

Integrasi Protokol Sinkronisasi Waktu Reference Broadcast Synchronization (RBS) dan Pengiriman Data Flooding pada Wireless Sensor Node

Zhafran Wadiansyah¹, Sabriansyah Rizqika Akbar², Edita Rosana Widasari³

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹diansyah.yawa@gmail.com, ²sabrian@ub.ac.id, ³editarosanaw@ub.ac.id

Abstrak

Pada masa sekarang, teknologi sudah semakin berkembang dan banyak membantu mempermudah manusia dalam hal memperoleh informasi. Teknologi yang sedang menjadi perhatian salah satunya adalah Wireless Sensor Network (WSN). WSN merupakan jaringan sensor nirkabel yang terdiri dari beberapa node yang terhubung dalam satu jaringan. Teknologi WSN memiliki beberapa protokol pengiriman salah satunya adalah Flooding Routing. Flooding merupakan pengiriman data dengan cara membanjiri jaringan tersebut dengan data yang akan dikirimkan. Masalah yang terjadi dari Flooding tersebut adalah terjadinya banyak redundansi data yang akan memenuhi jaringan. Masalah lain yang dihadapi terjadinya tabrakan data pada saat pengiriman akibat perbedaan waktu lokal. Akibatnya akan terjadi tabrakan data yang membuat data tersebut tidak dapat diterima dengan baik. Pada penelitian ini, penulis akan mengatasi masalah yang terjadi pada pengiriman data di WSN dan Flooding dengan mengintegrasikan protokol sinkronisasi waktu references broadcast synchronization dan pengiriman data flooding. Sistem ini akan menjadwalkan pengiriman data yang akan dikirimkan. Untuk mendukung penjadwalan tersebut waktu lokal setiap node harus sama. Maka dari protokol references broadcast synchronization dipilih sebagai sinkronisasi waktu antar node. Kemudian penjadwalan pengirimannya menggunakan metode Time Division Multiple Access. Sinkronisasi waktu dan penjadwalan pengiriman data tersebut akan diterapkan untuk pengiriman data flooding. Pada hasil pengujian, setiap node pada jaringan WSN mampu mensinkronisasikan waktu waktunya sesuai dengan metode RBS. Kemudian penjadwalan dengan metode TDMA juga mampu diterapkan. Sehingga antar node dapat mengirimkan data sesuai dengan jadwal yang telah diberikan. Sistem ini juga mampu mengimplementasikan protokol flooding dengan baik. Node beacon juga mampu mengatasi masalah redundansi data yang terjadi dengan memberikan header pada setiap paket yang dikirim. Rata-rata delay pengiriman paket menggunakan flooding adalah 1869.2 ms.

Kata kunci: TDMA, sinkronisasi waktu, RBS, flooding, redundansi.

Abstract

Nowdays, technology is already evolve and help human in terms of obatinig information. One of the technology that being concern is Wireless Sensor Network (WSN). WSN is a wireless sensor network consisting of multiple nodes connected in one network. WSN technology has several delivery protocols one of which is Flooding Routing. Flooding is sending data by flooding the network with data to be sent. The problems that occur from Flooding is the occurrence a lot of data redundancy that will meet the network. Another problem facing the collision of data at the time of delivery due to local time difference. Therefore there will be data collisions that render the data unacceptable. In this research the author will solve the problems that occur in data transmission in WSN and Flooding by integrating the synchronization reference time synchronization instruction protocol and data flooding transmission. This system will schedule the sending of data to be sent. To support the scheduling the local time of each node must be the same. Therefore, the reference broadcast synchronization protocol is chosen as time synchronization between nodes. Furthermore, scheduling the delivery using Time Division Multiple Access method. Time synchronization and data transmission scheduling will be applied for the delivery of flooding data. Based on the result, each node on the WSN network is able to synchronize its timing according to the RBS method. Furthermore, the scheduling with TDMA method

is also capable of being applied. So, between nodes can send data in accordance with the schedule that has been given. The system also capable of implementing the flooding protocol well. Node beacons are also able to overcome the problem of data redundancy that occurs by providing a header on every packet sent. The average packet delivery delay using flood is 1869.2 micro seconds.

Keywords: TDMA, time synchronization, RBS, flooding, redundancy.

1. PENDAHULUAN

Teknologi semakin hari semakin menunjukkan perkembangan yang sangat pesat dalam hal untuk memperoleh informasi. Teknologi yang sedang menjadi perhatian salah satunya adalah Wireless Sensor Network. Wireless Sensor Network (WSN) adalah beberapa sensor node yang ada pada satu jaringan dan terhubung secara nirkabel. Node sensor yang dipakai pada satu jaringan ini memiliki ukuran yang minimalis, murah dan menggunakan baterai sebagai sumber dayanya. Beberapa sensor node tersebut akan ditempatkan pada wilayah yang ekstrem untuk melakukan monitoring dan bertukar informasi antar node. Semua informasi akan dikirimkan menuju node root yang berfungsi menampung data dari node sensor lainnya.

Pada saat awal teknologi WSN muncul mempunyai fitur yang digunakan sebagai teknologi pengumpul data, dimana data sensor dikumpulkan dari beberapa node yang tersebar pada satu wilayah. Pada fitur ini menyebabkan masalah baru yaitu data yang masuk pada node root tidak terjadi tabrakan data, sehingga semua data dari beberapa node dapat diterima tanpa adanya kendala tabrakan data. Salah satu metode untuk menghindari tabrakan data yaitu memberikan penjadwalan kepada setiap node yang akan mengirimkan datanya. Sehingga nantinya tidak akan ada node yang mengirimkan data di waktu yang sama sehingga tabrakan data dapat dihindarkan.

Selain permasalahan tersebut, Wireless Sensor Network juga memiliki beberapa jenis routing protokol yang umum diterapkan di lingkungan WSN salah satunya adalah routing flooding. Flooding adalah routing protokol yang paling sederhana, penyebaran informasi secara menyeluruh dengan metode broadcast paket ke seluruh node yang ada pada satu jaringan. Dimana routing protokol juga memiliki reliability yang sangat tinggi dan kemampuan menghemat energi. Akan tetapi masalah dari routing protokol flooding adalah terjadinya redundansi data atau pengulangan

data yang dikirimkan. Sehingga jalur akan penuh dengan paket tersebut.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis ingin mengusulkan sistem integrasi yang dapat mengatasi permasalahan pada pengiriman paket dengan menggunakan sinkronisasi waktu Reference Broadcast Synchronization (RBS) dan penjadwalan Time Division Multiple Access (TDMA) pada routing flooding. Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan sistem yang bisa mengatasi masalah tabrakan penerimaan data dan juga dapat menghemat konsumsi energi pada lingkungan WSN.

2. DASAR TEORI

2.1 Reference Broadcast Synchronization

Reference Broadcast Synchronization adalah metode penyetaraan waktu antar node di mana penerima menggunakan broadcast pada physical layer untuk membandingkan clock antar node. RBS mengizinkan node menerima paket sinkronisasi untuk menggunakan waktu kedatangan paket sebagai titik acuan sinkronisasi waktu. Untuk jaringan single-hop, algoritma RBS sangat sederhana, berikut tahap sinkronisasi pada metode RBS yaitu :

1. Node beacon broadcasts paket referensi kepada receiver.
2. Setiap receiver menyimpan waktu diterimanya paket menurut waktu local tiap receiver.
3. Receiver saling bertukar hasil observasi paket referensi (waktu observasi)
4. Receiver menghitung phase offset (perbedaan waktu) dengan rumus:

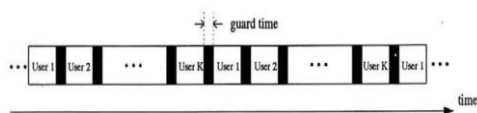
$$PO : \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (T_{j,k} - T_{i,k}) \quad (1)$$

Dimana m adalah banyak paket referensi, T_j merupakan waktu observasi node tetangga dan T_i adalah Waktu observasi node. Setelah nilai offset didapatkan, maka sinkronisasi waktu dapat dilakukan dengan mengolah nilai offset tersebut dengan waktu lokal. Cara tersebut dilakukan sampai ke pada node terakhir

ke node pertama selesai melakukan sinkronisasi waktu (Elson, et al., 2002).

2.2 Time Division Multiple Acces

Time Division Multiple Access (TDMA) adalah teknologi pada wireless sensor network yang menggunakan teknik multipleksi pembagian waktu. TDMA bekerja dengan membagi frekuensi radio ke dalam slot waktu yang dapat mendukung pemakaian aliran kanal data secara bersama-sama. Setiap pengirim memiliki waktu pengirimannya masing-masing. Misalnya node A hanya dapat mengirimkan data pada slot waktu yang telah diperuntukkan untuk node A. Node selain A tidak dapat mengirimkan data sampai waktunya sendiri. Diantara node waktu diberikan guard time yang berguna untuk waktu transisi mode dari tiap node (Aulia Arif D, 2016). Ilustrasi slot waktu pada TDMA dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi slot waktu TDMA

2.3 Flooding

Strategi sederhana untuk menyebarkan informasi ke jaringan atau untuk mencapai node di lokasi yang tidak diketahui adalah dengan membanjiri (flooding) seluruh jaringan. Sebuah node pengirim mengirimkan paket dengan broadcast ke tetangganya dan akan mengulangi proses ini dengan rebroadcasting paket ke tetangga mereka sendiri sampai semua node telah menerima paket atau paket telah mencapai jumlah maksimum hop. Dengan flooding, jika ada jalan ke tujuan destinasi (dan dengan asumsi komunikasi lossless), destinasi tujuan dijamin menerima data.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

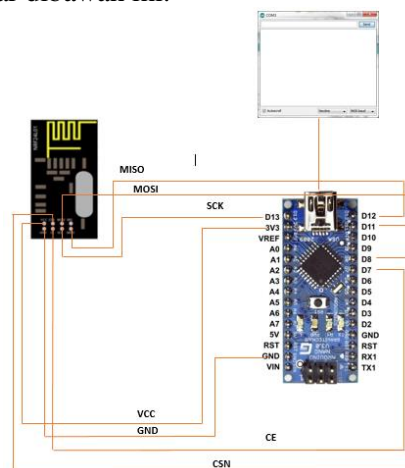
3.1. Perancangan Perangkat Node Beacon

Pada implementasi perangkat keras node beacon, komponen-komponen yang digunakan antara lain modul Transceiver nRf24l01, 7 buah kabel jumper, 1 buah kabel data dan mikrokontroler Arduino Nano. Pada Tabel 1 menjelaskan konfigurasi pin yang ada pada Arduino Nano dan Modul nRF24L01 yang digunakan untuk membangun node beacon.

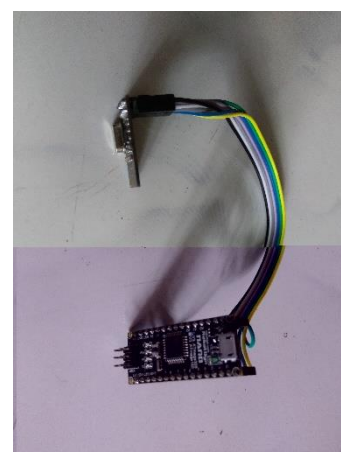
Tabel 1. Konfigurasi pin pada arduino nano dan nRF24L01

nRF24L01	Pin nRF24L01	Pin Nano
GND	1	GND
Vcc / 3.3V	2	VCC
CE	3	7
CSN	4	8
SCK	5	13
MOSI	6	11
MISO	7	12

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dibuat rancangan skematiknya. Rancangan skematik mewakili semua perangkat keras yang digunakan beserta konfigurasi pinnya. Rancangan skematiknya bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Skematik konfigurasi pin node beacon



Gambar 3. Skematik konfigurasi pin node beacon

3.2. Perancangan Perangkat Node Receiver

Pada implementasi perangkat keras node receiver, komponen-komponen yang digunakan antara lain modul nRf24l01, 12 buah kabel jumper, 1 buah kabel data, sensor DHT11, 1

buah breadboard dan mikrokontroler Arduino Nano. Pada Tabel 2 dan Tabel 3 menjelaskan konfigurasi pin yang ada pada Arduino Nano, Modul nRF24L01 dan sensor DHT 11 yang digunakan untuk membangun node receiver.

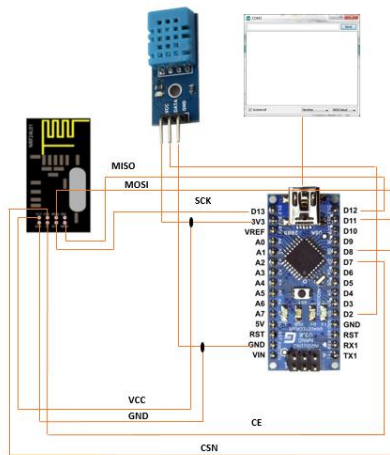
Tabel 2. Konfigurasi pin pada arduino nano dan nRF24L01

nRF24L01	Pin nRF24L01	Pin Nano
GND	1	GND
Vcc / 3.3V	2	VCC
CE	3	7
CSN	4	8
SCK	5	13
MOSI	6	11
MISO	7	12

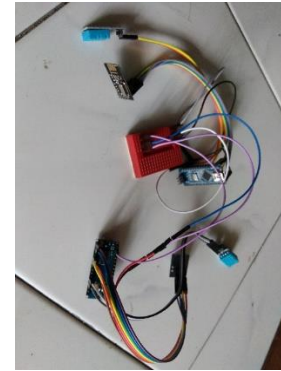
Tabel 3. Konfigurasi pin pada arduino nano dan nRF24L01

nRF24L01	Pin DHT11	Pin Nano
GND	1	GND
Vcc / 3.3V	2	VCC
DATA	3	D2

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dibuat rancangan skematiknya. Rancangan skematik mewakili semua perangkat keras yang digunakan beserta konfigurasi pinnya. Rancangan skematiknya bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



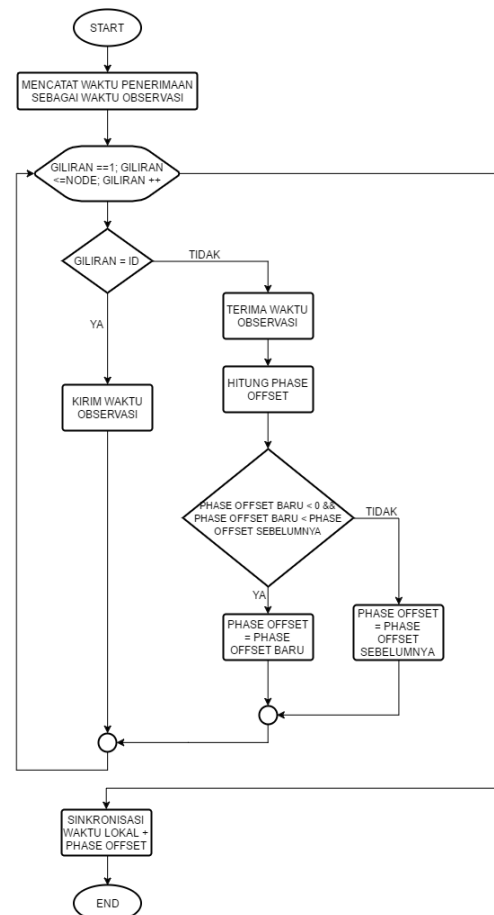
Gambar 4. Skematik konfigurasi pin node receiver



Gambar 5. Implementasi Rangkaian Node Receiver

3.3. Perancangan Metode Reference Broadcast Synchronization

Pada penelitian ini, sinkronisasi waktu antar node receiver menggunakan metode reference broadcast synchronization. Metode ini akan mensinkronisasi semua node receiver, sehingga nantinya node receiver mampu melakukan penjadwalan pengiriman. Berikut diagram alir metode Reference Broadcast Synchronization



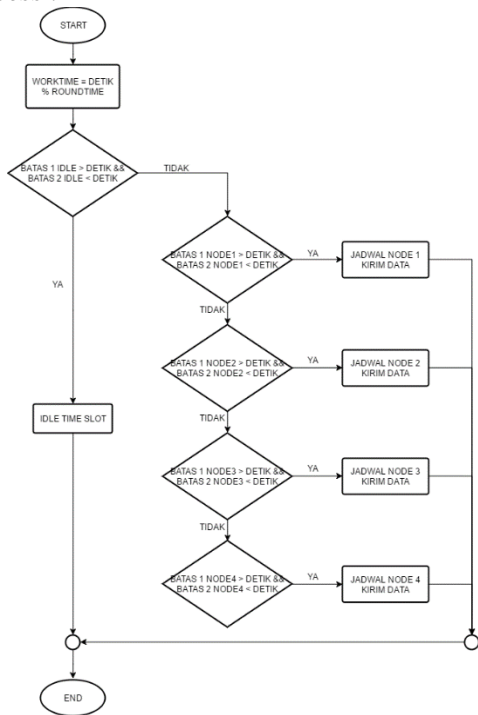
Gambar 6. Diagram alir fungsi perhitungan phase offset dan sinkronisasi waktu RBS

Berdasarkan Gambar 6 Node beacon mencatat waktu observasi yang kemudian

digunakan sebagai sinkronisasi dengan node lainnya. Jika giliran = id maka node tersebut akan mengirimkan waktu observasi. Jika tidak maka node tersebut akan menerima waktu observasi dan menghitung phase offsetnya. Jika phase offset yang didapat kuran dari phase offset sebelumnya maka phase offset = phase offset baru yang didapat. Jika tidak maka phase offset tersebut akan tetap.

3.4. Perancangan Metode Time Division Multiple Acces

Pada penelitian penjadwalan pengiriman antar node menggunakan metode Time Division Multiple Access. Metode ini nantinya akan membagi slot waktu untuk dipakai masing-masing node receiver agar dapat mengirimkan data ke node tetangganya. Berikut merupakan diagram alir metode Time Division Multiple Access :

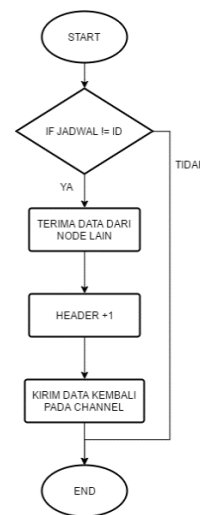


Gambar 7. Diagram alir fungsi memilih alokasi waktu pada penjadwalan TDMA

Receiver akan memilih penjadwalan TDMA sesuai dengan input yang dilakukan oleh user. Pertama menghitung worktime kemudian melakukan seleksi pada setiap batas 1 idle dan batas 2 idle. Jika node memenuhi batasnya maka node tersebut akan mengirimkan datanya. Sementara node lainnya akan berada pada kondisi idle.

3.5. Perancangan Metode Flooding

Metode flooding yang diimplementasikan pada penelitian ini yaitu node receiver harus mampu meneruskan data dari node tetangganya. Berikut merupakan diagram alir implementasi protokol flooding :

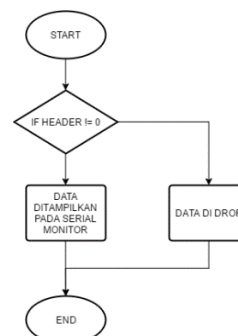


Gambar 8. Diagram alir fungsi untuk meneruskan data

Pada bagian merupakan implementasi dari routing flooding yang dimana data diteruskan ke node lainnya yang bersebelahan dengan node tersebut. Jika node pada kondisi idle maka akan menerima data dari node lainnya. Kemudian data yang diterima dimodifikasi pada bagian headernya dengan menambahkan 1. Setelah header dimodifikasi maka data tersebut akan dikirimkan kembali pada channel.

3.6. Perancangan fungsi redundansi data

Fungsi untuk menangani masalah redundansi dat akibat protokol pengiriman flooding diimplementasikan pada node beacon. Dimana node beacon akan menyeleksi data yang akan diterima dari node receiver. Berikut merupakan diagram alir implementasi pencegah redundansi data pada node beacon



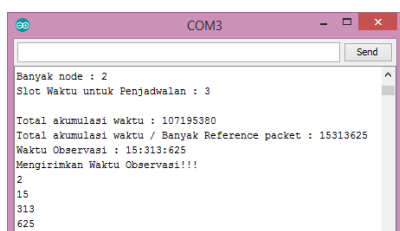
Gambar 9. Diagram alir fungsi untuk meneruskan data

Setiap data yang diterima oleh node beacon akan dibaca headernya. Apabila headernya tidak sama dengan nol maka data akan di drop. Apabila headernya sama dengan nol maka data akan dibaca dan ditampilkan pada serial monitor.

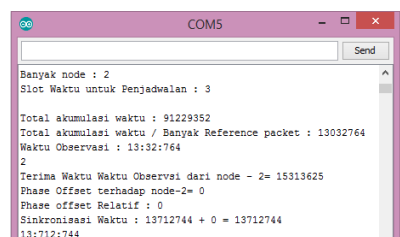
4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Pengujian Sinkronisasi waktu RBS

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati apakah node receiver mampu melakukan sinkronisasi waktu dengan metode references broadcast synchronization.



Gambar 10. Serial monitor node receiver saat mencatat waktu akumulasi

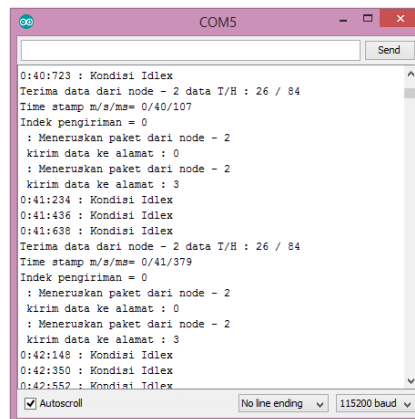


Gambar 11. Serial monitor node receiver saat menghitung phase offset dan sinkronisasi waktu

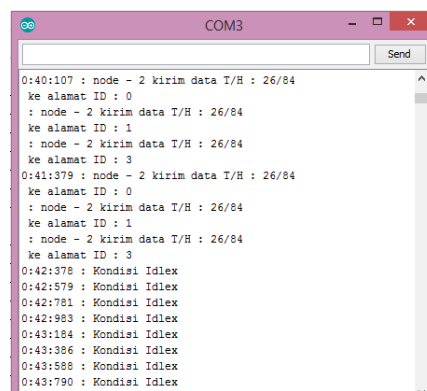
Semua node receiver mampu melakukan sinkronisasi waktu dengan menggunakan reference broadcast synchronization. Hal itu ditandai dengan waktu pada masing-masing node yang sama. Setelah sinkronisasi waktu selesai maka node receiver dapat melanjutkan pada tahap penjadwalan pengiriman.

4.2. Pengujian Penjadwalan Pengiriman TDMA

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah node receiver mampu melakukan penjadwalan untuk setiap node receiver menggunakan metode TDMA.



Gambar 12. Serial monitor node receiver 1 saat jadwal pengiriman data



Gambar 13. Serial monitor node receiver 2 saat jadwal idle

Semua node receiver mampu melakukan penjadwalan pengiriman dengan menggunakan TDMA. Hal itu ditandai dengan terjadinya silih berganti state yang terjadi antar node receiver. Sehingga tidak terjadi adanya penumpukan data yang ada pada channel 111. Hal ini juga menyebabkan efisiensi energi yang ada pada node receiver.

4.3. Pengujian Pengiriman Flooding

Pengujian flooding ini dilakukan agar kita mengetahui apakah sistem dapat menjalankan routing flooding pada saat pengiriman datanya. Pada pengujian ini menggunakan 1 node beacon dan 2 node receiver. Yang dimana nanti akan diujikan sebanyak 2 kali. Pada pengujian pertama akan dilihat apakah sistem dapat menjalankan flooding pada rentang waktu tertentu. Kemudian pengujian selanjutnya dilakukan dengan menambah rentang waktu pengujian.. Kemudian hasilnya dicatat untuk mengetahui apakah sistem dapat menjalankan flooding dengan semestinya. Berikut ini hasil

pengujian flooding yang diterapkan pada sistem.

Tabel 4. Percobaan pengiriman flooding dengan 5 data

Percobaan ke -	Beacon	Time Stamp		Keterangan	
		Receiver 1	Receiver 2		
Data Ke	1	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	0:40:107	0:40:723	Sukses
	2	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	0:41:379	0:41:638	Sukses
	3	Terima data dari node 2 dan 1. Data Node 1 di drop	0:43:790	0:43:157	Sukses
	4	Terima data dari node 2 dan 1. Data Node 1 di drop	0:44:703	0:44:427	Sukses
	5	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	0:46:210	0:46:636	Sukses
Rata - rata delay waktu pengiriman				1869.2 ms	

Tabel 5. Percobaan pengiriman flooding dengan 10 data

Percobaan ke -	Beacon	Time Stamp		Keterangan	
		Receiver 1	Receiver 2		
Data Ke	1	Terima data dari node 2 dan 1. Data Node 1 di	0:47:291	0:47:550	Sukses

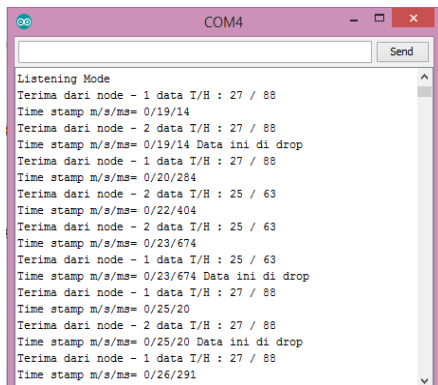
	drop			
2	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	0:49:702	0:49:690	Sukses
3	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	0:50:615	0:50:339	Sukses
4	Terima data dari node 2 dan 1. Data Node 1 di drop	0:52:134	0:52:750	Sukses
5	Terima data dari node 2 dan 1. Data Node 1 di drop	0:53:405	0:53:664	Sukses
6	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	0:55:816	0:55:183	Sukses
7	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	0:56:730	0:56:453	Sukses
8	Terima data dari node 2 dan 1. Data Node 1 di drop	0:58:470	0:58:663	Sukses
9	Terima data dari node 2 dan 1. Data Node 1 di drop	0:59:317	0:59:577	Sukses
10	Terima data dari node 1 dan 2. Data Node 2 di drop	1:1:728	1:1:950	Sukses
Rata - rata delay waktu pengiriman				2848.3 ms

Pengujian flooding yang dilakukan menggunakan 2 node receiver dan 1 node beacon dapat dikatakan berhasil. Hal ini mengacu pada tabel hasil pengujian diatas. Node

receiver 1 mampu menerima dan meneruskan paket data yang diterima dari node receiver 2. Selain menerima node receiver 1 juga mampu mengirimkan data sensor yang dimilikinya. Begitu pula sebaliknya yang terjadi pada node receiver 2. Node beacon disini mampu menerima semua data yang diterima dan melakukan seleksi data yang masuk dan untuk ditampilkan pada serial monitor. Waktu rata – rata yang diperlukan untuk melakukan pengiriman data oleh node receiver pada percobaan pertama dengan 5 data adalah 1869.2 ms. Sedangkan waktu rata – rata pada pengiriman data di node receiver pada percobaan kedua dengan 10 data adalah 2848.3 ms. Waktu rata-rata didapat dari selisih waktu pada saat node receiver 1 dan 2 mengirimkan data. Dari hasil pengujian diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak data yang dikirimkan, waktu yang diperlukan juga semakin banyak.

4.4. Pengujian pencegah redundansi data

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah node beacon mampu mencegah terjadinya duplikasi data yang terjadi akibat routing flooding.



Gambar 14. Serial Monitor Node Beacon saat melakukan seleksi data

Semua data yang dikirimkan oleh node receiver mampu diseleksi dengan baik oleh node beacon. Sehingga tidak terjadi duplikasi data yang diterima pada node beacon. Hal ini ditunjang oleh adanya header pada paket data tersebut. Header digunakan oleh node beacon untuk menyeleksi semua data yang masuk dan akan ditampilkan pada serial monitor.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil pengujian yang sudah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Implementasi sensor node terdiri dari dua komponen utama yaitu node beacon dan receiver yang masing masing terdiri dari mikrokontroller Arduino Nano, modul tranceiver nRF24L01 untuk node beacon dan ditambah dengan sensor DHT11 pada node receiver. Sensor node mampu melakukan tugas fungsionalnya dengan baik yaitu dalam hal mengirim, menerima data serta meneruskan data yang diterima.
2. Metode sinkronisasi waktu Reference Broadcast Synchronization yang diimplementasikan dapat menyamakan semua waktu antar node receiver. Namun untuk pemilihan alamat node mengalami kesulitan karena metode ini mengirimkan pesan broadcast sekali pada node receiver sehingga diperlukan tambahan inisialisasi menggunakan ID node. Proses penjadwalan TDMA bisa dilakukan jika node antar node receiver memiliki waktu yang sama. Hasil dari implementasinya adalah setiap node memiliki jadwal pengiriman data sesuai dengan hasil input user sehingga antar node tidak terjadi tabrakan data.
3. Routing flooding yang di implementasikan pada sistem ini mampu berjalan dengan baik. Data yang dikirimkan melalui channel 111 dapat diterima dengan baik oleh node beacon. Node receiver juga mampu mengimplementasikan atau meneruskan data yang diterimanya dengan baik. Sehingga data yang dikirimkan dapat terjamin bisa diterima oleh node beacon. Rata – rata delay pengiriman yang terjadi pada pengiriman data flooding adalah 1869.2 ms.
4. Pencegahan redundansi data pada sistem ini menggunakan header sebagai penandanya. Sehingga dengan membaca header node beacon dapat memilih data mana yang akan diterima dan ditampilkan pada serial monitor. Feedback yang diberikan yaitu adanya tampilan data di drop atau tidak pada serial monitor.

6. DAFTAR PUSTAKA

- AlSkaif, T., Zapata, M. G. & Boris, B., 2015. Game theory for energy efficiency in Wireless Sensor Networks: Latest trends. *Network and Computer Applications*.
- Chu, Y. et al., 2015. Application of reinforcement learning to medium access control for wireless sensor networks. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, pp. 23-32.
- Dargie, W. & Poellabauer, C., 2010. *FUNDAMENTALS OF WIRELESS SENSOR NETWORKS*. 1st ed. Singapore: Laserwords Private Limited.
- Dharmawan, A. A., 2016. Implementasi Metode Reference Broadcast Time Synchronization Dan Time Division Multiple.
- Elson, J. & Estrin, D., 2001. Time Synchronization for Wireless Sensor Networks. San Francisco, UCLA CS Technical Report 200028.
- Elson, J., Girod, L. & Estrin, D., 2002. Fine-Grained Network Time Synchronization using Reference Broadcasts. Boston, UCLA Computer Science Technical Report 020008.
- Kaur, B. & Kaur, A., 2013. A Survey of Time Synchronization Protocols for Wireless Sensor Networks. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2(9).
- Lasassmeh, S. M. & Conrad, J. M., 2010. Time synchronization in wireless sensor networks: A survey. *Proceedings of the IEEE SoutheastCon 2010 (SoutheastCon)*, pp. 242--245.
- Norouzi, A., Babamir, F. S. & Zaim, A. H., 2011. A Novel Energy Efficient Routing Protocol in Wireless Sensor Networks. *Wireless Sensor Network*, Volume 3, pp. 341-350.
- Pal, P. K. & Chatterjee, P., 2014. A Survey on TDMA-based MAC Protocols for Wireless Sensor Network. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(6).
- Sarvghadi, M. A. & Tat-CheeWan, 2016. Message Passing Based Time Synchronization in Wireless Sensor Networks: A Survey. *International Journal of Distributed Sensor Networks*.
- Wang, F. & Liu, J., 2011. *Networked Wireless Sensor Data Collection: IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, Volume 13.