

## Sinkronisasi Waktu pada *Wireless Sensor Network* berbasis Protokol *ESP-Now* menggunakan Algoritma *Reference Broadcast Synchronization* pada *Topology Mesh*

Willy Septian Andreas Sigalingging<sup>1</sup>, Agung Setia Budi<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>willysgl@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>agungsetiabudi@ub.ac.id

### Abstrak

Reference Broadcast Synchronization (RBS) adalah metode yang digunakan untuk menyinkronkan waktu antara perangkat dalam jaringan komputer dengan topologi mesh. Topologi mesh adalah jenis topologi jaringan di mana setiap perangkat terhubung langsung dengan setiap perangkat lainnya. Dalam lingkungan jaringan mesh, RBS menjadi penting karena memastikan bahwa semua perangkat memiliki waktu yang sama, yang krusial dalam banyak aplikasi seperti komunikasi real-time dan koordinasi tugas. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan gambaran tentang metode Reference Broadcast Synchronization dalam konteks topologi mesh. Penelitian ini menjelaskan konsep dasar RBS, di mana satu perangkat yang disebut sebagai sumber referensi secara periodik menyebarkan sinyal waktu ke seluruh jaringan. Perangkat lain dalam jaringan menerima sinyal ini dan menggunakan informasi waktu yang terkandung di dalamnya untuk menyelaraskan waktu lokal mereka. Sistem ini dirancang untuk melakukan sinkronisasi waktu pada jaringan WSN dengan mikrokontroler ESP8266 dengan Library Millis yang memiliki topologi mesh. Sinkronisasi dilakukan menggunakan Algoritma Reference Broadcast Synchronization (RBS) yang tak hanya dapat menyinkronkan waktu dalam jaringan, namun juga dapat menekan penggunaan sumber daya. Protokol komunikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah ESP-Now, media komunikasi nirkabel yang memungkinkan komunikasi dua arah sehingga membantu pengaplikasian algoritma RBS. Sinkronisasi Waktu pada *Mesh Topology Wireless Sensor Network* Berbasis Protokol *ESP-Now* Menggunakan Algoritma *Reference Broadcast Synchronization* (RBS) memiliki tingkat error sebesar 23-391 Millisekon pada Node pertama dengan rata-rata 201 millisekon dan 69-307 millisekon pada Node kedua dengan rata-rata 178 millisekon, dan 18-451 millisekon pada Node ketiga dengan rata-rata 169 millisekon

**Kata kunci:** Wireless Sensor Network, Reference Broadcast Synchronization, Sinkronisasi Waktu, ESP8266, ESP-Now, Millis.

### Abstract

*Reference Broadcast Synchronization (RBS) is a method used to synchronize time between devices in a mesh network topology. In a mesh network environment, RBS becomes crucial as it ensures that all devices have the same time, which is essential in many applications such as real-time communication and task coordination. This research aims to provide an overview of the Reference Broadcast Synchronization method in the context of a mesh topology. The study explains the basic concept of RBS, where one device, called the reference source, periodically broadcasts a time signal to the entire network. Other devices in the network receive this signal and use the time information contained in it to synchronize their local time. The system is designed to perform time synchronization on a Wireless Sensor Network (WSN) with ESP8266 microcontrollers using the Millis library in a mesh topology. The synchronization is achieved using the Reference Broadcast Synchronization (RBS) algorithm, which not only synchronizes time within the network but also helps conserve resources. The communication protocol used in this research is ESP-Now, a wireless communication medium that enables two-way communication, thereby facilitating the implementation of the RBS algorithm. Time Synchronization on Mesh Topology Wireless Sensor Network Based on ESP-Now Protocol Using Reference Broadcast Synchronization (RBS) Algorithm has an error rate of 23-391 milliseconds on the first node with an average of 201 milliseconds, 69-307 milliseconds on the second node with an average of 178 milliseconds, and 18-451 milliseconds on the third node with an average of 169 milliseconds.*

**Keywords:** *Wireless Sensor Network, RBS, ESP8266, ESP-Now, Millis.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada sebuah sistem komputer terdistribusi akan memiliki node yang memiliki clock dan gagasan atas waktu tersendiri. Untuk itu diperlukan skala waktu bersama sehingga semua node memiliki satu paham/tujuan yang sama atas waktu yang sebenarnya. Sinkronisasi waktu pada sistem jaringan komputer penting untuk diperhatikan karena setiap aspek terbagi menjadi managing, planning, securing dan debugging dalam jaringan memerlukan informasi waktu atas terjadinya suatu event/process. Waktu juga menyediakan sebuah set kriteria atau nilai yang akan digunakan untuk melakukan pengukuran/pengujian pada setiap node dalam jaringan secara menyeluruh.

Secara umum, Time synchronization (sinkronisasi waktu) adalah proses yang diperlukan untuk memastikan waktu yang sama di seluruh jaringan komputer atau sistem terdistribusi. Sinkronisasi waktu adalah penting karena banyak aplikasi yang memerlukan waktu yang akurat untuk bekerja dengan benar. Misalnya, dalam jaringan telekomunikasi, waktu yang akurat diperlukan untuk memastikan transmisi data yang efisien, terutama dalam transmisi data multimedia yang memerlukan waktu yang tepat untuk sinkronisasi audio dan video. Dalam jaringan sensor nirkabel, waktu yang akurat diperlukan untuk memastikan pengukuran sensor yang akurat dan sinkronisasi waktu yang akurat diperlukan dalam komputasi terdistribusi, seperti pengaturan waktu tugas dan proses.

Wireless Sensor Network merupakan sistem atas dua atau lebih node yang memiliki arsitektur node antara lain: sensing subsystem, processing subsystem dan communication subsystem. ESP-NOW adalah protokol komunikasi nirkabel yang dikembangkan oleh Espressif, produsen mikrokontroler dan perangkat IoT. Protokol ini dirancang khusus untuk pengiriman data dalam jaringan nirkabel berdaya rendah dan berkinerja tinggi. ESP-NOW didasarkan pada teknologi WiFi yang sama dengan mikrokontroler ESP8266 dan ESP32. ESP-NOW dirancang untuk memudahkan pengiriman data nirkabel antar perangkat dalam jarak yang dekat, seperti antara sensor dan aktuator dalam sebuah jaringan IoT. Protokol ini dapat mengirim data dalam mode

dua arah, yaitu unicast dan broadcast, dengan latensi rendah dan konsumsi daya yang efisien. Salah satu kelebihan ESP-NOW adalah kemampuannya untuk beroperasi dalam mode "deep sleep", di mana perangkat dapat mematikan seluruh komponen kecuali modul WiFi untuk menghemat daya baterai. Selain itu, ESP-NOW juga mendukung enkripsi data untuk keamanan komunikasi. ESP-NOW telah digunakan dalam berbagai aplikasi IoT, seperti sistem pemantauan lingkungan, sistem keamanan, dan kendali jarak jauh. Protokol ini mudah digunakan dan mendukung banyak bahasa pemrograman, sehingga dapat diintegrasikan dengan mudah dengan berbagai platform dan perangkat lain.

Pada penelitian ini, penulis mencoba mencari solusi sinkronisasi waktu WSN yang menggunakan protokol ESP-Now menggunakan metode sinkronisasi Reference Broadcast Synchronization (RBS). Reference Broadcast Synchronization (RBS) merupakan salah satu algoritma sinkronisasi waktu Wireless System Network. Beberapa algoritma lainnya antara lain seperti Lightweight Tree-Based Synchronization (LTS), Timing-sync Protocol for Sensor Networks (TPSN), Flooding Time Synchronization Protocol (FTSP), dll. Penulis memilih Reference Broadcast Synchronization (RBS) karena protokol ini menggunakan dapat digunakan untuk memastikan sinkronisasi yang akurat di seluruh jaringan. Hal ini bersesuaian dengan topologi mesh pada WSN yang akan dikaji dalam penelitian ini.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Blok Diagram Sistem

Alur jalannya sistem sinkronisasi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 blok diagram sistem sinkronisasi terdapat 3 tahapan yaitu input, proses, dan output. Tahapan input yaitu seluruh node dalam jaringan terkoneksi satu sama lain secara struktur *tree* dan masing-masing node

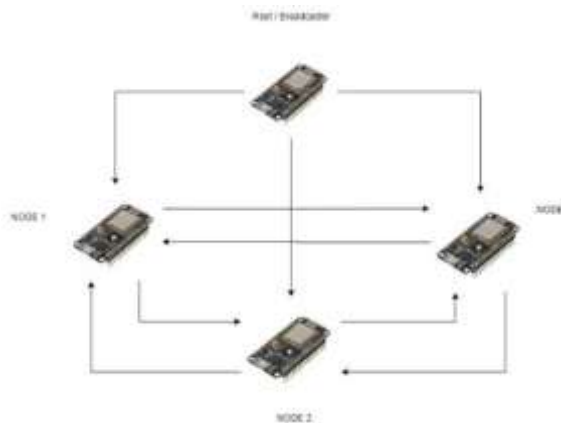
sudah dipasangkan modul RTC. Pada bagian proses, root node dalam jaringan akan menginisiasi sinkronisasi waktu secara centralized ke seluruh node menggunakan metode LTS dengan cara menghitung offset berdasarkan data *timestamp* sender dan receiver. Sinkronisasi dilakukan satu per satu antara node dan node dibawahnya sebanyak jumlah level dalam tree. Setelah tersinkronisasi maka output dari proses adalah jam RTC seluruh *node non-root* yang telah tersinkron dengan jam RTC root.

**No Spesifikasi**

1. Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106 80MHz
2. Memori 4MB
3. SRAM 128KB
4. konektivitas Wi-Fi: 802.11 b/g/n/ (802.11n @20 MHz up to 72.2 Mbit/s) dan ESP-NOW

**2.2. Perancangan Sistem**

Sinkronisasi dirancang seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Perancangan Sistem

Sistem akan menggunakan 4 (empat) node dengan konfigurasi sebagai berikut: satu node berperan sebagai root node, dan tiga node berperan sebagai receiver node. Setiap node merupakan ESP8266 yang terhubung menggunakan media komunikasi nirkabel ESP-NOW dengan menuruti topologi mesh. Berikut spesifikasi ESP8266



Gambar 3. Diagram Alir

Gambar 3 menjelaskan Diagram Alir sistem. Implementasi metode RBS dilakukan dengan cara menghitung offset berdasarkan data *node 1, node 2, dan node 3*.

Sistem dimulai dengan broadcaster node mengirim data ke semua Receiver node yang terhubung dengan MAC address nya {0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF}. Kemudian saat semua node menerima data dari broadcaster, data tersebut akan di proses dan node akan saling membagi waktu mereka (Sharing Time). Hasil sharing waktu tersebut akan masuk kedalam array yang di buat pada masing-masing node. Array tersebut akan menjadi wadah untuk tempat penyimpanan waktu hasil sharing. Setelah itu akan dilakukan pengecekan atau verifikasi apakah data tersebut sudah ada di dalam array

Jika semua node sudah memiliki data waktu diri sendiri dan node lain. Maka akan dilakukan Proses penyinkronan dengan rumus  $Offset = node + offset$  yang telah di dapat.

**2.2. Implementasi Sistem**

Pada implementasi sistem akan dijelaskan implementasi perangkat keras ESP8266 Perangkat keras dirancang menggunakan 4 (empat) node. semua node memiliki metode perancangan yang sama dimana Node MCU ESP8266 masing-masing akan dipasangkan library Millis untuk menampilkan waktu. Ketujuh node akan dihubungkan ke laptop menggunakan USB Hub. Laptop berperan sebagai sumber daya ke node yang terhubung sekaligus digunakan untuk memonitor pengiriman pesan, data time dan offset melalui

serial monitor Arduino IDE. Kemudian akan dijelaskan implementasi perangkat lunak

```

//Arduino IDE
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 #include <Wire.h>
3
4 #define LED_PIN 13 // Pin LED
5
6 #define WIRE_CHANNEL 1
7
8 // Inisialisasi pin
9 void setup() {
10   pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
11   digitalWrite(LED_PIN, LOW);
12 }
13
14 // Fungsi utama
15 void loop() {
16   digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
17   delay(100);
18   digitalWrite(LED_PIN, LOW);
19   delay(100);
20 }
21
22 // Fungsi kirim data ke serial monitor
23 void printSerial(String message) {
24   Serial.println(message);
25 }
26
27 int main() {
28   setup();
29   loop();
30 }

```

Gambar 4. Implementasi Perangkat Lunak

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa implementasi dilakukan menggunakan Arduino IDE sebagai compiler kode program. Program menggunakan Bahasa C++. Perancangan system akan implementasikan ke dalam bentuk program yaitu mengimplementasikan sinkronisasi waktu WSN menggunakan metode Reference Broadcast Synchronization. Hasil yang diperoleh dari program ini dapat dilihat pada Pengujian dan Analisis di bagian selanjutnya.

### 3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Table 1 Rata-rata Error

	Rentang Error (ms)	Rata-rata Error (ms)
Node 1	23 - 391	201.073
Node 2	69 - 307	178.99
Node 3	18 - 451	169.673

Pada Node pertama, tingkat error berkisar antara 23 hingga 391 milidetik dengan rata-rata sebesar 201 milidetik. Artinya, proses sinkronisasi waktu pada Node pertama memiliki variasi yang cukup signifikan, di mana ada kasus dengan tingkat error yang rendah (23 milidetik) dan kasus dengan tingkat error yang tinggi (391 milidetik). Namun, rata-rata keseluruhan menunjukkan bahwa tingkat error adalah sekitar 201 milidetik.

Pada Node kedua, tingkat error berkisar antara 69 hingga 307 milidetik dengan rata-rata sebesar 178 milidetik. Jumlah variasi tingkat error lebih rendah dibandingkan dengan Node pertama. Rata-rata tingkat error pada Node kedua adalah sekitar 178 milidetik, menunjukkan konsistensi yang lebih baik dalam sinkronisasi waktu.

Pada Node ketiga, tingkat error berkisar antara 18 hingga 451 milidetik dengan rata-rata sebesar 169 milidetik. Seperti pada Node pertama, Node ketiga juga memiliki variasi yang cukup besar dalam tingkat error. Namun, rata-rata tingkat error pada Node ketiga adalah sekitar 169 milidetik, menunjukkan konsistensi yang sedikit lebih baik daripada Node pertama.

### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Sinkronisasi Waktu pada Mesh Topology Wireless Sensor Network Berbasis Protokol ESP-Now Menggunakan Algoritma Reference Broadcast Synchronization (RBS) memiliki tingkat error sebesar 23-391 Millisekon pada Node pertama dengan rata-rata 201 millisekon dan 69-307 millisekon pada Node kedua dengan rata-rata 178 millisekon, dan 18-451 millisekon pada Node ketiga dengan rata-rata 169 millisekon.

Dalam melakukan implementasi sinkronisasi waktu dalam wireless sensor network menggunakan metode RBS via ESP-Now.Perlu diketahui jika RBS adalah teknik yang digunakan untuk mengurangi overhead komunikasi dalam jaringan mesh dengan melakukan sinkronisasi data secara efisien.

Saran yang diberikan untuk penelitian mendatang yaitu untuk melakukan implementasi sinkronisasi waktu dalam wireless sensor network menggunakan metode RBS pada topologi mesh via ESP-Now secara konkrit di dunia nyata. Dalam topologi jaringan mesh, ada kemungkinan terjadinya konflik saat node-node menerima pesan sinkronisasi dari beberapa node tetangga secara bersamaan. Pertimbangkan untuk mengimplementasikan mekanisme pengelolaan konflik yang efisien, seperti menggunakan skema penjadwalan atau algoritma penghindaran tabrakan, untuk memastikan pesan sinkronisasi diterima dengan benar oleh setiap node.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

Mulya, Irwan P; Budi, Agung Setia; Primananda, Rakhmadhany (2021), Implementasi Metode Sinkronisasi Waktu Reference Broadcast Synchronization Menggunakan Media Komunikasi Bluetooth Low Energy  
 Hasibuan, Muhammad Fahri; Budi, Agung Setia; Primananda, Rakhmadhany (2021), Implementasi Sinkronisasi Waktu Antar

Bluetooth Low Energy Device menggunakan Metode Timing-Sync Protocol for Sensor Network

International Journal of Distributed Sensor Networks, 17(6), 15501477211022721.

Wadiansyah, Zhafran; Akbar, Sabriansyah; Widasari Edita Rosana (2017), Integrasi Protokol Sinkronisasi Waktu Reference Broadcast Synchronization (RBS) dan Pengiriman Data Flooding pada Wireless Sensor Node

Bhatti, M. A., Ahmed, S., & Ahmed, A. (2020). Time synchronization protocols for wireless sensor networks: A survey. *Sensors*, 20(4), 1161.

Chen, Y., & Shi, W. (2019). A survey on time synchronization in wireless sensor networks: protocols, accuracy, and challenges. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 8(1), 6.

Zhang, Y., Wang, C., Yang, Z., Chen, Y., & Zhou, Y. (2021). Design and implementation of a time synchronization scheme based on ESP-Now in a wireless sensor network. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 17(6), 15501477211022725.

Yu, Y., Liu, L., Hu, X., & Zhou, Y. (2020). A time synchronization algorithm based on ESP-NOW in wireless sensor networks. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(10), 4699-4709.

Zhou, Y., Yang, Z., Chen, Y., Zhang, Y., & Wang, C. (2020). Time synchronization using ESP-NOW mesh topology in wireless sensor networks. *IEEE Access*, 8, 95598-95608.

Chen, Y., Zhang, Y., Wang, C., Zhou, Y., & Yang, Z. (2021). Implementation of a time synchronization algorithm based on ESP-Now in wireless sensor networks. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(3), 2763-2773.

Li, S., Yu, Y., Wang, H., & Zhou, Y. (2020). Time synchronization for wireless sensor networks based on ESP-NOW and Kalman filter. *IEEE Access*, 8, 208184-208193.

Chen, Y., Zhang, Y., Wang, C., Zhou, Y., & Yang, Z. (2021). Experimental evaluation of a time synchronization scheme based on ESP-Now in wireless sensor networks.