

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN SINKRONISASI WAKTU DI WIRELESS
SENSOR NETWORK DENGAN ALGORITMA REFERENCE
BROADCAST SYNCHRONIZATION**



Joshua Riyadi

NPM: 2015730026

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2019**

UNDERGRADUATE THESIS

**DEVELOPMENT OF TIME SYNCHRONIZATION IN
WIRELESS SENSOR NETWORK WITH REFERENCE
BROADCAST SYNCHRONIZATION ALGORITHM**



Joshua Riyadi

NPM: 2015730026

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SINKRONISASI WAKTU DI WIRELESS SENSOR NETWORK DENGAN ALGORITMA REFERENCE BROADCAST SYNCHRONIZATION

Joshua Riyadi

NPM: 2015730026

Bandung, 13 Mei 2019

Menyetujui,

Pembimbing

Elisati Hulu, M.T.

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Luciana Abednego, M.T.

Chandra Wijaya, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PENGEMBANGAN SINKRONISASI WAKTU DI WIRELESS SENSOR NETWORK DENGAN ALGORITMA REFERENCE BROADCAST SYNCHRONIZATION

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 13 Mei 2019

Meterai Rp. 6000

Joshua Riyadi
NPM: 2015730026

ABSTRAK

PENGEMBANGAN SINKRONISASI WAKTU DI WIRELESS SENSOR NETWORK DENGAN ALGORITMA REFERENCE BROADCAST SYNCHRONIZATION

JOSHUA RIYADI
2015730026

Waktu merupakan hal penting dalam sebuah aplikasi berbasis waktu. Pada sebuah jaringan *Wireless Sensor Network* (WSN) tidak semua sensor dapat menyimpan nilai waktu yang aktual karena tidak semua sensor dilengkapi dengan *Global Positioning System* (GPS). Diperlukan sebuah sistem untuk melakukan sinkronisasi waktu agar sensor yang berada pada sebuah jaringan WSN dapat memiliki nilai waktu yang aktual. Dengan dibangunnya sebuah perangkat lunak yang dapat melakukan sinkronisasi waktu, sensor yang tidak dilengkapi dengan GPS dapat memiliki nilai waktu aktual.

Pada Skripsi ini telah dibangun sebuah perangkat lunak untuk melakukan sinkronisasi waktu pada sebuah jaringan WSN. Pembangunan perangkat lunak untuk melakukan sinkronisasi waktu menggunakan algoritma *Reference Broadcast Synchronization* (RBS). Dengan menggunakan algoritma RBS, sensor node yang ada pada jaringan WSN akan mendapat sebuah nilai referensi waktu yang aktual. Setiap sensor yang mendapatkan sebuah nilai referensi waktu akan melakukan pertukaran nilai referensi waktu dengan sensor lain. Nilai pertukaran waktu tersebut digunakan untuk melakukan sinkronisasi waktu pada sensor.

Telah dilakukan pengujian kinerja dari algoritma RBS dengan algoritma *Flooding Time Synchronization Protocol* (FTSP). Perbandingan dilakukan dengan melakukan eksperimen yang menghasilkan sebuah nilai selisih waktu yang dimiliki sensor dengan sumber referensi (delta). Dengan menggunakan nilai delta tersebut, telah dilakukan perbandingan kinerja dari algoritma RBS dengan algoritma FTSP. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa nilai akurasi algoritma FTSP lebih baik dibandingkan akurasi algoritma RBS. Dengan demikian terbukti bahwa tingkat akurasi dari algoritma RBS memang lebih kecil dibandingkan algoritma FTSP yang menggunakan beberapa algoritma untuk melakukan sinkronisasi waktu (salah satu algoritma yang digunakan adalah algoritma RBS).

Kata-kata kunci: *Wireless Sensor Network*, Sinkronisasi Waktu, *Reference Broadcast Synchronization*, *Flooding Time Synchronization Protocol*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF TIME SYNCHRONIZATION IN WIRELESS SENSOR NETWORK WITH REFERENCE BROADCAST SYNCHRONIZATION ALGORITHM

JOSHUA RIYADI
2015730026

Time is crucial on time-based applications. On Wireless Sensor Network (WSN) not all sensors can save actual time value because not all sensors are equipped by Global Positioning System (GPS). Needed a system to synchronize time in order for the sensor that is located on a network of WSN can have the actual time value. With the building of a software that can synchronize time, sensors that are not equipped by GPS can have the actual time value.

On this final project will be built a software to synchronize time on a network of WSN. Development of software to synchronize time using Reference will be using Broadcast Referenc Synchronization (RBS) algorithm. By using RBS algorithmS, sensor nodes in WSN network will get a reference value of actual time. Any sensor that gets a value of a reference time will exchange value of the reference time with other sensors. Value Exchange time will be used to synchronize the time on the sensor.

Has been done performance testing of RBS algorithm with Flooding Time Synchronization Protocol algorithm (FTSP). The comparison will be done by conducting experiments that will yield a value owned by sensor with reference sources value (delta). By using the value of the delta, will be done a comparison performance between RBS algorithm and FTSP algorithm. Based on the test results obtained, accuracy value of FTSP algorithm is better than RBS. Looking from the experiment result, the accuracy level of RBS algorithm is smaller than FTSP algorithm. FTSP algorithm use some algorithm to synchronize time (one of the algorithms used are algoritma RBS).

Keywords: Wireless Sensor Network, Time Synchronization, Reference Broadcast Synchronization, Flooding Time Synchronization Protocol

Skripsi ini saya persembahkan untuk Tuhan Yang Maha Esa, kedua orang tua saya, kedua adik saya, dan teman-teman yang selalu membantu saya dalam perkuliahan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan bimbingannya selama ini hingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul Pengembangan Sinkronisasi Waktu di "*Wireless Sensor Network Dengan Algoritma Reference Broadcast Synchronization*". Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat kelulusan program sarjana (S1).

Selama penulisan skripsi ini banyak hambatan yang harus dihadapi namun semua hambatan tersebut dapat dilewati dengan adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- Mamah dan papah serta adik-adik tersayang yang telah memberikan dukungan selama pengerjaan skripsi berlangsung.
- Bapak Elisati, selaku pembimbing utama skripsi yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama pengerjaan skripsi.
- Ibu Natalia yang telah bersedia memberikan bantuan informasi mengenai penulisan skripsi.
- Anak-anak bimbingan Bapak Elisati (Felicia, Jonathan, Dandy) yang hampir setiap hari mengerjakan skripsi bersama dan saling memberikan dukungan moral.
- Teman-teman yang telah memberikan bantuan material maupun spritual (Yudhistira, Thoby, Sutyoso, Himawan, dan rekan-rekan yang lain).
- Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan di sini satu persatu.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi masyarakat umum.

Bandung, Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Pembahasan	2
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Wireless Sensor Network	5
2.1.1 Definisi Wireless Sensor Network	5
2.1.2 Jenis Node	5
2.1.3 Node Sensor	5
2.1.4 Struktur Wireless Sensor Node	6
2.1.5 Komunikasi Wireless Sensor Network	6
2.1.6 Tipe Aplikasi Wireless Sensor Network	7
2.1.7 Topologi Jaringan Wireless Sensor Network	8
2.2 Sinkronisasi Waktu	11
2.2.1 Halangan Dalam Sinkronisasi Waktu	11
2.2.2 Komunikasi Sinkronisasi Waktu	11
2.2.3 Komponen yang Mempengaruhi Perhitungan Waktu	13
2.3 Algoritma pada Sinkronisasi Waktu	14
2.3.1 <i>Time-Sync Protocol for Sensor Network</i>	14
2.3.2 <i>Time Diffusion Synchronizaton Protocol</i>	14
2.3.3 <i>Flooding Time Synchronization Protocol (FTSP)</i>	15
2.3.4 <i>Reference-Broadcast Synchronization (RBS)</i>	15
2.4 Sensor Preon32 Shuttle	18
2.4.1 Fitur yang Dimiliki	18
2.4.2 Sistem Operasi yang Digunakan	19
2.4.3 Kemampuan yang Dimiliki Sensor Preon32Shuttle	20
2.5 Library WSN yang Digunakan	21
3 ANALISIS MASALAH	23
3.1 Analisis Perangkat Lunak	23
3.1.1 Deskripsi Perangkat Lunak yang akan Dibangun	23

3.1.2	Analisis Algoritma Reference Broadcast Synchronization	24
3.2	Kebutuhan Perangkat Lunak	29
3.2.1	Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak	29
3.2.2	Use Case Diagram	29
3.2.3	Skenario	30
3.2.4	Format Pesan Pengiriman	31
3.2.5	Kelas Diagram Sederhana	32
4	PERANCANGAN	35
4.1	Perancangan Format Pesan	35
4.2	Perancangan Interaksi antar Node Sensor	36
4.3	Diagram Kelas Detil	39
4.4	Perancangan Masukan dan Keluaran Perangkat Lunak	44
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	45
5.1	Lingkungan Perangkat Lunak	45
5.2	Lingkungan Perangkat Keras	45
5.3	Implementasi Perangkat Lunak	46
5.4	Pengujian Perangkat Lunak	48
5.4.1	Pengujian Fungsional Perangkat Lunak Sinkronisasi Waktu	48
5.4.2	Pengujian Sinkronisasi Waktu Menggunakan Algoritma RBS	48
5.4.3	Pengujian Perbandingan Algoritma RBS dan FTSP	52
6	KESIMPULAN DAN SARAN	57
6.1	Kesimpulan	57
6.2	Saran	57
	DAFTAR REFERENSI	59
	A KODE PROGRAM	61
	B HASIL EKSPERIMEN	71

DAFTAR GAMBAR

2.1	Komponen dasar sensor node	6
2.2	Komunikasi single-hop dan multi-hop	7
2.3	Topologi point-to-point	8
2.4	Topologi bus	8
2.5	Topologi linear	9
2.6	Topologi ring	9
2.7	Topologi star	9
2.8	Topologi tree	10
2.9	Topologi mesh	10
2.10	One-way Message Exchanges	12
2.11	Two-way Message Exchanges	12
2.12	Receiver-Receiver Message Exchanges	13
2.13	End-to-end delay	14
2.14	Pseudocode FTSP	15
2.15	Cara kerja algoritma Reference-Broadcast Synchronization	16
2.16	Langkah pertama Algoritma Reference-Broadcast Synchronization	17
2.17	Langkah kedua Algoritma Reference-Broadcast Synchronization	17
2.18	Langkah ketiga Algoritma Reference-Broadcast Synchronization	17
2.19	Pseudocode RBS	18
2.20	Sensor Preon 32 Shuttle	18
2.21	Sistem Operasi pada Wireless Sensor Network	20
3.1	Arsitektur Perangkat Lunak	24
3.2	Topologi single-hop	25
3.3	Topologi multi-hop	26
3.4	Perhitungan Sinkronisasi Waktu	27
3.5	Topologi Single-hop yang Digunakan	28
3.6	Topologi Multi-hop yang Digunakan	28
3.7	Use case diagram	30
3.8	Kelas Diagram Sederhana Wireless Sensor Network	32
3.9	Kelas Diagram Sederhana Wireless Sensor Network	33
3.10	Kelas Diagram Sederhana Koneksi <i>Command Prompt</i>	34
4.1	Diagram Sekuen Sinkronisasi Waktu	37
4.2	Diagram Sekuen Minta Waktu Sensor	38
4.3	Diagram Sekuen Minta Waktu Sensor	39
4.4	Kelas Diagram Detil Koneksi Wireless Sensor Network	39
4.5	Kelas Diagram Detil Koneksi Wireless Sensor Network	41
4.6	Kelas Diagram Detil Koneksi CMD	43
5.1	Tampilan Awal Perangkat Lunak	47
5.2	Tampilan Masukan 1 Perangkat Lunak	47
5.3	Tampilan Masukan 2 Perangkat Lunak	47

5.4	Tampilan Masukan 3 Perangkat Lunak	48
5.5	Grafik Perbandingan dengan Jumlah Referensi Sebanyak 2	52
5.6	Grafik Perbandingan dengan Jumlah Referensi Sebanyak 5	53
5.7	Grafik Perbandingan dengan Jumlah Referensi Sebanyak 10	53
5.8	Grafik Perbandingan dengan Jumlah Referensi Sebanyak 15	54
5.9	Grafik Perbandingan dengan Jumlah Referensi Sebanyak 25	54
5.10	Grafik Hasil Akhir Perbandingan Single-hop	55
5.11	Grafik Hasil Akhir Perbandingan Multi-hop	55
B.1	Percobaan Pertama dengan 2 Referensi	72
B.2	Percobaan Pertama dengan 5 Referensi sensor BABE dan CABE	73
B.3	Percobaan Pertama dengan 5 Referensi sensor DABE dan EABE	74
B.4	Percobaan Pertama dengan 10 Referensi sensor DABE dan EABE	75
B.5	Percobaan Pertama dengan 10 Referensi sensor BABE dan CABE	76
B.6	Percobaan Pertama dengan 15 Referensi sensor BABE dan CABE	77
B.7	Percobaan Pertama dengan 15 Referensi sensor BABE dan CABE	78
B.8	Percobaan Pertama dengan 15 Referensi sensor DABE dan EABE	79
B.9	Percobaan Pertama dengan 15 Referensi sensor DABE dan EABE	80
B.10	Percobaan Pertama dengan 25 Referensi sensor BABE dan CABE	81
B.11	Percobaan Pertama dengan 25 Referensi sensor BABE dan CABE	82
B.12	Percobaan Pertama dengan 25 Referensi sensor BABE dan CABE	83
B.13	Percobaan Pertama dengan 25 Referensi sensor DABE dan EABE	84
B.14	Percobaan Pertama dengan 25 Referensi sensor DABE dan EABE	85
B.15	Percobaan Pertama dengan 25 Referensi sensor DABE dan EABE	86
B.16	Percobaan Pertama dengan 3 Referensi	87
B.17	Percobaan Pertama dengan 3 Referensi	88

DAFTAR TABEL

2.1	Tabel jenis sensor	6
3.1	Contoh Pehitungan Sinkronisasi Waktu	27
3.2	Tabel skenario melakukan sinkronisasi waktu	30
3.3	Tabel skenario melihat waktu sensor	31
3.4	Tabel skenario memberhentikan dan keluar dari program	31
4.1	Tabel Format Pesan Melakukan Sinkronisasi Waktu	35
4.2	Tabel Format Pesan Meminta Waktu Lokal Sensor	35
5.1	Spesifikasi Perangkat Lunak yang Digunakan	45
5.2	Spesifikasi Perangkat Keras yang Digunakan	45
5.3	Spesifikasi Sensor yang Digunakan	45
5.4	Hasil Pengujian dengan 2 Referensi	49
5.5	Hasil Pengujian dengan 5 Referensi	49
5.6	Hasil Pengujian dengan 10 Referensi	50
5.7	Hasil Pengujian dengan 15 Referensi	50
5.8	Hasil Pengujian dengan 25 Referensi	51
5.9	Hasil Pengujian dengan 3 Referensi	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, teknologi sudah semakin berkembang dan menjadi bagian dari kehidupan manusia. Teknologi yang sekarang ini sedang berkembang antara lain adalah *Wireless Sensor Network* (WSN). *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan suatu jaringan wireless yang terdiri dari kumpulan sensor node yang bersifat fleksibel, dimana struktur dari WSN tersebut dapat tetap berjalan dengan baik apabila ada sebuah sensor yang rusak atau ada penambahan jumlah sensor. Kumpulan sensor node tersebut terhubung secara *ad hoc* serta mendukung komunikasi secara single-hop maupun multi-hop. Istilah *ad hoc* yang dimaksud menjelaskan kemampuan dari node untuk berkomunikasi secara langsung antar node tanpa membutuhkan infrastruktur jaringan seperti router. Sedangkan single-hop menjelaskan komunikasi secara langsung dengan sensor node tujuan dan komunikasi secara multi-hop menjelaskan komunikasi dilakukan secara *relay* antar node untuk mencapai suatu node tujuan. Ada beberapa jenis topologi yang umum digunakan yaitu, topologi *star*, topologi *peer to peer*, topologi *tree*, dan topologi *mesh*.

Kebanyakan aplikasi yang dibangun sekarang ini berbasis waktu. Pada umumnya sensor tidak menyimpan waktu lokal saat sensor tersebut mati. Sensor dikatakan mati apabila sensor tersebut kehabisan sumber daya atau mengalami kerusakan yang mengakibatkan sensor tersebut tidak dapat menyala. Apabila sensor yang mati dinyalakan kembali, sensor tersebut masih belum sinkron dengan sensor-sensor lainnya karena sensor akan secara otomatis melakukan penetapan waktu yang dimiliki sesuai dengan waktu standar yaitu pada tanggal 1 Januari 1970 yang disebut sebagai *unix time*. Sedangkan agar sebuah sensor dapat bekerja dengan maksimal, sensor harus sinkron dengan sensor lainnya pada WSN. Oleh karena itu, agar setiap sensor pada WSN dapat melakukan sinkronisasi dan menyimpan waktu lokal, dibutuhkan aplikasi yang dapat melakukan sinkronisasi waktu pada WSN. Ada beberapa jenis algoritma yang dapat digunakan untuk melakukan sinkronisasi waktu di WSN. Algoritma tersebut antara lain *Reference Broadcast Synchronization* (RBS), *Flooding Time Synchronization Protocol* (FTSP), dan *Timing-sync Protocol for Sensor Networks* (TPSN).

Pada skripsi ini dibuat sebuah perangkat lunak yang dapat melakukan sinkronisasi waktu di WSN dengan menggunakan algoritma *Reference Broadcast Synchronization* di mana algoritma RBS tidak menangani *reliability* data pada saat pengiriman pesan dilakukan. *Reliability* data adalah jaminan bahwa sebuah pesan akan sampai pada tujuan pesan tersebut dikirimkan. Pembentukan perangkat lunak akan menggunakan topologi jaringan *mesh* yang dapat digunakan pada jenis komunikasi secara single-hop dan multi-hop. Pemilihan topologi yang digunakan akan dibahas lebih lengkap pada bab 3. Pada skripsi ini juga akan dilakukan perbandingan hasil analisis kinerja dari penggunaan algoritma *Reference Broadcast Synchronization* dengan algoritma *Flooding Time Synchronization Protocol*. Perbandingan dilakukan dengan mengukur selisih nilai waktu sensor yang telah disinkronisasi dengan nilai waktu aktual.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang akan dibahas, antara lain:

1. Bagaimana membangun aplikasi untuk melakukan sinkronisasi waktu node-node pada WSN ?
2. Bagaimana cara menerapkan algoritma *Reference Broadcast Synchronitzation* ?
3. Bagaimana cara membandingkan hasil analisis kinerja algoritma *Reference Broadcast Synchronization* dengan algoritma *Flooding Time Synchronization Protocol* ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun aplikasi sinkronisasi waktu pada WSN dengan menggunakan algoritma *Reference Broadcast Synchronization*.
2. Melakukan perbandingan kinerja antara algoritma *Reference Broadcast Synchronization* dengan algoritma *Flooding Time Synchronization Protocol*.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan terkait penelitian yang dilakukan antara lain:

1. *reliability* data tidak menjadi fokus utama dalam pembentukan perangkat lunak sinkronisasi waktu.
2. Perangkat lunak melakukan sinkronisasi waktu sederhana, hanya memperhitungkan *clock offset*.
3. Jumlah sensor node yang digunakan hanya sebanyak 6 buah sensor node pada pengujian yang dilakukan.

1.5 Metodologi

Langkah langkah yang akan ditempuh dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Melakukan studi literatur terkait *Wireless Sensor Networ*.
2. Melakukan studi literatur terkait algoritma *Reference Broadcast Synchronization*.
3. Menentukan topologi jaringan yang akan digunakan.
4. Mempelajari cara menggunakan *library* WSN pada java.
5. Mempelajari cara menggunakan platform eclipse.
6. Merancang perangkat lunak dan mengimplementasikan algoritma *Reference Broadcast Synchronization*.
7. Melakukan pengujian terhadap aplikasi yang telah dibuat.
8. Melakukan analisa terhadap perangkat lunak yang telah dibuat.

1.6 Sistematika Pembahasan

Dokumentasi dari penelitian ini akan dituliskan dalam enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

Bab 1 akan membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, serta metodologi penelitian yang menjadi acuan dari penelitian ini.

Bab 2 memuat landasan teori yang akan digunakan dalam penelitian ini. Antara lain berisi teori mengenai pengertian dari *Wireless Sensor Network*, pengertian serta jenis sinkronisasi waktu pada *Wireless Sensor Network*, penjelasan mengenai algoritma sinkronisasi waktu terutama algoritma *Reference Broadcast Synchronization*, topologi jaringan, dan deskripsi singkat sensor *Preon32*.

Bab 3 memuat analisis dan spesifikasi dari perangkat lunak yang akan dibangun. Seperti analisis algoritma yang akan digunakan, usecase dan skenario perangkat lunak, format pesan komunikasi antar sensor, dan kelas diagram sederhana perangkat lunak.

Bab 4 berisikan perancangan interaksi antar sensor node rinci fitur-fitur dari perangkat lunak, format pesan yang digunakan, kelas diagram detil beserta deskripsi atribut dan method, dan format masukan dan keluaran dari perangkat lunak.

Bab 5 berisikan implementasi perangkat lunak sesuai dengan kelas-kelas yang telah dirancang dan hasil pengujian perangkat lunak beserta pengujian perbandingan algoritma *Reference Broadcast Synchronization* dengan algoritma *Flooding Time Synchronization Protocol*.

Bab 6 memuat kesimpulan setelah membangun perangkat lunak dan melakukan percobaan beserta saran dari penulis untuk pengembangan perangkat lunak yang lebih baik.