

Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Metode Pengiriman Pembagian Slot Waktu Pada Sistem Deteksi Parkir Sepeda Motor

Zonnete Bryllian Dheo¹, Sabriansyah Rizqika Akbar², Edita Rosana Widasari³

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

Abstrak

Sistem pendeteksi kendaraan di area parkir pada umumnya menggunakan metode konvensional, yaitu metode yang menggunakan mikrokontroler sebagai *control system*, sensor sebagai komponen pengambil data dan kabel sebagai media pengiriman data. Pada umumnya sistem tersebut menggunakan satu mikrokontroler dalam mengolah data dari banyak sensor node secara bersamaan. Hal ini dapat menimbulkan masalah berupa *data collision* atau tabrakan data. Ketika data dikirimkan secara bersamaan, data dapat saling menginterferensi satu sama lain dan memungkinkan hilangnya informasi yang dikirimkan oleh masing-masing sensor node. Selain itu, penggunaan kabel sebagai media komunikasi data dianggap kurang efisien apabila diterapkan pada lingkup area yang luas jika dibandingkan dengan media komunikasi *wireless* yang praktis dan proses instalasi mudah. Untuk mencegah permasalahan tersebut, pada penelitian ini diterapkan metode penjadwalan pengiriman data menggunakan protokol *Time Division Multiple Access* (TDMA) pada masing-masing node client. Diterapkan juga metode penyetaraan waktu *Timing-synch Protocol for Sensor Network* (TPSN) untuk menunjang metode penjadwalan. Pada penelitian ini juga menerapkan komunikasi data berbasis *wireless* dengan menggunakan modul *wireless* nRF24L01. Dari hasil implementasi, didapatkan hasil pengiriman data menggunakan protokol TDMA oleh masing-masing node client. Selain itu, node *client* dapat mengirimkan data sesuai jadwal yang telah didapatkan tanpa terjadi *data collision*. Pengiriman data tersebut telah berhasil dilakukan sesuai dengan slot waktu pengiriman yang telah diterapkan, dimana pada implementasinya slot waktu pengiriman dibagi menjadi 5 buah slot. Implementasi penyetaraan waktu juga telah berhasil diimplementasikan dengan rata-rata waktu dalam proses penyetaraan kurang dari 50 detik.

Kata kunci: tabrakan data, TPSN, *sensor network*, TDMA

Abstract

The conventional methods of vehicle detection system in parking area, usually use a microcontroller as a control system, sensor as component to collect data and cable as data transmission media. The system use one microcontroller to process data from many sensor nodes simultaneously. This situation can cause a problem called data collusion. When data which transmitted simultaneously, it can be interfering each other and allowing the loss of information transmitted by each sensor node. Furthermore, utilization of the cable as a media communication data is considered less efficient when used in the scope of a large area when compared it with the ease of wireless personal communication media that are practical and easy installation process. Against these problems, this research applied a method of scheduling data transmission using *Time Division Multiple Access* (TDMA) protocol on each client node to avoid collisions. Also applied equalization method of *Time-synch Protocol for Sensor Network* (TPSN) to support the scheduling method. Furthermore, in this research purposed a method based on wireless data communications using wireless module nRF24L01. Based on the result of implementation, showed that the client node can transmit data according to the schedule that has been obtained without colliding. The data transmission has been successfully carried out in accordance with the delivery time slots that have been applied, where the implementation of delivery time slots are divided into five slots. Implementation time equivalency also been successfully implemented with the average time in the process of equalization of less than 50 seconds.

Key words: *data collisions, TPSN, sensor network, TDMA*

1. PENDAHULUAN

Alat transportasi menjadi kebutuhan vital di zaman modern seperti sekarang ini. Sehingga banyaknya pengguna kendaraan pribadi terus bertambah dari tahun ke tahun. Apabila kendaraan terus bertambah, maka secara otomatis kebutuhan lahan parkir pun juga akan bertambah. Jumlah kendaraan yang semakin bertambah inilah yang akhirnya menimbulkan masalah baru, yaitu kelangkaan lahan parkir ketika jumlah kendaraan tidak lagi sebanding dengan lahan parkir yang ada. Orang sering kali diharuskan untuk berputar mengelilingi area parkir untuk mencari lokasi parkir yang kosong. Dengan kondisi seperti itu tentunya sedikit banyak akan membuang waktu hanya untuk mencari lokasi parkir.

Untuk mencegah permasalahan tersebut di atas, sekarang ini sudah ditemukan satu teknologi sistem deteksi parkir yang dapat memberikan informasi letak lokasi parkir kosong kepada pengguna parkir. Teknologi sistem deteksi parkir yang telah ada sekarang ini menggunakan sensor Ultrasonik dan sensor Sharp sebagai komponen utamanya. Sensor Ultrasonik merupakan jenis sensor yang dapat melakukan proses pengukuran jarak dengan cara memantulkan gelombang ultrasonik ke objek deteksi. (Santoso, 2015) Sedangkan sensor Sharp adalah jenis sensor yang melakukan perhitungan jarak dengan cara memantulkan gelombang inframerah ke objek deteksi (Sharpsms, 2005). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Alfa Anindita pada tahun 2013 dengan judul “Sistem Informasi Area Parkir Berbasis Mikrokontroler ATmega16” melakukan pengujian terhadap kedua sensor dengan cara membandingkan kedua sensor guna memperoleh hasil manakah yang lebih baik antara sensor Ultrasonik dan sensor Sharp ketika digunakan untuk mendeteksi kendaraan. Dari penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa jarak deteksi sensor Ultrasonik lebih lebar dibandingkan dengan sensor Sharp dengan objek deteksi yaitu kendaraan roda 4 (mobil).

Pada penelitian sebelumnya, belum diteliti mengenai *performance* pengiriman data dari node sensor ke *control system* ketika jumlah mobil yang terdeteksi lebih dari satu secara

bersamaan. Penggunaan satu mikrokontroler sebagai *control system* untuk mengolah data dari banyak sensor node secara bersamaan memiliki kekurangan, yaitu sangat mungkin terjadi *data collision* atau tabrakan data pada proses pengiriman data dari sensor node menuju ke *control system* yang dalam hal ini adalah mikontroller. Data yang dikirimkan secara bersamaan dapat saling menginterferensi satu sama lain dan memungkinkan tidak terbacanya hasil *sensing* sensor atau hilangnya informasi yang dikirimkan oleh masing-masing sensor node. Permasalahan tersebut dikenal sebagai *Data Collision* atau tabrakan data. Kemudian penggunaan kabel sebagai media komunikasi data dianggap kurang efisien lagi ketika digunakan pada lingkup area yang luas, seperti pada area parkir. Penggunaan kabel pada saat ini dinilai minim kemudahan jika dibandingkan dengan media komunikasi *wireless* yang praktis dan proses instalasi mudah. (Azalia Ma'aruf, 2014).

Salah satu metode untuk mencegah *collision* data adalah dengan menerapkan penjadwalan pada proses pengiriman data. Salah satu jenis metode penjadwalan adalah protokol *Time Division Multiple Access* (TDMA). Protokol TDMA akan membagi waktu yang tersedia menjadi bagian-bagian yang sama. (tittel, 2002) Pembagian waktu data ini disebut dengan *timeslot*. Proses pengiriman data akan berlangsung sesuai dengan slot waktu yang diberikan, sehingga nantinya tidak ada sensor atau node yang mengirimkan data bersamaan yang mengakibatkan *collision* data. Dalam menerapkan metode penjadwalan dibutuhkan waktu yang setara antar sensor dalam sebuah jaringan sensor node yang saling terhubung. Penyetaraan waktu dikenal juga dengan istilah *Time Synchronization* dimaksudkan agar pengiriman data dari sensor node dapat terkirim dengan alur yang baik. Sehingga informasi yang diterima dan disebarkan dengan baik juga. (Darmawan, 2015).

Time-synch Protocol for Sensor Network (TPSN) merupakan salah satu jenis metode penyetaraan waktu yang dapat digunakan. Proses penyetaraan waktu atau sinkronisasi waktu pada metode TPSN dilakukan pada sisi *sender* dan *receiver*. (Saurabh Ganeriwal, 2003)

Dalam penelitian ini node *client* yang bertindak sebagai *sender*, dan node *base* yang bertindak sebagai *receiver*. Node *client* terdiri dari sensor Ultrasonik, modul pengirim data *wireless* dan mikrokontroler. Node *base* sebagai *receiver* sekaligus penampung data terdiri dari mikrokontroler dan modul penerima data *wireless*.

Dilatar belakangi oleh hal-hal yang telah disampaikan di atas, untuk mengkaji ulang sekaligus mengembangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Alfa Anindita, maka dalam penelitian ini dilakukan penelitian guna mengetahui bagaimana *performance* pengiriman data pada sensor Ultrasonik pada sistem deteksi parkir sepeda motor menggunakan komunikasi *wireless* dengan mengimplementasikan Protokol TDMA sebagai metode *anti-collision*, *Time-synch Protocol for Sensor Network* (TPSN) sebagai metode penyetaraan waktu dan modul *wireless* nRF24L01 sebagai media komunikasi data.

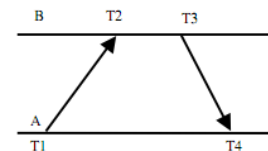
2. DASAR TEORI

2.1 Time-synch Protocol for Sensor Network (TPSN)

Time-Sync Protocol for Sensor Networks (TPSN) adalah salah satu jenis protokol penyetaraan waktu pada jaringan sensor. TPSN menggunakan topologi *tree* yang mengharuskan adanya satu node yang bertindak sebagai *root*. *Root* akan mengirimkan data kepada hierarki yang berada dibawahnya dan menyamakan waktu menggunakan *timestamp*. Dibandingkan dengan protokol *Reference Broadcast Synchronization* (RBS), protokol TPSN lebih baik digunakan jika diterapkan pada skala besar. (Saurabh Ganeriwal, 2003)

Proses sinkronisasi waktu TPSN dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama adalah *Discovery Phase* dan tahap kedua adalah *Synchronization Phase*. Pada tahap *Discovery Phase*, *root* node yang pada penelitian ini adalah node *base* diberikan tugas untuk *broadcast* paket *discovery* yang berisi identitas dan level pengiriman node *root* ke node *client* terdekat. Dari node *root* akan diteruskan sampai ke level paling rendah atau paling ujung. Paket *discovery* digunakan untuk membentuk sebuah level hierarki dalam bentuk *tree*. Setelah paket *discovery* *broadcast* ke seluruh node, maka seluruh node akan dapat

mengetahui sekaligus mengingat levelnya. Tahap kedua adalah *Synchronization Phase*. Pada tahap ini semua node akan mulai untuk menyetarakan waktu antara node satu dengan yang lain. Berawal dari node yang memiliki level paling rendah dahulu. Node pada level 1 akan mengirimkan *request* sinkronisasi ke node *root* (level 0) dengan waktu T1. Kemudian node *root* akan menerima *request* waktu tersebut pada waktu T2. *Root* kemudian akan membalas *request* sinkronisasi dengan paket *Acknowledgement* pada waktu T3. Dari situ kemudian node level 1 akan melakukan perhitungan berdasarkan aliran skenario dengan melakukan pencocokan waktu. Hal tersebut juga akan dilakukan oleh node level 2 kepada node level 1 dan berulang seterusnya sampai node dengan level paling rendah atau paling ujung.



Gambar 2.1 Mekanisme TPSN

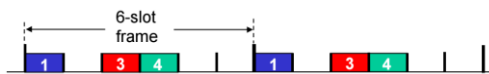
Gambar 2.1 merupakan ilustrasi dari proses penyetaraan waktu pada TPSN. Terdapat 2 buah node, yaitu node A dan node B. T1 dan T4 merupakan waktu lokal node A, sedangkan T2 dan T3 merupakan waktu lokal node B. Node A mengirimkan *synchronization pulse* atau paket sinkronisasi ke node B pada waktu T1. *Synchronization pulse* merupakan paket yang berisi nomor level dari node A dan nilai dari T1. Node B menerima paket tersebut pada waktu T2, dimana T2 berisikan nilai dari $T1 + \Delta + d$; Δ merupakan nilai dari *clock drift* antara node A dan node B, sedangkan d merupakan nilai dari delay propagasi yang terjadi antara kedua node. Kemudian node B akan mengirimkan *acknowledgment packet* ke node A yang berisi nilai dari T1, T2, dan T3. Node A menerima paket tersebut pada waktu T4 yang kemudian melakukan perhitungan berdasarkan rumus berikut :

$$\Delta = \frac{(T2 - T1) - (T4 - T3)}{2} \quad (2.1)$$

$$d = \frac{(T2 - T1) + (T4 - T3)}{2} \quad (2.2)$$

2.2 Time Division Multiple Acces (TDMA)

Time Division Multiple Access (TDMA) merupakan jenis protokol *Multiple Access* yang mengalokasikan *slot* waktu untuk setiap pengguna pada masing-masing saluran atau *node*. (tittel, 2002) TDMA memberikan penjadwalan waktu (*slot waktu*) untuk proses pengiriman data dari masing-masing *node*, *slot waktu* ini bersifat dinamis atau *random*. Dalam proses pengiriman data, TDMA mengharuskan tiap *node* menunggu giliran sesuai *slot waktu* yang telah diberikan.



Gambar 2.2 Ilustrasi TDMA

Dengan diterapkannya *slot waktu* pengiriman, maka setiap *node* pengirim (*client*) akan memiliki jadwal pengiriman data yang berbeda dengan *node* lainnya. Seperti pada Gambar 2.2, terdapat 6 buah *slot waktu* pengiriman, dimana *slot waktu* yang sedang digunakan adalah *slot 1*, *slot 3*, dan *slot 4*. Sedangkan *slot 2*, *slot 5*, dan *slot 6* dalam kondisi *idle*.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1. Perancangan Node Base

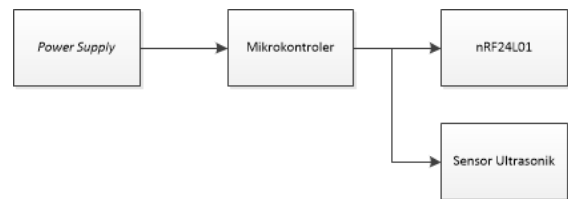


Gambar 3.1 Diagram Node Base

Penjelasan diagram subsistem pada *node base* :

1. *Power Supply* merupakan daya yang dibutuhkan *node* untuk menjalankan fungsinya. Pada penelitian ini, *power supply* berupa tegangan sebesar 5V yang didapatkan dari *port USB* komputer/Laptop yang digunakan.
2. Mikrokontroler pada *node base* menggunakan Arduino Nano yang bertindak sebagai pengolah data.
3. nRF24L01 merupakan jenis *modul wireless* yang digunakan pada penelitian ini yang bertindak sebagai media komunikasi data.

3.2 Perancangan Node Client



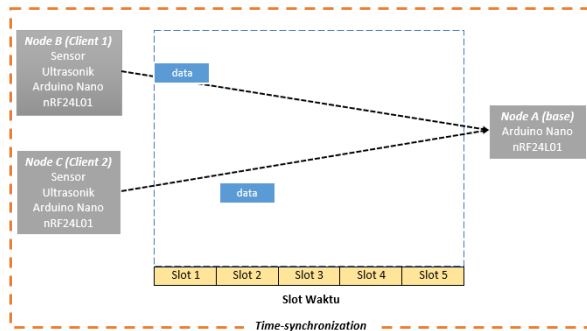
Gambar 3.2 Diagram Node Client

Penjelasan diagram subsistem pada *node Client* :

1. *Power Supply* merupakan daya yang dibutuhkan *node* untuk menjalankan fungsinya. Pada penelitian ini, *power supply* berupa tegangan sebesar 5V yang didapatkan dari *port USB* komputer/Laptop yang digunakan.
2. Mikrokontroler pada *node client* menggunakan Arduino Nano yang bertindak sebagai pengolah data hasil *sensing* sensor Ultrasonik dan sebagai kontrol komunikasi dengan *receiver node base*.
3. Sensor Ultrasonik bertindak sebagai komponen deteksi objek dengan hasil *sensing* berupa data jarak. Pada penelitian ini, sensor Ultrasonik digunakan sebagai modul *input*.

3.2 Perancangan Metode TPSN dan TDMA

Perancangan penyetaraan waktu pada *node client* dibagi menjadi 2 level, yaitu level 1 dan level 2. Dimana level tersebut akan diberikan secara berurutan sesuai dengan urutan *client* yang aktif. Diagram perancangan penyetaraan waktu TPSN dan protokol TDMA ditunjukkan pada Gambar 3.3. Penyetaraan waktu menggunakan TPSN dibagi menjadi 2 tahap atau fase. Fase pertama adalah *Discovery Phase* dimana pada fase ini akan dibentuk topologi hirarki *tree* dan level-level pada *node client*. *Node base* bertugas selanjutnya *root* yang menentukan struktur topologi *tree* dan menentukan *node* mana yang mengisi tiap level topologi. Kemudian fase kedua adalah *Synchronization phase* yang merupakan fase pencocokan waktu antar *node client* dan *node base*.

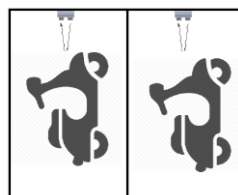


Gambar 3.3 Perancangan Metode TPSN dan Protokol TDMA

Perancangan penjadwalan sebagai metode *anti-collision* pengiriman data dengan menggunakan protokol TDMA adalah dengan membuat slot-slot waktu seperti pada Gambar 3.3. Pengiriman data sensor dilakukan ketika masing-masing node *client* telah mendapatkan slot waktu pengiriman. Slot waktu yang didapatkan oleh node *client* secara *random* sesuai dengan ketentuan konfigurasi. Pada penelitian ini slot waktu disediakan 5 buah slot waktu dengan masing-masing slot diberikan waktu 2 detik untuk mengirimkan data.

3.3 Perancangan Peletakan Sensor

Pada penelitian ini digunakan sensor Ultrasonik sebagai komponen pengukur jarak. Jarak yang dimaksud adalah jarak antara sensor dengan sepeda motor yang digunakan sebagai nilai *input* pada sistem. Agar dapat memberikan nilai *input* yang akurat, diperlukan adanya perancangan peletakan sensor sebagai komponen pengukur jarak. Ilustrasi peletakan sensor Ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 3.4



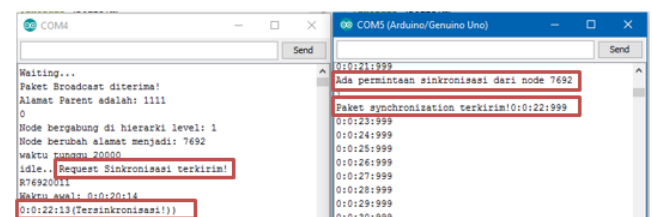
Gambar 3.4 Ilustrasi Peletakan Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik akan diletakkan tepat pada garis depan blok parkir. Hal ini dimaksudkan ketika ada sepeda motor yang parkir, sensor dapat secara langsung mendeteksi objek bagian depan dari sepeda motor. Alasan mengapa sensor diletakkan pada garis depan blok parkir agar sensor dapat melakukan deteksi objek dengan maksimal, mengingat jarak ukur sensor Ultrasonik yang terbatas.

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

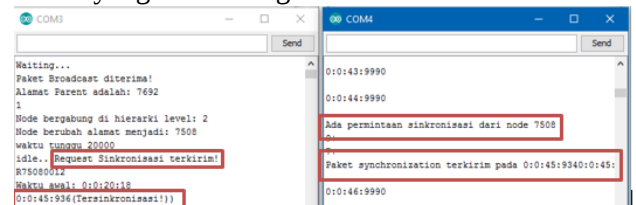
4.1 Pengujian Penyetaraan Waktu TPSN

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati keberhasilan setiap node *client* dalam melakukan proses penyetaraan waktu dengan node *base*. Awalnya satu Node *client* akan mengirimkan *request* penyetaraan waktu terlebih dulu ke node *base* sebagai root. Node *base* akan menerima permintaan tersebut dan membalas permintaan penyetaraan waktu tersebut dengan mengirimkan waktu parent yang sedang berjalan.



Gambar 4.1 Tampilan Synchronization Phase

Setelah sebelumnya node *client* 1 (kiri) berhasil mendapatkan level node serta alamat dari node *base*, node *client* 1 kemudian melakukan permintaan penyetaraan waktu kepada node *base* sebagai root sekaligus parent dari node *client* 1. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa node *client* 1 telah berhasil mempunyai waktu yang setara dengan node *base*.



Gambar 4.2 Tampilan Synchronization Phase Node Client 2

Setelah sebelumnya node *client* 1(kanan) berhasil menyetarakan waktu dengan node *base*, kemudian node *client* 2(kiri) akan melakukan permintaan penyetaraan waktu kepada node *client* 1 sebagai parentnya. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa node *client* 2 telah berhasil mempunyai waktu yang setara dengan node *client* 1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Penyetaraan Waktu TPSN

Pengujian Ke-	Level Node	Waktu Awal	Waktu Setara
1	1	0:0:20:13	0:0:20:52
	2	0:0:20:18	0:0:43:33
2	1	0:0:20:14	0:0:22:13
	2	0:0:20:18	0:0:45:93
3	1	0:0:20:14	0:0:20:59
	2	0:0:20:28	0:0:43:00
4	1	0:0:20:13	0:0:21:15
	2	0:0:20:19	0:0:43:56
5	1	0:0:20:13	0:0:21:26
	2	0:0:20:19	0:0:44:29
6	1	0:0:40:12	0:0:40:84
	2	0:0:20:18	0:1:03:16
7	1	0:0:20:13	0:0:20:77
	2	0:0:20:18	0:0:43:62
8	1	0:0:20:13	0:0:21:20
	2	0:0:20:18	0:0:44:19
9	1	0:0:20:14	0:0:21:35
	2	0:0:20:18	0:0:45:10
10	1	0:0:20:13	0:0:21:30
	2	0:0:20:18	0:0:43:29

Dari hasil 10 kali pengujian *Synchronization Phase* dapat disimpulkan bahwa kedua node *client* telah berhasil mendapatkan waktu yang setara dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses penyetaraan waktu pada kedua client dibawah 50 detik

4.2 Pengujian Pengiriman Data TDMA

Pengujian pengiriman data oleh node *client* dilakukan berdasarkan batasan penelitian yang telah ditetapkan, yaitu *output* pada *serial monitor* node *base* yang ditampilkan berupa alamat tiap node *client*, waktu pengiriman dan hasil deteksi sensor berupa nilai jarak deteksi objek. Pengujian dilakukan dengan membuat miniatur prototype blok parkir dengan dua blok parkir. Pada pengujian ini, panjang deteksi

sensor Ultrasonik diperkecil dengan maksimal pengukuran sepanjang 15cm. Pengurangan jarak deteksi sensor dimaksudkan agar deteksi sensor tidak melebihi panjang blok parkir yang telah dibuat pada miniatur prototype.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengiriman Data Dengan Kondisi Tidak Terdapat Sepeda motor Parkir

Pengujian Ke-	Blok Parkir	Alamat Node	Slot Waktu	Ketersediaan Sepeda motor	Nilai Sensor	Waktu Pengiriman
1	1	7738	2	Tidak	0	00:01:04:99
	2	7642	5	Tidak	0	00:01:10:99
2	1	7692	4	Tidak	0	00:01:07:99
	2	7507	5	Tidak	0	00:01:09:99
3	1	7632	4	Tidak	0	00:01:27:99
	2	7618	5	Tidak	0	00:01:29:00
4	1	7644	4	Tidak	0	00:01:09:99
	2	7654	5	Tidak	0	00:01:07:99
5	1	7642	4	Tidak	0	00:01:28:99
	2	7652	5	Tidak	0	00:01:29:99
6	1	7590	2	Tidak	0	00:01:04:99
	2	7690	5	Tidak	0	00:01:09:99
7	1	7592	4	Tidak	0	00:01:07:99
	2	7618	5	Tidak	0	00:01:09:99
8	1	7652	2	Tidak	0	00:01:24:99
	2	7696	5	Tidak	0	00:01:19:99
9	1	7684	4	Tidak	0	00:01:07:99
	2	7586	5	Tidak	0	00:01:09:99
10	1	7654	2	Tidak	0	00:01:04:99
	2	7698	5	Tidak	0	00:01:09:99

Dari Tabel 4.2 dapat dijelaskan bahwa pada 10 kali pengujian dengan dua buah node *client* di kedua blok parkir telah berhasil mendapatkan alamat dan slot waktu pengiriman. Dengan rekayasa kondisi tidak terdapat sepeda motor pada kedua blok, nilai sensor yang didapatkan 0. Pengiriman data telah sesuai dengan slot waktu

yang telah ditentukan, pada slot waktu 2 data akan dikirimkan pada detik 3 atau 4, pada slot waktu 4 data akan dikirimkan pada detik 7 atau 8, sedangkan pada slot waktu 5 data akan dikirimkan pada detik 9 atau 10, begitu seterusnya sesuai dengan kelipatan angkanya.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pengiriman Data Dengan Kondisi Terdapat Sepeda motor Pada Salah Satu Blok Parkir

Pengujian Ke-	Blok Parkir	Alamat Node	Slot Waktu	Ketertarikan Sepeda motor	Nilai Sensor	Waktu Pengiriman
1	1	7738	2	Tidak	0	00:02:23:99
	2	7642	5	Ada	6	00:01:29:99
2	1	7692	4	Ada	4	00:01:27:99
	2	7508	5	Tidak	0	00:01:29:99
3	1	7632	4	Ada	6	00:01:27:99
	2	7618	5	Tidak	0	00:01:29:99
4	1	7644	4	Ada	5	00:04:37:99
	2	7654	5	Tidak	0	00:04:40:99
5	1	7642	4	Tidak	0	00:01:37:99
	2	7652	5	Ada	7	00:01:39:99
6	1	7590	2	Ada	9	00:01:24:99
	2	7690	5	Tidak	0	00:01:19:99
7	1	7592	4	Ada	6	00:01:17:99
	2	7618	5	Tidak	0	00:01:19:99
8	1	7652	2	Ada	10	00:06:24:99
	2	7696	5	Tidak	0	00:06:19:99
9	1	7684	4	Tidak	0	00:01:17:99
	2	7586	5	Ada	7	00:01:19:99
10	1	7654	2	Tidak	0	00:01:34:99
	2	7698	5	Ada	6	00:01:39:99

Dari Tabel 4.3 dapat dijelaskan bahwa pada 10 kali pengujian dengan dua buah node *client* di kedua blok parkir telah berhasil mendapatkan alamat dan slot waktu pengiriman. Dengan rekayasa kondisi terdapat sepeda motor pada salah satu blok parkir, salah satu blok parkir

dengan terdapat sepeda motor akan bernilai angka sesuai jarak deteksi sensor, sebaliknya pada blok parkir yang kosong akan bernilai 0. Pengiriman data telah sesuai dengan slot waktu yang telah ditentukan, pada slot waktu 2 data akan dikirimkan pada detik 3 atau 4, pada slot waktu 4 data akan dikirimkan pada detik 7 atau 8, sedangkan pada slot waktu 5 data akan dikirimkan pada detik 9 atau 10, begitu seterusnya sesuai dengan kelipatan angkanya.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian 1 Pengiriman Data Dengan Kondisi Terdapat Sepeda motor Pada Kedua Blok Parkir

Pengujian Ke-	Blok Parkir	Alamat Node	Slot Waktu	Ketertarikan Sepeda motor	Nilai Sensor	Waktu Pengiriman
1	1	7738	2	Ada	4	00:02:23:99
	2	7642	5	Ada	7	00:01:29:99
2	1	7692	4	Ada	5	00:01:27:99
	2	7508	5	Ada	7	00:01:29:99
3	1	7632	4	Ada	6	00:01:37:99
	2	7618	5	Ada	3	00:01:39:99
4	1	7644	4	Ada	5	00:04:47:99
	2	7654	5	Ada	9	00:04:49:99
5	1	7642	4	Ada	6	00:01:57:99
	2	7652	5	Ada	7	00:01:59:99
6	1	7590	2	Ada	9	00:01:34:99
	2	7690	5	Ada	6	00:01:39:99
7	1	7592	4	Ada	7	00:01:27:99
	2	7618	5	Ada	5	00:01:29:99
8	1	7652	2	Ada	4	00:01:04:99
	2	7696	5	Ada	6	00:01:09:99
9	1	7684	4	Ada	5	00:01:37:99
	2	7586	5	Ada	7	00:01:39:99
10	1	7654	2	Ada	6	00:01:44:99
	2	7698	5	Ada	7	00:01:49:99

Dari Tabel 4.4 dapat dijelaskan bahwa pada 10 kali pengujian dengan dua buah node *client* di

kedua blok parkir dengan rekayasa kondisi terdapat sepeda motor pada kedua blok parkir telah berhasil mendapatkan alamat dan slot waktu pengiriman. Kedua sepeda motor akan dideteksi secara bersamaan oleh kedua node *client* yang terdapat pada kedua blok parkir dengan mengukur jarak sepeda motor dengan sensor. Nilai jarak tersebut kemudian dikirimkan secara bersamaan oleh kedua node *client* tersebut kepada node *base* sesuai dengan slot waktu yang didapatkan. Pengiriman data telah sesuai dengan slot waktu yang telah ditentukan, pada slot waktu 2 data akan dikirimkan pada detik 3 atau 4, pada slot waktu 4 data akan dikirimkan pada detik 7 atau 8, sedangkan pada slot waktu 5 data akan dikirimkan pada detik 9 atau 10, begitu seterusnya sesuai dengan kelipatan angkanya.

5. KESIMPULAN

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

1. Sensor node dapat diimplementasikan pada sistem dengan merakit komponen-komponen yang telah ditentukan seperti Arduino Nano sebagai mikrokontroler, Sensor Ultrasonik dan nRF24L01. Sensor pada kedua node *client* mampu melakukan deteksi sekaligus pengambilan data jarak terhadap sepeda motor pada blok parkir. Hasil deteksi jarak tersebut mampu dikirimkan oleh kedua node *client* pada blok parkir menuju node *base* dengan menggunakan komunikasi *wireless* nRF24L01.
2. Protokol TPSN sebagai metode penyetaraan waktu antar node berhasil diimplementasikan. Kedua node *client* dan node *base* telah berhasil memiliki waktu yang setara dengan rata-rata proses penyetaraan waktu kurang dari 50 detik dari proses pengujian yang dilakukan.
3. Protokol TDMA sebagai metode penjadwalan pengiriman data telah berhasil diimplementasikan. Kedua node *client* berhasil memiliki slot waktu pengiriman yang didapatkan secara random dengan ketersediaan sebanyak 5 slot waktu. Kedua node *client* berhasil melakukan pengiriman data sesuai slot waktu yang didapatkan.
4. Dari 10 kali pengujian sistem, semua sensor telah berhasil memiliki waktu yang

setara. Serta pada kedua node *client* berhasil melakukan pengiriman data secara bersamaan sesuai dengan slot waktu yang telah didapatkan. Dengan didapaknya slot waktu pengiriman, kedua node *client* dapat melakukan pengiriman data secara bersamaan dan dapat diterima oleh node *base* secara bersamaan juga. Hal ini membuktikan bahwa penerapan protokol penyetaraan waktu TPSN dan protokol penjadwalan TDMA telah berhasil diimplementasikan sebagai metode *anti-collision* pada pengiriman data pada sistem deteksi parkir sepeda motor berbasis *wireless*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anindita, A., 2013. Sistem Informasi Area Parkir Berbasis Mikrokontroler. Sistem Informasi Area Parkir Berbasis Mikrokontroler.
- Azalia Ma'aruf, 2014. Penampil Data Pada Komputer Melalui Nirkabel.
- Darmawan, A. A., 2015. IMPLEMENTASI METODE REFERENCE BROADCAST TIME SYNCHRONIZATION DAN TIME DIVISION MULTIPLE. Malang: Universitas Brawijaya.
- Erwanda, A. N., 2016. Implementasi Time Synchronization Pada WSN Untuk Metode TDMA Menggunakan Algoritma TPSN.
- Santoso, H., 2015. [Online] Available at: <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html> [Accessed September 2016].
- Saurabh Ganeriwal, 2003. Timing-Sync Protocol for Sensor Network. Timing-Sync Protocol for Sensor Network.
- Sharpsms, 2005. In: GP2D12 Optoelectronic Device. s.l.:http://www.sharpsma.com/webfm_send/1203.
- tittel, E., 2002. Schaum's Out Line of Computer Networking. In: S. M. Wibi Hardani, ed. s.l.:Erlangga, p. 86.