatan cahaya (c , yang merupakan nilai konstan 300.000.000 m / detik). Rumus referensi berikut menggambarkan hubungan: $\lambda = c / f$ dan $f = c / \lambda$. Penjelasan sederhana adalah bahwa semakin tinggi frekuensi sinyal RF, semakin kecil panjang gelombang dari sinyal. Semakin besar panjang gelombang dari sinyal RF, semakin rendah frekuensi sinyal.

C. Arduino

Arduino merupakan salah satu mikrokontroler yang dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing dan bersifat open source. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input, dan menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai 'otak' yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi merupakan kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih (Djuandi Feri, 2011). IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory mikrokontroler. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Salah satu keunggulan yang membuat Arduino digunakan oleh banyak orang adalah karena sifatnya yang open source, baik untuk hardware maupun software-nya, selain itu diagram rangkaian elektronik Arduino digratiskan kepada semua orang. Sama halnya dengan IDE Arduino yang bisa di-download dan diinstal pada komputer secara gratis. Seperti pada gambar 2.3 merupakan gambar dari Arduino Nano.



Gambar 3 Arduino Nano

Sumber: www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano

D. 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. Tegangan

kerja dari modul ini adalah 5V DC. Pada gambar 2.6 berikut merupakan bentuk dari Modul NRF24L01 :



Gambar 4 Modul nRF24L01

Sumber : www.arduiner.com

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 peripheral PC, piranti permainan, piranti fitnes dan olahraga, mainan anak-anak dan alat lainnya. Modul ini memiliki 8 buah pin, diantaranya VCC (3.3V DC), GND, CE, CSN, MOSI, MISO, SCK, IRQ.

E. Spin

SPIN (Sensor Protocol for Information via Negotiation) merupakan protokol *routing* yang bersifat *data-centric* (Basagni, Distributive and Mobility-Adaptive Clustering for Multimedia Support in Multi-hop Wireless Networks, 1999). Node sensor akan melakukan negosiasi dengan satu sama lain sebelum melakukan proses transmisi data aktual menggunakan meta-data. Meta-data merupakan gambaran dari suatu data yang dikumpulkan oleh sensor node, selain itu ukuran meta-data tersebut tidak boleh melebihi data aktualnya. SPIN menggunakan tiga jenis pesan ADV, REQ, dan DATA dalam proses pengirimannya. ADV digunakan untuk mengiklankan data baru, REQ digunakan untuk meminta data, dan DATA adalah pesan itu sendiri. Ketika sebuah node mendapatkan data baru, node tersebut akan melakukan advertisement (ADV) dengan mengirimkan meta-data ke node tetangganya, saat pesan ADV diterima, node tetangga akan melakukan pengecekan apakah data tersebut sudah diterima atau tidak sebelumnya, jika tidak maka node tetangga akan mengirimkan pesan permintaan (REQ) ke node pengirim dan meminta untuk dikirimkan data baru, dan setelah itu node pengirim mengirimkan pesan DATA yang merupakan data lengkap dari suatu meta-data, dan setelah itu proses akan selesai. SPIN dirancang untuk mengatasi masuknya data yang berlebihan yang diselesaikan dengan negosiasi terlebih dahulu, sehingga energy yang dikeluarkan lebih efisien. SPIN mencakup banyak protokol diantaranya adalah SPIN-PP, SPIN-EC, SPIN-BC, dan SPIN RL.

II. METODE PENELITIAN

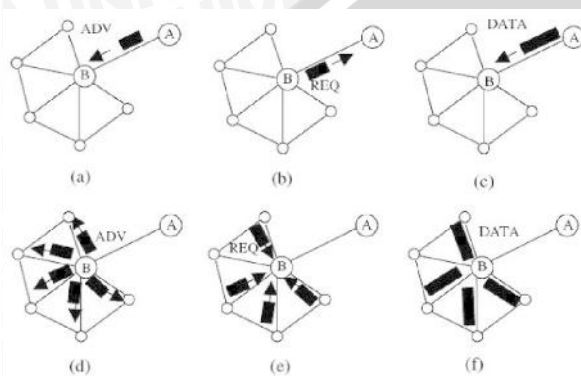
A. Studi Literatur

Studi literatur menjelaskan seluruh dasar teori yang mendukung dalam penelitian ini, selain itu juga mencari penelitian-penelitian sebelumnya untuk mendukung penelitian

yang akan dilakukan. Adapun yang dijadikan bahan dalam studi literatur adalah dasar-dasar teori untuk dapat merancang sistem meliputi Pengenalan Routing Protokol SPIN (*Sensor Protocol for Information Negotiation*), *Wireless Sensor Network*, *Arduino* dan *nRF24L01*.

B. Implementasi Sensor Node

Sensor node berfungsi sebagai penerima dan pengirim data. Sensor node akan mengirim ADV ke node tetangganya yang lain, kemudian node tetangga tersebut akan membalas dengan mengirim REQ jika node tersebut membutuhkan data yang di ADV oleh node pengirim. Setelah itu node pengirim akan mengirimkan pesan DATA ke node tetangga yang mengirimkan pesan REQ. Pada gambar 3.4 menunjukkan proses pengiriman data dari node pengirim ke node penerima.



Gambar 5 Proses Routing SPIN

Sumber : (Anisi, Abdullah, Razak, & Ngadi, 2012)

Seperti yang dapat dilihat pada gambar node A mengirimkan pesan ADV ke node B, kemudian node B membalas dengan mengirimkan REQ ke node A. Setelah itu node A akan mengirimkan pesan DATA ke node B. Selanjutnya node B yang sudah memiliki data yang diinginkan akan membroadcast pesan ADV ke node tetangganya apakah membutuhkan pesan yang dimiliki oleh node B, jika pesan tersebut dibutuhkan maka node tetangga tersebut akan mengirimkan pesan REQ kemudian node B akan mengirimkan pesan DATA ke node tetangga yang membutuhkan data tersebut.

C. Pengujian dan Analisis

Pengujian dan Analisis dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas sistem yang telah dirancang dan diimplementasikan. Pada penelitian ini terdapat beberapa pengujian yang akan dilakukan.

1. Pengujian node sensor ke PC
2. Pengujian Fungsional
3. Pengujian Delay

D. Analisa Kebutuhan

Perancangan sistem dilakukan terdapat tujuan, kegunaan, Karakteristik Pengguna, Lingkungan Pengguna, Batasan Perencanaan dan Implementasi dan asumsi ketergantungan.

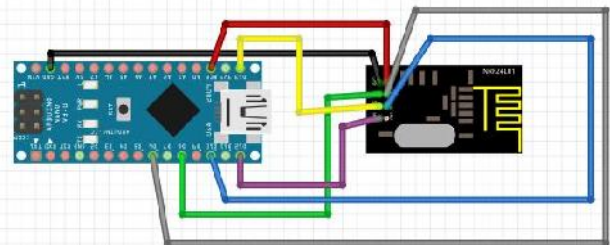
Beberapa kebutuhan sistem yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Sistem dapat menentukan routing dengan benar sesuai dengan algoritma spin
2. Sistem dapat melakukan kegiatan pengiriman dan penerimaan data
3. Sistem menampilkan hasil pengiriman dan penerimaan data
4. Sistem dapat melakukan proses ADV, REQ, dan DATA.

E. Perancangan Desain Sistem

1.1.1 Perancangan Perangkat Keras SPIN pada WSN

Perancangan perangkat keras SPIN pada WSN ini terdiri dari rangkaian mikrokontroler Arduino Nano dengan modul NRF24L01 yang membentuk suatu node. Pertama yang harus dilakukan adalah membuat rangkaian pada mikrokontroler, ini bertujuan untuk menanamkan program pada mikrokontroler agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input, dan menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai 'otak' yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Kedua, yaitu membuat rangkaian pada NRF24L01 yang berfungsi sebagai modul wireless (pengiriman secara wireless). Pada gambar 5.1 menunjukkan gambar skematik dari rangkaian mikrokontroler dengan modul NRF24L01.



fritzing

Gambar 6 Perancangan Node

Berikut merupakan gambar skematik mikrokontroler dengan modul NRF24L01 dengan menggunakan aplikasi fritzing sehingga dapat mempermudah untuk mengimplementasikan kedalam alat yang sesungguhnya. \

Pada gambar dapat dilihat bahwa untuk merancang satu buah node dibutuhkan 1 buah mikrokontroler Arduino Nano dan 1 buah NRF24L01. Sedangkan pin pada Arduino yang digunakan antara lain GND, VCC, D8, D7, D11, D12, D13 yang akan disambungkan pada pin nRF24L01. Berikut table pin sambungan nRF24L01 pada Arduino Nano:

Tabel 1 Pin sambungan nRF24L01 pada Arduino nano

Pin pada nRF24L01	Pin Arduino nano	Warna
GND	GND	Hitam
VCC(3.3V)	3.3V	Merah
CE	D8	Hijau
CSN	D7	Abu-Abu
SCK	D13	Kuning
MOSI	D11	Biru
MISO	D12	Ungu
IRQ	-	



Gambar 8 Dua Indikator yang menyatakan Node Sensor tidak bermasalah



Gambar 9 Hubungan Keseluruhan Sistem

III. IMPLEMENTASI DAN UJI COBA SISTEM

A. Pengujian Node Sensor ke PC

Pengujian node sensor ke PC dilakukan dengan menghubungkan node sensor yang terdiri dari arduino nano dan nrf24l01 ke komputer melalui kabel USB, seperti yang ditunjukkan gambar 6.1. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap node sensor yang digunakan tidak bermasalah. Pengujian ini dilakukan dengan menguji satu persatu lima buah node sensor yang akan digunakan.



Gambar 7 Hubungan Node Sensor dengan PC

Apabila node sensor sudah terhubung ke PC dan PC telah dinyalakan, ada dua indikator yang menyatakan bahwa node sensor tidak bermasalah.

1. Indikator pertama berupa lampu kecil berlabel PWR/Power yang akan menyala
2. Indikator kedua berupa lampu kecil berlabel L (LED) akan menyala, led ini terhubung ke pin digital 13, ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala, dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam.

B. Pengujian Fungsional

Pengujian Fungsional dilakukan untuk memastikan semua kebutuhan dalam sistem terpenuhi sesuai dengan fungsi yang akan dilakukan oleh sistem. Pengujian fungsional ini akan mengacu pada hasil dari proses yang dilakukan oleh sistem.

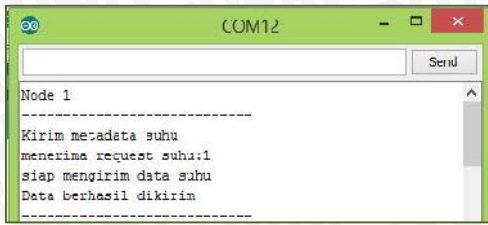
Pengujian yang akan dilakukan adalah pengiriman pesan ADV, REQ, dan DATA yang diimplementasikan pada node sensor. Terdapat lima node sensor yang akan digunakan dalam pengujian ini sesuai dengan topologi yang telah dibuat sebelumnya. Tujuan pengujian fungsional untuk mengetahui apakah data yang dikirimkan sudah benar dan sesuai dengan data yang dibutuhkan dan berjalan sesuai dengan algoritma SPIN.

1. Pengujian Pengiriman data node 1 ke node 2

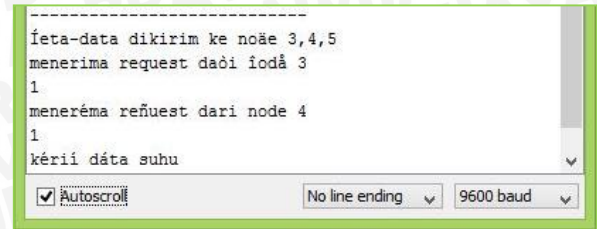
Pengujian pengiriman data dari node 1 ke node 2 yang akan diuji adalah proses negosiasi pengiriman data, yang pertama adalah pengiriman meta-data ke node 2 kemudian pengiriman data. Pada tabel 6.1 dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian pengiriman paket data node 1 ke node 2 selama 10 kali pengiriman.

Tabel 2 Hasil Pengujian Pengiriman Paket Data Node 1 ke Node 2

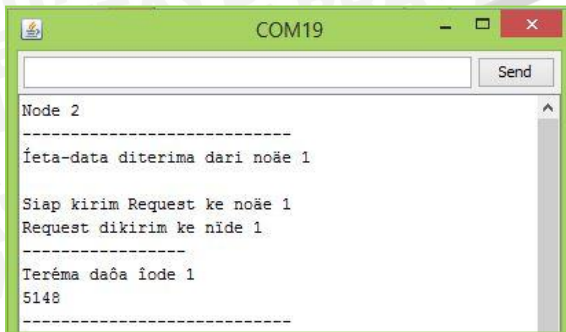
PENGIRIMAN ke-	Pengiriman Meta-data	Pengiriman Data	Hasil Pengujian
1	6	5148	OK
2	6	5148	OK
3	6	5148	OK
4	6	5148	OK
5	6	5148	OK
6	6	5148	OK
7	6	5148	OK
8	6	5148	OK
9	6	5148	OK
10	6	5148	OK



Gambar 10 Hasil Pengujian Pengiriman Paket Data di Node 1



Gambar 12 Hasil Pengujian Pengiriman Paket Data di Node 2



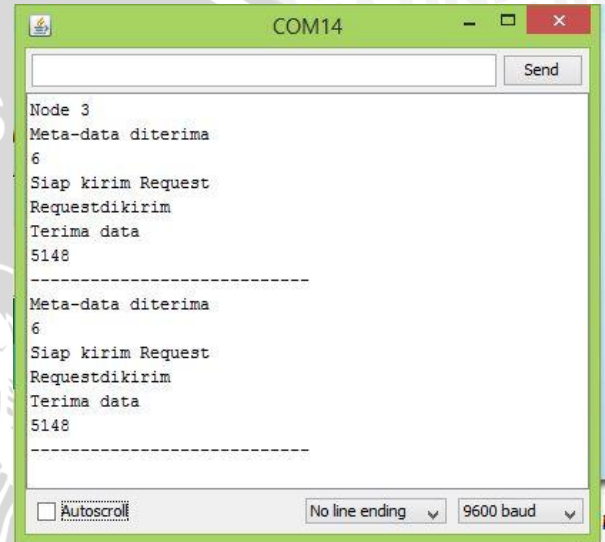
Gambar 11 Hasil Pengujian Pengiriman Paket Data di Node 2

2. Pengujian Pengiriman data node 2 ke node 3, 4, 5

Pengujian pengiriman data dari node 2 ke node 3, 4 dan 5 dilakukan secara bergantian. Node 2 akan melanjutkan proses pengiriman meta-data dengan mengirimkan pesan ADV ke node 3, 4, dan 5. Setelah node 3, 4 dan 5 menerima meta-data dari node 2, node 3 dan 4 akan mengirimkan pesan REQ ke node , sedangkan node 5 tidak melakukan request data. Node 2 akan mengirimkan DATA hanya ke node 3 dan 4. Berikut pada tabel 6.2 , 6.4 dan 6.5 merupakan pengujian pengiriman paket data node 2 ke node 3, 4 dan 5 selama 10 kali pengiriman.

Tabel 3 Pengujian Pengiriman Paket Data Node 2 ke Node 3

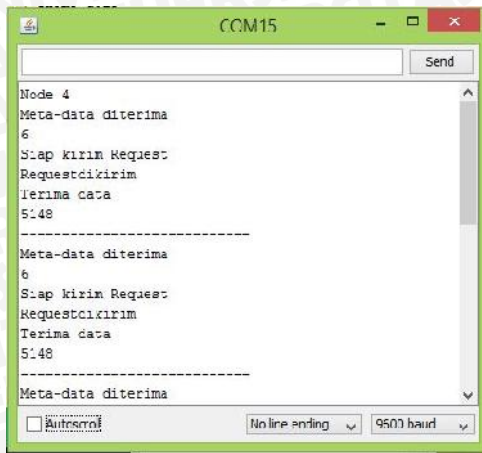
PENGIRIMAN ke-	Pengiriman Meta-data	Pengiriman Data	Hasil Pengujian
1	6	5148	OK
2	6	5148	OK
3	6	5148	OK
4	6	5148	OK
5	6	5148	OK
6	6	5148	OK
7	6	5148	OK
8	6	5148	OK
9	6	5148	OK
10	6	5148	OK



Gambar 13 Hasil Pengujian Pengiriman Paket Data di Node 3

Tabel 4 Pengujian Pengiriman Paket Data Node 2 ke Node 4

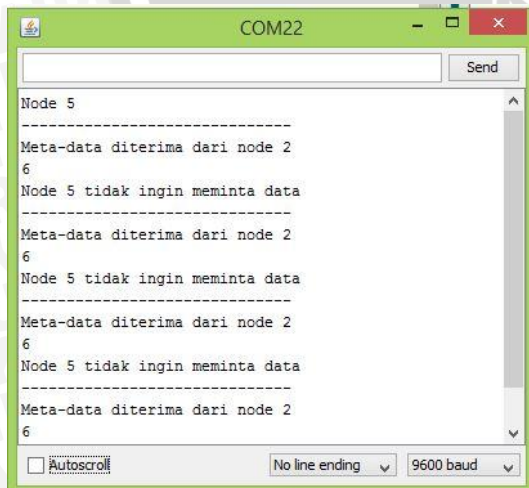
PENGIRIMAN ke-	Pengiriman Meta-data	Pengiriman Data	Hasil Pengujian
1	6	5148	OK
2	6	5148	OK
3	6	5148	OK
4	6	5148	OK
5	6	5148	OK
6	6	5148	OK
7	6	5148	OK
8	6	5148	OK
9	6	5148	OK
10	6	5148	OK



Gambar 14 Hasil Pengujian Pengiriman Paket Data di Node 4

Tabel 5 Pengujian Pengiriman Paket Data Node 2 ke Node 5

PENGIRIMAN ke-	Pengiriman Meta-data	Hasil Pengujian
1	6	OK
2	6	OK
3	6	OK
4	6	OK
5	6	OK
6	6	OK
7	6	OK
8	6	OK
9	6	OK
10	6	OK



Gambar 15 Hasil Pengujian Pengiriman Paket Data di Node 5

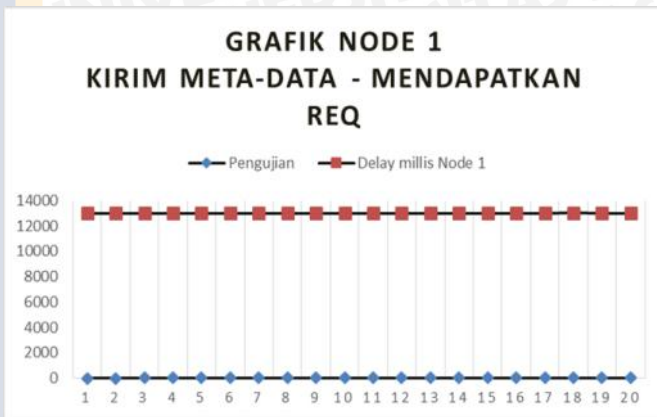
C. Pengujian Delay

Pengujian delay dilakukan dengan menguji delay milis pengiriman node 1 ke node 2. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui delay pada proses routing SPIN. Kemudian hasil dari pengujian akan digambarkan kedalam sebuah grafik. Adapun pengujian delay masing-masing di uji selama 20 kali pengiriman yang akan dilakukan sebagai berikut:

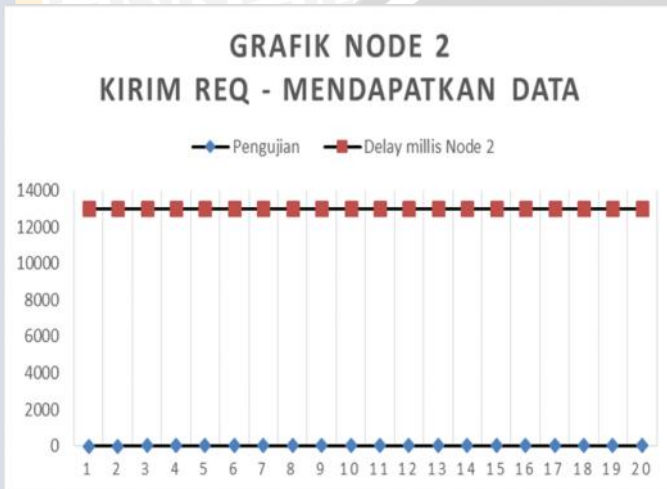
1. Menghitung delay di node 1 saat melakukan pengiriman meta-data sampai mendapatkan request dari node.
2. Menghitung delay di node 2 saat mengirimkan request sampai mendapatkan data dari node 1.

Tabel 6 Pengujian Delay node 1 ke node 2

Pengiriman ke-	Delay node 1 (millisecond)	Delay node 2 (millisecond)
	Kirim meta-data – Mendapatkan REQ	Kirim REQ – Mendapatkan Data
1	13002	13006
2	13001	13009
3	13002	13009
4	13002	13008
5	13002	13009
6	13002	13009
7	13002	13009
8	13002	13008
9	13001	13008
10	13002	13008
11	13002	13009
12	13002	13008
13	13001	13009
14	13002	13008
15	13002	13009
16	13002	13008
17	13002	13010
18	13020	13007
19	13002	13009
20	13001	13008



Gambar 16 Grafik Hasil Pengujian Delay di Node 1



Gambar 17 Grafik Hasil Pengujian Delay di Node 2

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap pengiriman data yang telah dilakukan dalam implementasi routing protokol SPIN pada WSN dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan protokol routing SPIN diimplementasikan pada lima buah node Arduino Nano dimana pengiriman datanya menggunakan *radio frequency* NRF24L01 dan diimplementasikan pada topologi tree. Node 1 akan mengirimkan pesan ADV dalam bentuk meta-data ke node 2 sampai node 2 mendapatkan DATA, setelah itu node 2 akan mengirimkan meta-data ke node 3, 4 dan 5.
2. Proses pertukaran informasi dengan menggunakan protokol routing SPIN adalah dengan melakukan negosiasi terlebih dahulu, pertama node 1 akan mengirimkan pesan ADV berupa meta-data ke node 2 berukuran 1 byte, node 2 akan menerima meta-data dan akan melakukan request apabila node 2 menginginkan data tersebut. Setelah itu node 1 akan mengirimkan DATA ke node 2 dengan ukuran 4 byte. Node 2 akan meneruskan data tersebut dengan mengirimkan pesan ADV berupa meta-data secara *unicast* ke node 3, 4, 5.

3. Kinerja protokol routing SPIN yang diterapkan pada pengiriman data antar node cukup bagus, dilihat dari hasil pengujian didapatkan delay rata-rata 13 detik (13000 *millisecond*) untuk melakukan proses pengiriman data antara node 1 dan node 2. Delay proses pengiriman data dari node 1 ke node 2 cukup lama, ini dikarenakan node 1 harus menunggu proses pengiriman data yang dilakukan oleh node 2 ke node 3, 4, 5 sampai selesai. Setelah itu node 1 dapat melakukan pengiriman data kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- Akkaya, K., & Younis, M. (2005). A Survey On Routing Protocols For Wireless Sensor Networks. *Elsevier Ad Hoc Network Journal*, 3, 325-349.
- Anisi, M. H., Abdullah, A. H., Razak, S. A., & Ngadi, M. A. (2012). *An Overview of Data Routing Approaches for Wireless Sensor Networks*. Johor, Malaysia: Department of Computer Systems and Communications.
- Aziz, T. R., Soebarto, A. A., & Akbar, S. R. (2014). *RELAY ROUTING PROTOCOL JARINGAN SENSOR NIRKABEL PADA JARINGAN*.
- Basagni, S. (1999). Distributive and Mobility-Adaptive Clustering for Multimedia Support in Multi-hop Wireless Networks. *Proceedings of Vehicular Technology Conference, VTC*, 2, 889-893.
- Basagni, S. (1999). Distributive and Mobility-Adaptive Clustering for Multimedia Support in Multi-hop. *Proceedings of Vehicular Technology Conference, VTC*, 2, 889-893.
- Departemen, T. P. (2008). *Kamus Bahasa Indonesia*. Jakarta.
- Geetu, & Juneja, S. (2012). Performance Analysis of SPIN and LEACH Routing Protocol in WSN . *International Journal Of Computational Engineering Research*, Vol. 2 (Issue. 5).
- Hassanein, H., & Luo, J. (2006). Reliable Energy Aware Routing in Wireless Sensor Network. *In Second IEEE Workshop on Dependability and Security in Sensor Networks and Systems*, 54-64.
- Jain, V., & Khan, N. A. (2014). Simulation Analysis of Directed Diffusion and SPIN Routing Protocol in Wireless Sensor Network. *IEEE*.
- L.Li, & Wu, F. (2007). Research on SPIN of wireless sensor network. *Computer and Modernization*, 3, 93-96.
- M PATTANI, K., & J CHAUHAN, P. (2015). SPIN PROTOCOL FOR WIRELESS SENSOR NETWORK . *International Journal of Advance Research in Engineering, Science & Technology(IJAREST)*, Volume 2(Issue 5).
- Mayasari, R., Munadi, R., & Sumaryo, S. (2013). ANALISIS MODIFIKASI ALGORITMA SPIN DENGAN

PENAMBAHAN VC TABLE. *Tugas Akhir, Magister Elektro Komunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.*

- Pandey, S., Nagwani, N. K., & Kumar, C. (2015). Cluster based - SPIN Routing Protocol for Wireless. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 8(15).
- Parvin, S., & Rahim, M. S. (2008). Routing Protocols for Wireless Sensor Networks: A Comparative Study. *International Conference on Electronics, Computer and Communication (ICECC)*.
- Patil, H. K., & A.Szygenda, S. (2013). Security for Wireless Sensor Networks using Identity-Based Cryptography. *CRC Press Taylor & Francis Group*.
- Perillo, M. A., & Heinzelman, W. B. (2005). Wireless Sensor Network Protocol. *Department of Electrical and Computer Engineering, University of Rochester*.
- Prerna, & Kumar, S. (2015). *Energy Efficient Clustering Algorithm for SPIN*. India: International Conference on Signal Processing and Integrated Network.
- Priadana, N. M., Soebroto, A. A., & Setyawan, G. E. (2014). *Desain dan Implementasi Wireless Sensor untuk Smart Home Berbasis SMS Gateway*. Malang.
- Renesse, R., & Aghvami, A. (2004). Formal Verivication of Ad-Hoc Routing Using SPIN Model Checker. *IEEE MELECON 2004*.
- Sharma, D., Sehrawat, H., & Jyoti. (2012). Energy Affiicient M-SPIN Protocol. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3(10).
- Sharma, K., Mittal, N., & Rath, P. (2014). International Journal of Future Generation Communication and Networking. *Performance Analysis of Flooding and SPIN in Wireless Sensor Networks*, 7(3), 25-36.
- Tripathi, A., Yadav, N., & Dadhich, R. (2015). *Selection of Node Density with Cluster in SPIN for Data Centric Wireless Sensor Network*. Mumbai, India: International Conference on Technologies for Sustainable Development.
- Tripathi, A., Yadav, N., & Dadhich, R. (2015). *SPIN With Cluster for Data Centric Wireless Sensor Network*. India : Fifth International Conference on Advanced & Communcation Technologies .