

STUDI KASUS DELAY PADA IMPLEMENTASI RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) OVER FIBER DI TELKOM UNIVERSITY

CASE STUDY OF DELAY ON THE IMPLEMENTATION OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) OVER FIBER AT TELKOM UNIVERSITY

Rahmi Meiliza¹, Dr.Ir. Erna Sri Sugesti,M.Sc², Ridha Muldina Negara,S.T.,M.T³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Bandung

¹rahmimeiliza@students.telkomuniversity.ac.id, ²ernasugesti@telkomuniversity.ac.id,

³ridhanegara@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan sebuah data yang dipengaruhi oleh jarak dan media fisik. Mengacu pada implementasi layanan RFID Over Fiber di lingkungan Telkom University yang digunakan sebagai sarana untuk mendeteksi presensi kehadiran mahasiswa, dosen dan staff lain khususnya pada gedung Tokong Nanas. Tokong Nanas mempunyai kepadatan trafik yang lebih padat dibandingkan dengan gedung lainnya dengan jumlah lantai 10 lantai dan jumlah mahasiswa yang mengambil presensi sebanyak ± 7.000 mahasiswa setiap harinya.

Permasalahan yang sering terjadi pada saat *tapping* presensi adalah ketika beberapa *tag* secara bersamaan berada dalam medan yang dihasilkan oleh *reader* dan mengirimkan data dalam waktu yang bersamaan, sehingga hal ini yang menyebabkan terjadinya *collision*. Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *collision* dan meningkatkan performansi kinerja RFID, maka diperlukan Studi Kasus serta analisis parameter *delay* pada jaringan RFID dengan menggunakan protocol *Slotted Aloha anticollision*.

Berdasarkan kesimpulan sebelum adanya rekayasa topologi jaringan antara pengukuran dan perhitungan diperoleh rata-rata keseluruhan selisih *delay* yaitu sebesar 11,7%. Setelah dilakukan rekayasa topologi dengan penambahan *server* penyangga maka diperoleh adanya penurunan waktu transfer data rata-rata sebesar 35%. Ini artinya terjadi penurunan *delay* yang ditandai dengan selisih data yang jauh lebih besar dari pada sebelum adanya rekayasa topologi jaringan, sehingga dapat meningkatkan QoS khususnya *delay* pada jaringan RFID Over Fiber di gedung Tokong Nanas.

Kata kunci : *AntiCollision, RFID Over Fiber, Delay, Slotted Aloha*

Abstract

Delay is the time it takes to transmit a data that is affected by distance and physical media. Referring to the implementation of RFID Over Fiber service in Telkom University that is used as a means to detect attendance of students, lecturers and other staff especially in Tokong Nanas building. Tokong Nanas has a denser traffic that is more dense than the other buildings with the number of floors 10 floors and the number of students who take the presence of $\pm 7,000$ students every day.

The problem that often occurs when tapping the presence is when multiple tags are simultaneously in the field generated by the reader and transmit data at the same time, so this causes the collision. To reduce the possibility of collision and improve RFID performance performance, Case Study and delay parameter analysis on RFID network using Slotted Aloha anticollision protocol is needed.

Based on the conclusions before the engineering network topology between the measurement and calculation obtained the average overall difference of delay that is equal to 11.7%. After the engineering of topology with the addition of server buffer hence obtained the decrease of data transfer time average by 35%. This means that there is a decrease in delay marked by a much larger data difference than before the engineering network topology, so as to increase QoS, especially delay on RFID Over Fiber network in Tokong Nanas building.

Keywords : *AntiCollision, RFID Over Fiber, Delay, Slotted Aloha.*

1. Pendahuluan

Telkom University merupakan salah satu lembaga pendidikan yang berada di bawah lembaga Yayasan Pendidikan Telkom (YPT) yang terdiri dari IT Telkom, IM Telkom, Politeknik Telkom dan STISI Telkom. Saat ini jumlah mahasiswa Telkom University mencapai ± 27.000 orang mahasiswa kelas nasional maupun kelas internasional dan ± 4120 orang dosen tetap maupun dosen dari luar. Sedangkan untuk fakultasnya terdiri dari 7 fakultas dengan 30 program studi, masing-masing tersebar pada 4552 kelas dengan jadwal perkuliahan Senin hingga Sabtu. Untuk mendukung aktifitas perkuliahan, penelitian maupun pengabdian masyarakat, maka dibutuhkan infrastruktur yang memadai sehingga pada tiap-tiap gedung digunakan serat optik dari sisi server ke sisi hub. Sedangkan dari sisi *hub* ke *switch* menggunakan kabel logam konvensional.

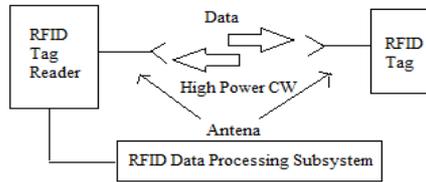
Sejak didirikan, Telkom University sudah dirancang sebagai universitas yang berbasis *Information and Communication Technologies* (ICT) seperti penerapan sistem informasi *iGracias*. *iGracias* merupakan sistem informasi berbasis *web* yang digunakan mahasiswa maupun dosen dalam berbagai hal yang berhubungan dengan proses peregristasian, cetak kartu ujian, jadwal mata kuliah, jadwal dosen, nilai, daftar kehadiran (presensi) dan lain lain. *iGracias* ini dapat menunjang proses bisnis kampus dimana data yang tersimpan dalam databasenya dapat dilihat seperti jumlah jam mengajar seorang dosen, materi perkuliahan yang diberikan, dan jumlah mahasiswa yang hadir pada hari tertentu dan jam tertentu. Salah satu teknologi yang sudah diimplementasikan di Telkom University yang menggunakan pengaplikasian *iGracias* ini adalah RFID Over Fiber. RFID Over Fiber merupakan layanan yang membutuhkan dukungan pada lalu lintas data secara *real time* maupun fungsi *security*. RFID Over Fiber ini digunakan sebagai sarana pengambilan presensi dengan menggunakan *chip* yang ditanam pada Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) yang dimiliki masing-masing mahasiswa maupun civitas akademika lainnya.

Sistem RFID memiliki beberapa kelebihan diantaranya mampu menerima dan menyimpan data tanpa adanya kontak langsung serta mempunyai kapasitas untuk menyimpan data lebih besar dari pada *barcode*. Namun demikian RFID masih mempunyai kelemahan yaitu terjadinya *collision* data. *Collision* data terjadi jika ada beberapa *tag* mengirimkan data dalam waktu dan slot yang sama. Oleh karena itu perlu adanya suatu metode untuk menangani *collision* tersebut serta dapat meningkatkan efisiensi pembacaan. Beberapa metode muncul sebagai solusi dalam masalah ini, salah satunya adalah dengan memperluas jalur gelombang namun dalam implementasinya hal ini mustahil dilakukan karena jumlah jalur gelombang yang dapat digunakan sangat

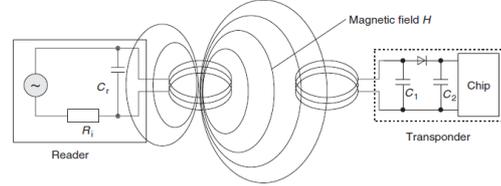
terbatas. Salah satu hal yang mungkin dilakukan adalah menerapkan beberapa algoritma *anti-collision* diantaranya *Slotted Aloha*. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan analisis perbandingan performansi RFID berdasarkan pendekatan rumus *Slotted Aloha* dan berdasarkan data *real* pengukuran Studi Kasus.

2. Tinjauan Teori

Sistem RFID terdiri atas beberapa komponen pokok, diantaranya *tag* dan *reader*. Cara kerjanya adalah pertama *reader* mengirimkan sinyal perintah ke *tag* maka *tag* akan memproses sinyal perintah tersebut. Ketika *tag* menerima sinyal perintah tersebut maka ia mendapatkan energi dan rangkaian yang terdapat didalamnya akan teraktivasi. Di akhir proses, data atau informasi dari *tag* akan diterima oleh *reader*. Proses di atas dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komunikasi antara Reader dengan Tag [15]



Gambar 2.2 Proses Inductive Coupling [15]

Cara kerja dari sistem RFID dibagi menjadi dua bagian, yang pertama adalah proses transmisi *reader* ke *tag* sekaligus dengan pencatutan terhadap *tag*. Kemudian yang kedua adalah transmisi dari *tag* menuju *reader*.

a. Proses transmisi dari *reader* ke *tag*

Proses transmisi dari *reader* ke *tag* sekaligus pencatutan dilakukan dengan cara *inductive coupling*. *Inductive coupling* biasanya digunakan untuk *tag* yang bersifat pasif. Pada *tag* ini terdapat sebuah *microchip* tunggal dan sebuah kumparan yang berfungsi sebagai antena. Pada sistem ini semua daya yang digunakan untuk mengaktifkan *microchip tag* dan untuk mengirimkan sinyal kembali kepada *reader* disediakan oleh *reader*. Antena *reader* akan membangkitkan medan elektromagnetik yang akan menembus kumparan dari *tag* seperti pada Gambar 2.2. [15]

Sebagian medan akan menembus kumparan *tag* yang letaknya berjauhan dengan *reader*. Dan selanjutnya akan menghasilkan tegangan karena proses induksi. Tegangan ini diperoleh dengan menggunakan *diode* pada rangkaian *chip*. Kemudian tegangan ini akan digunakan untuk mengaktifkan *chip*. Kapasitor juga dibutuhkan sebagai penghasil frekuensi resonansi yang sesuai dengan frekuensi *reader*. [15]

b. Proses transfer data dari *tag* ke *reader*

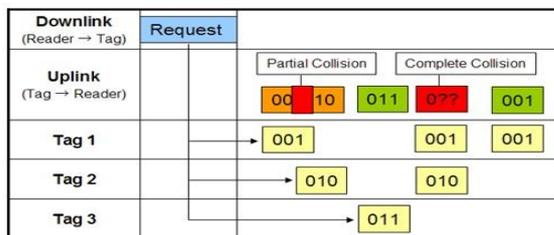
Pada transfer data dari *tag* ke *reader* juga dilakukan mekanisme yang sama, yaitu menggunakan *inductive coupling*. *Signal feedback* dari *tag* ke *reader* akan direpresentasikan dengan impedansi pada kumparan antena *reader*. Perubahan impedansi pada antena akan membawa perubahan pada tegangan yang diterima oleh *reader*. Perubahan impedansi tersebut diatur oleh data yang dikirimkan oleh *tag*. Pengiriman ini disebut dengan *load modulation*. Sinyal yang masuk ke *reader* kemudian disearahkan dan hasilnya adalah berupa amplitudo dari sinyal yang ditransmisikan. Selanjutnya pada sinyal tersebut dilakukan kuantisasi sehingga dapat diketahui level dari data yang dikirimkan tersebut. [15]

2.1 Protokol Aloha

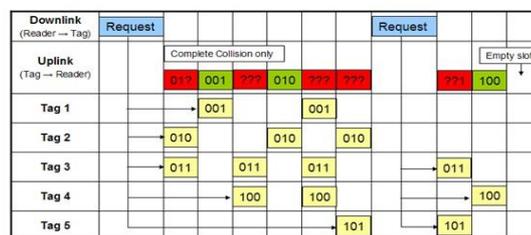
Aloha merupakan algoritma yang didasarkan pada *Time Division Multiple Access (TDMA)*. Dalam protokol ini *tag* akan mengirimkan data pada interval waktu tertentu yang dipilih secara acak. Ketika terjadi *collision* data, *tag* akan memilih interval waktu lagi secara acak sebelum melakukan pengiriman data. Ada beberapa algoritma Aloha yang digunakan untuk mengatasi *collision* data yang terjadi pada RFID diantaranya *pure Aloha* dan *slotted Aloha*. Akan tetapi yang sering digunakan untuk mengatasi *collision* adalah protokol *slotted Aloha* karena pada *Pure Aloha* kemungkinan terjadi *collision* masih besar sedangkan pada *Slotted Aloha* kemungkinan terjadi *collision* sangat kecil. [16]

2.1.1 Pure Aloha

Pure Aloha merupakan algoritma Aloha yang paling mudah untuk diimplementasikan. Ketika *tag* berada dalam medan yang dihasilkan oleh *reader*, *tag* akan memilih secara random interval waktu yang akan digunakan sebelum melakukan transmisi data. *Tag* kemudian akan mentransmisikan data berdasarkan interval waktu yang dipilih secara acak. Ketika terjadi *collision* data, *tag* tersebut kemudian akan memilih lagi waktu secara acak sebelum melakukan transmisi data dan begitu terus sampai semua *tag* berhasil dibaca. [16]



Gambar 2.3 Pure Aloha [16]



Gambar 2.4 Slotted Aloha [16]

Metode pertama untuk mengatasi tumbukan ini adalah "*switch-off*". *Tag* akan memasuki kondisi "*quiet*" ketika tidak lagi mentransmit informasi kepada *reader*. Ini akan lebih detail dijelaskan pada *Slotted Aloha*. Metode berikutnya adalah "*slow-down*", metode ini adalah meminta *tag* untuk mengurangi kecepatan transmisinya, sehingga frekuensi *tag* yang mengirimkan informasi kepada *reader* akan berkurang. Metode ketiga adalah "*carrier-sense*", metode ini berarti *tag* akan mengamati kondisi kanal, apabila kanal kosong dan tidak ada *tag* lain yang sedang menggunakan, maka *tag* tersebut dapat mengirimkan informasi yang dikandungnya. Pada saat *reader* sedang menerima informasi pada salah satu *tag*, *reader* akan mengirimkan sinyal "*mute*" kepada *tag* yang lain. Dengan hal ini tumbukan antar *tag* dapat dihindari. [16] Pada Gambar 2.3 terlihat bahwa *Pure Aloha* terdapat dua kemungkinan tumbukan, yaitu tumbukan seluruhnya dan tumbukan sebagian. Hal ini sangat mempengaruhi kinerja dari sistem RFID sendiri.

2.1.2 Slotted Aloha

Slotted Aloha adalah pengembangan dari *Pure Aloha*, pada *Slotted Aloha* waktu yang tersedia akan dibagi menjadi bagian – bagian yang sama, biasa disebut dengan *timeslot*. Pada Gambar 2.4, *tag* akan mulai mengirimkan informasinya setelah dia memasuki *timeslot* tersebut, maka yang akan terjadi adalah dua kondisi, yaitu tumbukan total atau tidak terjadi tumbukan sama sekali, dengan kata lain tumbukan dapat dihindari sebagian yang akan menyebabkan *delay* bagi keseluruhan sistem. Metode yang digunakan mirip dengan metode pada *Pure Aloha*. Yang pertama adalah “*terminating*”, metode ini mirip dengan metode “*switch-off*”. Dengan dikirimnya *signal* “*terminating*” maka semua *tag* akan berada pada kondisi *quiet*. Dengan adanya kondisi *quiet* ini maka tumbukan yang terjadi akibat *tag* yang mengirimkan informasi tidak pada *timeslot* yang tepat dapat dihindarkan. Setelah pengiriman selesai, dan kanal pada kondisi siap pakai, selanjutnya *reader* akan mengirimkan *signal wake up*, sehingga *tag* yang akan mengirimkan informasinya dapat kembali menggunakan kanal yang tersedia. Metode ini memiliki kelemahan, yaitu ketika *signal wake up* gagal dikirim atau diterima *tag*, maka akan terjadi kondisi *idle* yang lama. Metode yang lain adalah “*early-end*”, metode ini merupakan pengembangan dari “*terminating*”. Pada metode ini terdapat *start-of-time* (SOF) dan *end-of-time* (EOF), jadi tidak dibutuhkan lagi kondisi *switch-off* karena masing – masing *tag* memiliki waktu hidup (*life-time*) masing – masing untuk mengirimkan informasinya. Metode ini meminimalisir *identification time*.^[16] Dalam pengiriman paket data pada suatu jaringan, dikenal adanya *delay* dari mulai paket data itu dikirimkan hingga paket tersebut sampai ke alamat tujuan. Ada beberapa *delay* yang terjadi saat pengiriman paket data tersebut, diantaranya *delay* propagasi, *delay* transmisi dan *delay* proses. Penggabungan keseluruhan *delay* dinamakan *delay* total, yang berarti *delay* dari mulai paket data yang akan dikirim diproses, hingga paket data itu sampai ke penerima dan kembali lagi hingga ada notifikasi di sisi *reader*.

Pengujian *delay* pada sistem RFID ini dapat dilakukan dari *reader* hingga ke Server pusat menggunakan kabel Fiber Optik (FO) dan kabel UTP. Pada sistem RFID Over Fiber ini terdapat 6 proses *delay* diantaranya adalah *delay* proses pada *reader* (D_{reader}), *delay* pada fiber optik (D_{FO}), *delay* proses pada server penyangga (D_{buffer}), *delay* proses pada UTP (D_{UTP}), *delay* tranceiver antara UTP dengan fiber optik (D_{TXRX}) dan *delay* proses pada server pusat (D_{server}). D_{reader} , D_{buffer} dan D_{server} dapat dihitung berdasarkan spesifikasi perangkat RFID dan spesifikasi perangkat pada server terlihat pada Tabel 3.3 dan 3.6. Untuk D_{FO} dapat dihitung dari hasil bagi panjang kabel yang diimplementasikan dengan kecepatan transfer data sesuai dengan jenis kabel FO single mode yang digunakan pada Tabel 4.1 sesuai dengan Persamaan (2.2). Kemudian D_{TXRX} dapat dilihat dari datasheet tranceiver fiber optik single mode yaitu sebesar $1,6 \mu s$ ^[6]. Sedangkan untuk D_{UTP} dapat dihitung dengan panjang kabel UTP (l) dibagi dengan cepat rambat (s) pengiriman data pada media UTP terlihat pada Persamaan (2.1). D_{UTP} terbagi dua yaitu D_{UTP1} dan D_{UTP2} . D_{UTP1} merupakan *delay* pada media UTP pada sisi *reader* sedangkan D_{UTP2} merupakan *delay* pada media UTP pada sisi server. Panjang kabel UTP dapat dilihat pada Tabel 3.3. Untuk D_{buffer} merupakan *delay* proses yang terjadi pada *server* penyangga yang berada di Lantai 1 gedung Tokong Nanas.

$$D_{UTP} = \frac{l(meter)}{s(meter / sec\ ond)} = \frac{l}{s} (sec\ ond) \quad (2.1) \quad D_{FO} = \frac{L(meter)}{d(meter / sec\ ond)} = \frac{L}{d} (sec\ ond) \quad (2.2)$$

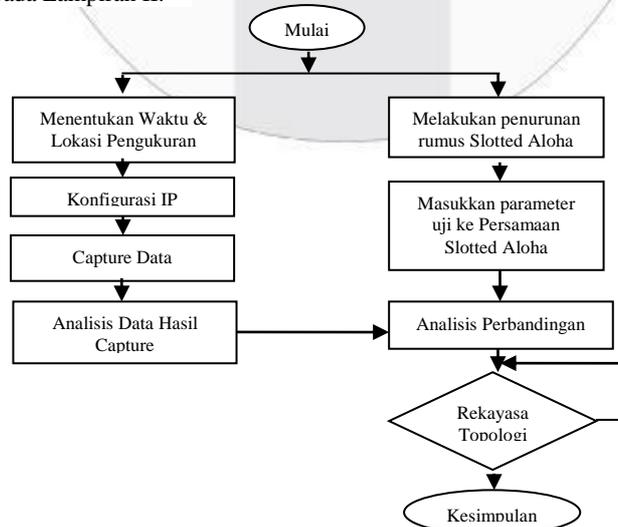
D_{server} terjadi hanya satu kali proses saja tanpa *return* sedangkan D_{reader} , D_{UTP} , D_{buffer} dan D_{FO} terjadi 2 kali proses karena terdapat proses *return* paket data hingga pemberitahuan kembali ke sisi *tag*. D_{UTP} ini terjadi 2 kali proses pada sisi *reader* dan 2 kali pada sisi *server*. Untuk D_{TXRX} dari kabel FO ke UTP maupun sebaliknya terjadi 4 kali proses.

D_{reader} merupakan *delay* yang terjadi berdasarkan spesifikasi perangkat *reader* yang telah diimplementasikan di gedung Tokong Nanas yaitu RFID *reader* CF-RH390 yang *support* terhadap sebuah standar ISO14443A/B/ISO15693. Pada standar ini, nilai *delay* *reader* tergantung kepada persamaan di bawah ini.^[14]

$$D_{reader} = Time_M * \frac{2^{Time_N}}{13,56MHz} \mu s \quad (2.3) \quad \text{dengan, Time_M} = 0\sim 255 \text{ dan Time_N} = 0\sim 21$$

D_{reader} adalah interval waktu sebelum menerima data respon *tag* dan setelah perintah transmisi. Interval waktu $Time_M$ dan $Time_N$ dapat dihitung dengan merandomkan data menggunakan Ms.Excel. Untuk $Time_M$ 0~255 data yang dirandomkan adalah setiap interval data *delay* ke 5 misalnya data *delay* 0, 5, 10, 15 . . . dan seterusnya kemudian didapatkan hasil random $Time_M$ adalah data dengan angka 130 dapat dilihat pada Lampiran II. Sedangkan untuk $Time_N$ 0~21 data yang dirandomkan adalah setiap interval data *delay* ke 3 misalnya data *delay* 0, 3, 6, 9 . . . dan seterusnya kemudian didapatkan hasil random $Time_N$ adalah data dengan angka 6 dapat dilihat pada Lampiran II.^[14]

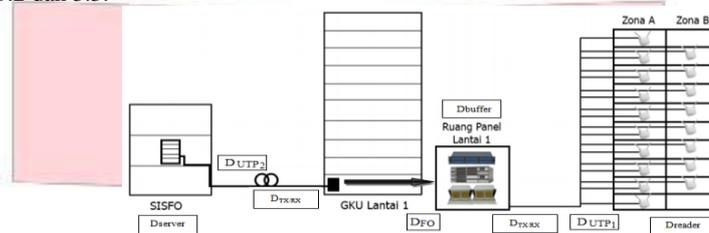
3. Pemodelan Sistem



Gambar 3.1 Diagram Alur Sistem

Pengambilan data Studi Kasus ini dilakukan berdasarkan kepadatan trafik tertinggi setiap harinya di gedung Tokong Nanas sesuai dengan Hari, Jam dan Lantai. Gambar 3.1 merupakan perencanaan alur sistem yang akan dilakukan sebelum melakukan pengambilan data pengukuran dan perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

Transmisi data yang terjadi pada sistem RFID adalah pengiriman data yang dimulai dari *tapping* pada *reader* sehingga dapat diketahui *delay* proses pada *readernya*. Kemudian data dikirimkan melalui kabel UTP sehingga akan terjadi *delay* propagasi pada kabel UTP. Ada dua tipe *delay* pada media UTP yaitu D_{UTP1} pada sisi *reader* dan D_{UTP2} sisi *server* pusat. Selanjutnya data akan dikirim melalui kabel FO sehingga terjadi *delay* pada medium kabel FO. Sebelum data dikirim melalui kabel FO, data akan melalui *server* penyangga di Lantai 1 Tokong Nanas yang akan menyebabkan *delay buffer* kemudian data dikirim lagi melalui kabel UTP, sehingga terdapat proses konfigurasi antara transmitter kabel UTP dengan receiver FO maka terjadi *delay tranceiver* (D_{TXRX}). Dan selanjutnya yang terakhir data akan dikirimkan ke *server* pusat. Pada server pusat terjadi *delay* proses pada *server* seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.2 Model Sistem Transmisi Data

Proses transmisi data dari *server* pusat ke *reader* RFID tiap-tiap kelas menggunakan 2 tipe kabel yaitu kabel UTP dan kabel Fiber Optik. Berikut ini adalah jenis kabel yang telah diimplementasikan di gedung Tokong Nanas yang terlihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Kabel UTP terdapat 5 kategori yaitu cat 1, cat 2, cat 3, cat 4, dan cat 5. UTP dengan cat 1 biasa digunakan untuk transmisi suara atau telepon. UTP dengan cat 2 biasa digunakan untuk *local talk* dengan kecepatan 4 Mbps. UTP dengan cat 3 biasa digunakan untuk protokol *ethernet* yang mengirimkan data. UTP dengan cat 4 biasa digunakan untuk *token ring* dengan kecepatan 20 Mbps. Selanjutnya UTP dengan cat 5 biasa digunakan untuk *fast ethernet* dengan kecepatan 1000 Mbps. Kabel UTP yang telah diimplementasikan adalah UTP yang menggunakan konektor berjenis RJ-45 dan termasuk ke dalam kategori UTP cat 3. Karena UTP cat 3 ini biasa digunakan untuk protokol *ethernet* yang berkecepatan 10 Mbps dengan karakteristik seperti Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Karakteristik Kabel UTP (SISFO)

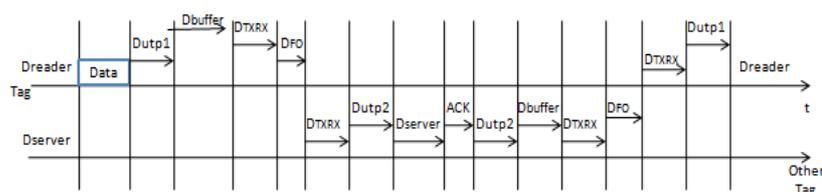
Karakteristik	Nilai
Frekuensi Maksimum	16 MHz
Kategori	Cat 3
Attenuation	36 dB/1000 feet
Near and Cross Talk	23 dB/1000 feet
Resistansi	28,6 Ω /1000 feet
Impedansi	100 Ω ($\pm 15\%$)
Kapasitansi	10 pF/feet
Cepat Rambat Sinyal	2×10^8 m/s

Tabel 3.2 Karakteristik Kabel Fiber Optik (SISFO)

Karakteristik	Nilai
Jenis	Single Mode
Diameter Core	$< 10 \mu\text{m}$
Panjang Gelombang	1310 – 1550 nm
Redaman Maksimum	0,4 – 0,5 dB/km
Lebar Frek min utk 1 km	10 GHz
Kecepatan cahaya (c)	3×10^8 m/s

Kabel Fiber Optik (FO) memiliki 2 jenis yaitu single mode dan multi mode. Kabel FO yang telah diimplementasikan adalah kabel FO dengan jenis single mode Brand B G.652 dengan panjang gelombang sebesar 1310 nm dengan karakteristik seperti Tabel 3.2. Berdasarkan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2, Persamaan (2.1) hingga Persamaan (2.3) dapat diturunkan rumus bahwa *delay* total pengiriman data pada sistem RFID adalah seperti persamaan (3.1) berikut ini.

$$D_{TOTAL} = 2(D_{reader} + D_{UTP1} + D_{UTP2} + D_{FO} + D_{buffer}) + 4D_{TXRX} + D_{server} \quad (3.1)$$



Gambar 3.3 Model Transmisi frame pada *Slotted Aloha* pada RFID Over Fiber

Mengukur performansi *delay* pada *Slotted Aloha* dapat diuji dengan parameter uji berikut ini (Tabel 3.3). Pada media fiber optik kecepatan cahaya yang merambat di udara (c) adalah sebesar 3×10^8 m/s sedangkan kecepatan cahaya yang merambat dalam medium (v) adalah sebesar 2×10^8 m/s. Hal ini juga berlaku pada cepat rambat yang mengalir pada medium UTP (s) yaitu sebesar 2×10^8 m/s.

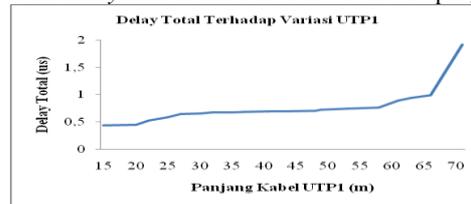
Tabel 3.3 Parameter Uji *delay* [19]

Sistem Parameter	Keterangan
D_{reader}	Delay proses pada reader (μs)
D_{server}	Delay proses pada server = 30 ms (SISFO)
D_{buffer}	Delay proses pada server penyangga = 30 ms (SISFO)
$D_{UTP1\&2}$	Delay propagasi UTP pada sisi reader dan server (μs)
D_{TXRX}	Delay transmitter dan receiver (single mode) = 1,6 μs [6]
D_{FO}	Delay pada Fiber Optik = 1,712 μs (Tabel 3.8)
d	Kecepatan Transfer data (m/s) (Tabel 4.1)
ACK	Acknowledgement
l	Panjang kabel UTP (m)
L	Panjang kabel FO = 350 m (SISFO)
s	Cepat rambat pada UTP = 2×10^8 m/s
c	Kecepatan cahaya dalam ruang hampa = 3×10^8 m/s
v	Kecepatan cahaya dalam medium = 2×10^8 m/s
Time_M	Random data 0~255 = 130 (Lampiran II)
Time_N	Random data 0~21 = 6 (Lampiran II)

4. Hasil Penelitian

4.1 Evaluasi Delay Pengukuran

Data yang dihasilkan adalah data *real* berdasarkan pengukuran langsung yang dilakukan di gedung Tokong Nanas yang terdapat pada lampiran I dengan hasil rata-rata *delay* secara keseluruhan untuk 3 kali pengukuran seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Evaluasi *Delay* Hasil Studi Kasus Pengukuran

Pengambilan *sampling* data dilakukan berdasarkan kepadatan trafik paling tinggi di gedung Tokong Nanas. Berdasarkan kepadatan trafik diperoleh hari, jam dan lantai tertentu. Pada Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa panjang kabel UTP₁ yang telah diimplementasikan sangat mempengaruhi besar *delay* yang dihasilkan. Semakin panjang ukuran kabel UTP₁ maka *delay* yang dihasilkan akan semakin besar dan begitu juga sebaliknya. Panjang kabel UTP₁ merupakan panjang kabel UTP dari *server* penyangga Lantai 1 gedung Tokong Nanas ke *reader* di tiap-tiap kelas. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa *delay* yang dihasilkan sesuai dengan variasi panjang kabel UTP₁ yaitu ± 0,5s hingga >1s. Ini artinya untuk satu orang yang *tapping* presensi dibutuhkan waktu rata-rata ± 0,5s hingga >1s. Untuk lebih efektif dan efisien, maka diperlukan adanya peningkatan yang lebih baik dari hasil pengukuran tersebut sehingga dibutuhkan perhitungan dan rekayasa topologi guna menghasilkan *delay* yang diharapkan yaitu < 0,5 s.

4.2 Evaluasi Delay Reader

Pada sisi *reader* terdapat *delay reader* (D_{reader}) yang dapat diperoleh dengan substitusi parameter ke Persamaan (2.3). Pada Persamaan (2.3) terdapat adanya nilai $Time_M$ dan $Time_N$. Nilai $Time_M$ diperoleh dari hasil random data 0~255 untuk random 10000 kali dengan interval data 5 yaitu 0, 5, 10... dan seterusnya. Berdasarkan random data 10000 kali tersebut diperoleh beberapa data dengan frekuensi tertinggi contohnya data dengan angka 130, 40, 165, 100, dan 10. Akan tetapi untuk perhitungan kali ini digunakan satu sampel data saja dengan frekuensi yang paling tinggi yaitu data dengan angka 130. Sedangkan untuk nilai $Time_N$ diperoleh dari hasil random data 0~21 untuk random 10000 kali dengan interval data 3 yaitu 0, 3, 6... dan seterusnya. Berdasarkan random data 10000 kali tersebut diperoleh data dengan frekuensi tertinggi yaitu data dengan angka 6 sebagai sampel perhitungan. Berdasarkan data $Time_M$ dan $Time_N$ yang diperoleh tersebut, maka nilai $Time_M$ dan $Time_N$ ini disubstitusikan ke Persamaan (2.3) sehingga akan diperoleh *delay reader*-nya sebesar:

$$D_{reader} = 130 * \frac{2^6}{13,56MHz} \mu s = 613,56 \mu s$$

4.3 Evaluasi Delay UTP

Pada proses pengiriman data dari sisi *reader* ke sisi *server* pusat terdapat kabel UTP sebagai media transfer data. Kabel UTP yang digunakan memiliki ukuran dan panjang yang bervariasi diantaranya terdapat 2 macam UTP yaitu UTP₁ dan UTP₂. Panjang kabel UTP₁ merupakan panjang kabel yang digunakan dari sisi *server* penyangga Lantai 1 ke *reader* tiap-tiap kelas di gedung Tokong Nanas. Sedangkan panjang kabel UTP₂ merupakan panjang kabel yang digunakan dari Lantai 1 SISFO ke sisi *server* pusat di Lantai 2 SISFO. Untuk UTP₁ hasil *delay* yang diperoleh bervariasi karena panjang kabel UTP yang digunakan ke tiap-tiap lantai gedung Tokong Nanas berbeda, sedangkan untuk UTP₂ hasil *delay* yang diperoleh tetap karena panjang kabel UTP yang digunakan sama ke sisi *server* pusat. $Delay$ UTP₁ (D_{UTP1}) dapat diperoleh berdasarkan Persamaan (2.1). Sebagai contoh, untuk menghitung D_{UTP1} pada Lantai 6 dengan kelas KU.03.06.13 dan panjang kabel UTP yang digunakan sebesar 66 m terhadap cepat rambat pengiriman data pada media UTP sebesar 2×10^8 m/s maka D_{UTP1} yang diperoleh adalah sebagai berikut. $Delay$ UTP₂ (D_{UTP2}) dapat diperoleh dengan persamaan yang sama dengan panjang kabel UTP yang bersifat tetap yaitu sebesar 7,2 m dari Lantai 1 SISFO hingga ke sisi *server* pusat SISFO Lantai 2, sehingga nilai D_{UTP2} yang diperoleh adalah sebagai berikut.

$$D_{UTP2} = \frac{l}{s} = \frac{7,2m}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3,6 \times 10^{-8} s = 0,036 \mu s \quad D_{UTP1} = \frac{l}{s} = \frac{66m}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3,3 \times 10^{-7} s = 0,33 \mu s$$

4.4 Evaluasi Delay Transceiver

Proses pengiriman data RFID Over Fiber terdapat 2 jenis kabel yang diimplementasikan yaitu kabel UTP dan kabel Fiber Optik, sehingga pada saat proses transfer data terdapat *delay* yang menyebabkan adanya perubahan proses transfer data pada *transmitter* dan *receiver* (D_{TXRX}). D_{TXRX} diperoleh berdasarkan *datasheet Single Mode Fiber Optic Transceiver E-FRL-MC03 USER'S GUIDE*, Transition Network, Minneapolis, USA^[6] yaitu sebesar 1,6 μs.

4.5 Evaluasi Delay Fiber Optik

$Delay$ Fiber Optik (D_{FO}) bersifat tetap karena panjang kabel optik yang digunakan memiliki ukuran yang tetap dari sisi *server* Lantai 1 SISFO ke *server* penyangga Lantai 1 gedung Tokong Nanas yaitu sebesar 350 m. Jenis kabel FO yang telah diimplementasikan adalah Brand B (G.652) dengan *wavelength* sebesar 1310 nm. Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa *refractive index*-nya sebesar 1,467 dengan kecepatan transfer data sebesar 204,357 m/μs, sehingga dapat diperoleh D_{FO} dengan mensubstitusikan parameter ke Persamaan (2.2) yaitu sebagai berikut.

$$D_{FO} = \frac{L}{d} = \frac{350m}{204,357m/\mu s} = 1,712 \mu s$$

Tabel 4.1 Tipe Fiber Optik (SISFO)

Tipe Fiber Optik	Wavelength	Refractive Index	Kecepatan Transfer
Brand A (G.652)	1310 nm	1,4677	204,260 m/μs
	1550 nm	1,4682	204,191 m/μs
Brand A (G.655)	1550 nm	1,468	204,218 m/μs
	1625 nm	1,469	204,079 m/μs
Brand B (G.652)	1310 nm	1,467	204,357 m/μs
	1550 nm	1,468	204,220 m/μs
Brand B (G.655)	1550 nm	1,470	203,940 m/μs
	1625 nm	1,470	203,940 m/μs

4.6 Evaluasi Delay Server Pusat dan Delay Server Penyangga

Delay yang terjadi pada sisi server pusat gedung SISFO (D_{server}) dan delay proses pada server penyangga (D_{buffer}) Lantai 1 gedung Tokong Nanas dapat diperoleh berdasarkan spesifikasi perangkat server yang digunakan pihak SISFO dengan settingan sebesar 30 ms. D_{server} dan D_{buffer} ini memiliki nilai delay bersifat tetap karena sistem RFID ini hanya memiliki satu server pusat sebagai pusat pengecekan kevalidan data. Sedangkan untuk D_{buffer} diasumsikan memiliki settingan yang sama dengan server pusat.

Berdasarkan beberapa hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa D_{reader} , D_{UTP2} , D_{FO} , D_{TXRX} , D_{buffer} , dan D_{server} memiliki nilai delay yang bersifat tetap yang terlihat pada Tabel 4.2, sedangkan D_{UTP1} memiliki nilai delay yang bervariasi. Oleh karena itu yang paling berpengaruh dalam pengiriman data pada sistem RFID ini adalah delay proses yang disebabkan panjang kabel UTP1 (D_{UTP1}) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Variasi Delay yang bersifat Tetap

Posisi	D_{server}	D_{buffer}	D_{reader}	D_{TXRX}	D_{UTP2}	D_{FO}
Lantai 1	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 2	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 3	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 4	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 5	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 6	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 7	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 8	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s
Lantai 9	30 ms	30 ms	613,56 μ s	1,6 μ s	0,036 μ s	1,712 μ s

4.7 Evaluasi Penurunan Rumus Delay Slotted Aloha

Berdasarkan parameter uji sistem Tabel 3.3, untuk mengetahui delay yang diperoleh berdasarkan pendekatan rumus Persamaan (3.1) maka didapatkan hasil rata-rata delay secara keseluruhan seperti Gambar 4.2.

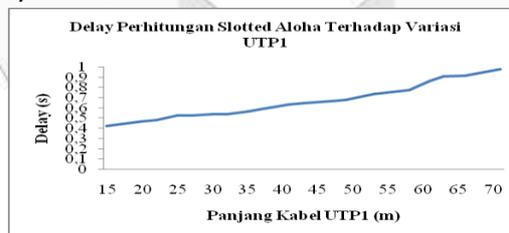
Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa D_{reader} sebesar 613,56 μ s, D_{UTP2} sebesar 0,036 μ s, D_{FO} sebesar 1,712 μ s, D_{TXRX} sebesar 1,6 μ s, D_{buffer} dan D_{server} sebesar 30 ms. Sedangkan untuk D_{UTP1} memiliki nilai yang bervariasi sebagai contoh, pada saat ada sebuah reader yang terdeteksi dari kelas KU.03.06.13 dengan panjang kabel UTP 66 m dari sisi server penyangga ke sisi reader, maka D_{UTP1} yang diperoleh adalah sebagai berikut.

$$D_{UTP1} = \frac{l}{s} = \frac{66m}{2 \times 10^8} = 0,33 \mu s$$

$$D_{TOTAL} = 2(D_{reader} + D_{UTP1} + D_{UTP2} + D_{FO} + D_{penyangga}) + 4D_{TXRX} + D_{server}$$

$$D_{TOTAL} = 2(613,56 \mu s + 0,33 \mu s + 0,036 \mu s + 1,712 \mu s + 30000) + 4(1,6 \mu s) + 30000 \mu s$$

Sehingga, $D_{TOTAL} = 912376,76 \mu s = 0,912 s$



Gambar 4.2 Grafik Evaluasi Delay Hasil Perhitungan Rumus Slotted Aloha

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa, nilai delay yang dihasilkan berdasarkan perhitungan Slotted Aloha adalah sekitar $\pm 0,4$ s hingga <1 s mendekati nilai delay yang diperoleh dari Studi Kasus pengukuran yang berkisar sekitar $\pm 0,5$ s hingga >1 s. Nilai perhitungan diperoleh berdasarkan nilai spesifikasi perangkat yang sesungguhnya yang disubstitusikan ke Persamaan (3.1) tanpa adanya pengaruh media fisik dan kondisi suatu perangkat yang digunakan dalam sistem RFID ini. Sedangkan nilai pengukuran diperoleh berdasarkan Studi Kasus pengukuran langsung dengan data real sehingga dipengaruhi oleh media fisik dan kondisi suatu perangkat. Hal ini menyebabkan terjadinya selisih nilai antara hasil pengukuran dan perhitungan. Perbandingan data hasil Studi Kasus pengukuran dengan data hasil perhitungan rumus Slotted Aloha, dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Lantai	Kelas	Jarak (m)	Pengukuran (s)	Perhitungan (s)
Lantai 3	KU.03.03.08	15	0,4332	0,421
	KU.03.03.12	43,8	0,6912	0,645
Lantai 4	KU.03.04.08	20	0,4332	0,470
	KU.03.04.09	20	0,451	0,470
	KU.03.04.07	22,2	0,5291	0,478
	KU.03.04.10	27,2	0,6408	0,528
	KU.03.04.05	41,6	0,6907	0,632
	KU.03.04.04	48,8	0,6987	0,675
Lantai 5	KU.03.04.12	48,8	0,7132	0,675
	KU.03.05.08	25	0,5716	0,526
	KU.03.05.09	25	0,5744	0,526
	KU.03.05.10	32,2	0,6705	0,538
	KU.03.05.12	53,8	0,7391	0,737
Lantai 6	KU.03.05.03	61	0,8871	0,862
	KU.03.06.08	30	0,6522	0,536
	KU.03.06.10	37,2	0,6856	0,588
	KU.03.06.12	58,8	0,7666	0,776

	KU.03.06.13	66	0,9869	0,912
Lantai 7	KU.03.07.08	35	0,6762	0,566
	KU.03.07.06	49,2	0,7257	0,678
	KU.03.07.04	63,8	0,9197	0,907
	KU.03.07.12	63,8	0,9655	0,907
	KU.03.07.13	71	1,9212	0,977
	Rata-rata		0,7401	0,653

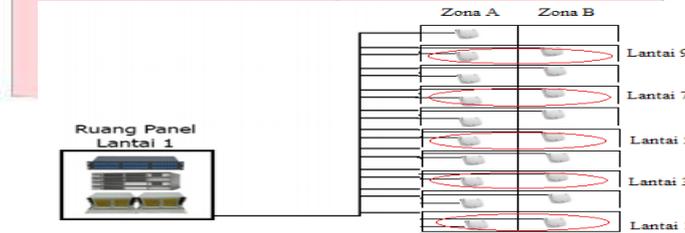
Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh hasil rata-rata selisih nilai perbedaannya sebesar 11,7%. Perbedaan tersebut dapat diperoleh dari selisih rata-rata hasil pengukuran dengan perhitungan kemudian dibagi dengan hasil rata-rata pengukuran dikali dengan 100%, seperti persamaan berikut ini.

$$\frac{\text{pengukuran} - \text{perhitungan}}{\text{pengukuran}} \times 100\% = \frac{0,7401 - 0,653}{0,7401} \times 100\% = 11,7\%$$

Selisih nilai sebesar 11,7% ini artinya terdapat data yang *error* disebabkan oleh media fisik dan kondisi perangkat pada saat pengiriman data sehingga menyebabkan *delay* yang dihasilkan pada saat pengukuran lebih besar dibandingkan dengan *delay* yang dihasilkan pada saat perhitungan.

4.7 Rekayasa Topologi Jaringan RFID Over Fiber

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa pada saat pengukuran masih terdapat beberapa *delay* yang lebih dari 1 second dan tidak sesuai dengan harapan yaitu <0,5 s. *Delay* pada RFID ini sangat dipengaruhi oleh panjang kabel UTP₁ sehingga perlu adanya langkah untuk mengurangi *delay* tersebut dengan melakukan sebuah rekayasa topologi jaringan RFID. Rekayasa yang dilakukan adalah dengan menambahkan panjang kabel FO dan meminimalisir penggunaan kabel UTP. Salah satu hal yang bisa dilakukan adalah melakukan rekomendasi tata letak atau posisi *server* penyangga yang sebelumnya hanya terdapat di Lantai 1 gedung Tokong Nanas, perlu ditambahkan beberapa *server* penyangga di setiap 2 Lantai yaitu pada Lantai 1, 3, 5, 7 dan 9 seperti dalam perancangan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rekayasa Posisi *Server* Penyangga

Pada Gambar 4.3 dilakukan penambahan beberapa *server* penyangga yaitu pada Lantai 1, 3, 5, 7 dan 9 yang ditandai dengan lingkaran merah. Dari hasil penambahan *server* penyangga tersebut dapat mempengaruhi panjang kabel FO yang akan digunakan. Panjang kabel FO yang digunakan akan bertambah tetapi penggunaan kabel UTP akan diminimalisir guna menghasilkan *delay* yang lebih kecil, hal ini akan mempengaruhi nilai *delay* UTP₁ dan *delay* FO yang dihasilkan sehingga diperoleh hasil perbedaan data *delay* sebelum rekayasa dan setelah rekayasa seperti pada Tabel 4.4. Sebagai contoh pada saat ada sebuah *reader* yang terdeteksi dari kelas KU.03.05.08 dengan ukuran kabel UTP₁ yang digunakan sepanjang 5 m maka ukuran kabel FO dari *server* penyangga Lantai 5 akan bertambah menjadi 370 m maka D_{UTP1} dan D_{FO} yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$D_{UTP1} = \frac{l}{s} = \frac{5m}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 2,5 \times 10^{-8} \text{ s} = 0,025 \mu\text{s}$$

$$D_{FO} = \frac{L}{d} = \frac{370m}{204,357 \text{ m}/\mu\text{s}} = 1,810 \mu\text{s}$$

Dari perhitungan di atas, D_{total} yang diperoleh setelah adanya rekayasa topologi jaringan adalah sebagai berikut.

$$D_{TOTAL} = 2(D_{reader} + D_{UTP1} + D_{UTP2} + D_{FO} + D_{penyangga}) + 4D_{TXRX} + D_{server}$$

$$D_{TOTAL} = 2(613,56 \mu\text{s} + 0,025 \mu\text{s} + 0,036 \mu\text{s} + 1,810 \mu\text{s} + 30000 \mu\text{s}) + 4(1,6 \mu\text{s}) + 30000 \mu\text{s}$$

$$D_{TOTAL} = 362372,62 \mu\text{s} = 0,362 \text{ s}$$

Tabel 4.4 Perbedaan Sebelum dan Setelah Rekayasa

Lantai	Posisi Kelas	l ₁ before(m)	l ₁ after(m)	L before (m)	L after (m)	Pengukuran (s)	Perhitungan (s) before	Perhitungan (s) after
Lantai 3	KU.03.03.08	15	5	350	360	0,4332	0,421	0,370
	KU.03.03.12	43,8	33,8	350	360	0,6912	0,645	0,452
Lantai 4	KU.03.04.08	20	10	350	360	0,4332	0,470	0,374
	KU.03.04.09	20	10	350	360	0,4510	0,470	0,374
	KU.03.04.07	22,2	17,2	350	360	0,5291	0,478	0,386
	KU.03.04.10	27,2	17,2	350	360	0,6408	0,528	0,386
	KU.03.04.05	41,6	26,6	350	360	0,6907	0,632	0,438
	KU.03.04.04	48,8	38,8	350	360	0,6987	0,675	0,502
	KU.03.04.12	48,8	33,8	350	360	0,7132	0,675	0,452
Lantai 5	KU.03.05.08	25	5	350	370	0,5716	0,526	0,362
	KU.03.05.09	25	5	350	370	0,5744	0,526	0,362
	KU.03.05.10	32,2	12,2	350	370	0,6705	0,538	0,377
	KU.03.05.12	53,8	33,8	350	370	0,7391	0,737	0,450
	KU.03.05.03	61	36	350	370	0,8871	0,862	0,496
Lantai 6	KU.03.06.08	30	10	350	370	0,6522	0,536	0,373
	KU.03.06.10	37,2	17,2	350	370	0,6856	0,588	0,384
	KU.03.06.12	58,8	38,8	350	370	0,7666	0,776	0,500
	KU.03.06.13	66	46	350	370	0,9869	0,912	0,567
Lantai 7	KU.03.07.08	35	5	350	380	0,6762	0,566	0,360
	KU.03.07.06	49,2	14,4	350	380	0,7257	0,678	0,354
	KU.03.07.04	63,8	28,8	350	380	0,9197	0,907	0,448
	KU.03.07.12	63,8	33,8	350	380	0,9655	0,907	0,450
	KU.03.07.13	71	41	350	380	1,9212	0,977	0,522
	Rata-rata					0,7382	0,653	0,423

Rekayasa topologi jaringan yang telah dilakukan mempengaruhi penambahan *server* penyangga di setiap 2 Lantai, maka diperoleh hasil bahwa adanya penurunan waktu transfer data sebesar 35% dari hasil perhitungan sebelum rekayasa. Hal ini dapat dibuktikan dari selisih hasil rata-rata *delay* saat perhitungan sebelum adanya rekayasa dengan hasil rata-rata perhitungan *delay* setelah adanya rekayasa penambahan *server* dibagi dengan hasil perhitungan sebelum adanya rekayasa kemudian dikali 100%, seperti persamaan berikut ini.

$$\frac{\text{Pengukuran} - \text{perhitungan}}{\text{pengukuran}} \times 100\% = \frac{0,653 - 0,423}{0,653} \times 100\% = 35\%$$

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa dengan adanya rekayasa topologi jaringan maka data yang dikirim mengalami penurunan waktu transfer data menjadi lebih cepat sebesar 35%, hal ini sangat mempengaruhi waktu pengiriman *tag* sehingga menyebabkan terjadinya penurunan *delay*. Penurunan waktu transfer data sebesar 35% sangat mempengaruhi proses transaksi, dimana setiap orang dapat melakukan *tapping* dengan rata-rata waktu <0,5 s yaitu hanya sekitar 0,423 s sesuai dengan perhitungan setelah adanya rekayasa topologi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam 1 detik terdapat 2 *tag* yang dapat melakukan *tapping*, sehingga jika dalam satu kelas terdapat rata-rata 45 orang maka waktu yang dibutuhkan untuk *tapping* bisa jauh lebih efektif yaitu $0,423 \text{ s} \times 45 \text{ orang} = 19,035 \text{ s}$. Sekitar ± 19 detik waktu yang dibutuhkan untuk *tapping* 45 orang dengan asumsi waktu yang *significant* setiap *tag*-nya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan Studi Kasus pengukuran dan analisis penurunan rumus *Slotted Aloha* pada sistem RFID dapat disimpulkan bahwa:

1. Sebelum adanya rekayasa topologi jaringan selisih data *delay* antara pengukuran dan perhitungan secara keseluruhan adalah rata-rata sebesar 11,7%. Setelah dilakukan rekayasa topologi dengan penambahan posisi *server* penyangga maka diperoleh bahwa adanya penurunan waktu transfer data rata-rata sebesar 35%. Ini artinya terjadi penurunan *delay* yang ditandai dengan selisih data yang jauh lebih besar dari pada saat sebelum adanya rekayasa topologi jaringan, sehingga dapat meningkatkan *Quality of Service* (QoS) khususnya *delay* pada jaringan RFID Over Fiber di gedung Tokong Nanas.
2. Nilai *delay* berdasarkan hasil perhitungan rata-rata mendekati nilai *delay* berdasarkan pengukuran, namun masih terdapat selisih data sebesar 11,7%. Hal ini disebabkan oleh data yang diproses ke persamaan protokol *Slotted Aloha* sesuai dengan spesifikasi perangkat yang sebenarnya. Sedangkan data *delay* pada pengukuran merupakan data *real* yang ada sehingga dipengaruhi oleh media fisik dan kondisi dari suatu perangkat yang digunakan.
3. *Delay reader*, *delay* pada *server* pusat, *delay* pada *server* penyangga, *delay* UTP₂, *delay* *transceiver*, dan *delay* FO memiliki nilai yang tetap karena ukuran kabel yang digunakan bernilai tetap. Sedangkan *delay* UTP₁ memiliki nilai yang bervariasi karena ukuran kabel yang digunakan dari *server* penyangga ke tiap-tiap *reader* memiliki ukuran yang berbeda-beda.
4. Ukuran panjang kabel UTP₁ yang digunakan sangat mempengaruhi besar *delay* yang akan dihasilkan. Pengaruhnya terhadap *delay* adalah berbanding lurus. Semakin panjang kabel UTP₁ yang digunakan maka semakin besar *delay* yang dihasilkan dan sebaliknya semakin kecil ukuran kabel yang digunakan maka *delay* yang dihasilkan juga semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahson, Syed A & Mohammad Ilyas. *RFID Handbook: Applications, Technology, Security, and Privacy*. Taylor & Francis Group, 2008
- [2] Budiyanto, Agus dkk. *Analisis dan Implementasi Algoritma Frame Slotted Aloha (FSA) sebagai anti-collision pada Sistem Radio Frequency Identification (RFID)*. Telkom University, 2012
- [3] Burdet, Luc Andre. *RFID Multiple Access Methods*. Swiss. Seminar "Smart Environment". ETH Zurich. 2004
- [4] Brown, Dennis. *RFID Implementation*. McGraw-Hill Companies. 2006
- [5] Cao, Q & Gurcan, M.K. *Markov Model and Delay Analysis for Group ALOHA System*. IEEE. 0-7803-3157-5/96, 1996
- [6] *Data sheet, Single Mode Fiber Optic Transceiver E-FRL-MC03 USER'S GUIDE, Transition Network*, Minneapolis, USA
- [7] E. S. Sugesti, P. S. Priambodo, K. Ramli, B. Budiardjo, "Delay Bound Analysis for Hybrid Network: IEEE 802.11g ERP-OFDM WLAN over Fiber", ATNAC, New Zealand, 2010.
- [8] E. S. Sugesti, P. S. Priambodo, K. Ramli, B. Budiardjo, "Delay Bound Analysis for Hybrid Network : Interoperable IEEE 802.11b/g WLAN over Fiber", ICUMT, 2010.
- [9] <http://elektronika-dasar.web.id/definisi-dan-aplikasi-rfid-radio-frequency-identification/> [Diakses 24 September 2016]
- [10] <http://ernasugesti.staff.telkomuniversity.ac.id/penelitian/publikasi-2> [Diakses 26 Oktober 2016]
- [11] <http://ridhanegara.staff.telkomuniversity.ac.id/pengajaran/pengajaran-aktual-2/jarkomdat/> [Diakses 15 Maret 2017]
- [12] <http://www.chafon.com/> [Diakses 15 Oktober 2016]
- [13] http://www.kompasiana.com/endidwikristianto/menghitung-delay-paket-jaringan-menggunakan-wireshark_55186af481331147699de684 [Diakses 10 Oktober 2016]
- [14] *ISO15693 and ISO14443A/B Multi-Protocol HF Tag Reader RR3036 User's Manual V3.3*
- [15] Jaap, Henk Hoepman & Ingrid Verbauwhe. *Radio Frequency Identification. Security and Privacy Issues*. 2013
- [16] Kitsos, Paris & Yan Zhang. *RFID Security Techniques, Protocol and System on Chip Design*. 2010
- [17] Mamalis, Basilis Dkk. *RFID and Sensor Network*. E-book
- [18] Park, Kun I. *QoS IN PACKET NETWORKS*. 2005
- [19] Reza, Fauzi Dwi. *Simulasi dan analisis Delay pada Sistem RFID*
- [20] Sudiyanto, Prasoj. *PROTOCOL ALOHA jurnal*. Telkom University, 2014
- [21] Ubaidillah & Achmad. *Medium Access Control Protocols*. Universitas Trunojoyo Madura, 2013
- [22] Wijaya, Dedy Rahman. *Integrated and Efficient Attendance Management System Based On RFID*. Telkom University, 2015