

**Analisis Komunikasi *Machine to Machine* (M2M) Antara Zigbee dan
Bluetooth dengan Kombinasi WiFi melalui *Point to point Link***

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun Oleh :

Naufal Kamal

13524096

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisis Komunikasi Machine to Machine (M2M) Antara Zigbee dan
Bluetooth dengan Kombinasi WiFi melalui *Point to point Link***



الجامعة الإسلامية
Yogyakarta, 5 Februari 2018

Menyetujui,

Pembimbing

Ida Nurcahyani, ST., M.Eng

155240104

PERNYATAAN

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 5 Maret 2018



Naufal Kamal

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil' alamin, Puji dan rasa syukur mendalam penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanawata'ala, karena berkat limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya maka skripsi yang berjudul “Analisis Komunikasi Machine to Machine (M2M) Antara Zigbee dan Bluetooth dengan Kombinasi WiFi melalui *Point to point Link*” telah selesai dengan baik dan lancar. Tak lupa sholawat dan salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad Sollaluwalaihiwassalam yang telah membawa umatnya dari jaman kebodohan sampai dengan jaman yang penuh dengan ilmu seperti saat ini dan Inshaallah kita dapat meneladani sunnah-sunnah yang sudah diajarkan hingga akhir zaman.

Penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terimakasih tersebut di sampaikan kepada:

1. Ayah terhebat Zaini Aziz, dan Ibuku tercinta Indriyani, orang tua penulis, yang telah membesarkan dan mendidik, serta saudara kandung yang memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
2. Ibu Ida Nurcahyani, ST., M. Eng. selaku dosen pembimbing pada skripsi yang saya ampu.
3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
4. Dayanara Almira yang telah membantu sangat banyak dalam pemeriksaan kata demi kata dalam skripsi ini.
5. Adam, Adit, Ahmad, Jaky, dan saudaraku jurusan teknik elektro, khususnya angkatan 2013.
6. Saudara-saudara pasukan Telkom (PASTEL) yang selalu mendukung penulis dalam pengerjaan skripsi ini. Semoga pasukan telkom semakin maju dan bermanfaat.

7. Temen-temen The Wacana Man yang selalu menghibur dan mendukung penulis dalam pengerjaan skripsi. Sukses ya kalian!
8. Temen-temen Unisi Robotika yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga yang akan selalu dikenang dan ikut mendukung penulis dalam pengerjaan skripsi.
9. Temen-temen KKN unit 87 yang selalu bahagia.
10. Temen-temen Central Language Improvement.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis selama masa kuliah.

Adapun kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Kritik dan saran sangat dibutuhkan penulis demi kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

Yogyakarta, 5 Februari 2018

Naufal Kamal

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Analisis Komunikasi *Machine to Machine* (M2M) Antara Zigbee dan Bluetooth dengan Kombinasi WiFi melalui *Point to point Link*

Oleh:

Nama : Naufal Kamal

Nim : 13524096

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 Februari 2018

Tim Penguji,

Ketua

Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng

Anggota I

Tito Yuwono, S.T., M.Sc

Anggota II

Dzata Farahiyah, S.T., M.Sc

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Universitas Islam Indonesia


Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

ABSTRAK

Dalam perkembangan teknologi seperti sekarang ini, teknologi M2M menjadi tantangan setiap perusahaan teknologi komunikasi. M2M menawarkan peluang yang luar biasa sekaligus tantangan unik, terlebih lagi perangkat ini bervariasi dari kendaraan yang berkomunikasi secara *real time*, hingga alat pembaca jarak yang mengirim sejumlah kecil data secara berkala. Sistem komunikasi M2M mencakup beberapa industri vertikal seperti transportasi, perawatan kesehatan, ritel, pemantauan industri, perbankan, otomasi rumah, dan mencakup berbagai aplikasi dalam setiap kebutuhan. Penelitian ini memfokuskan pembahasan tentang analisis perbandingan teknologi Zigbee dan Bluetooth yang masing-masing teknologi tersebut dikombinasikan dengan teknologi WI-FI. Analisis yang diambil dari penelitian ini dalam hal daya tahan perangkat dan *Quality of Service (QoS)* yang terdiri dari *delay*, *throughput* dan *jitter* secara *point to point link* dalam jarak dekat pada sistem dan perangkat *prototype* M2M yang akan dibangun. Pada penelitian juga melihat keefektifan dari masing-masing teknologi yang dapat digunakan untuk sistem, yang bertujuan agar perancangan dalam hal teknologi komunikasi data dapat sesuai dengan kebutuhan dari perangkat dan pengguna. Hasil yang didapat oleh penelitian ini ialah Bluetooth memiliki nilai *delay* dan *throughput* yang lebih baik dibandingkan teknologi Zigbee. Nilai total *delay* yang dihasilkan teknologi Zigbee sebesar 8,66 detik sedangkan nilai total *delay* dari teknologi Bluetooth sebesar 5,9 detik. Nilai total *delay* teknologi Zigbee berbeda 2,76 detik atau lebih besar 31% dari teknologi Bluetooth. Nilai *throughput* pada teknologi Bluetooth sebesar 2076,26 bps sedangkan nilai *throughput* teknologi Zigbee sebesar 1960,93 bps. *Throughput* teknologi Bluetooth lebih unggul 115,33 bps atau 6% lebih cepat dari pada teknologi Zigbee. *Jitter* dan daya tahan perangkat teknologi Zigbee lebih unggul dari pada Teknologi Bluetooth. Nilai *Jitter* Teknologi Zigbee sebesar 4,88 ms sedangkan nilai *jitter* teknologi Bluetooth sebesar 5,21 ms. Teknologi Zigbee mendapatkan nilai *Jitter* lebih kecil 0,33 ms atau lebih kecil 7% dari pada teknologi Bluetooth . Teknologi Zigbee mengkonsumsi daya lebih rendah 33% dibandingkan teknologi Bluetooth dengan nilai data daya tahan teknologi Zigbee bertahan 36 jam sedangkan teknologi Bluetooth bertahan 24 jam.

Kata Kunci : *Machine to Machine Communication (M2M)*, Bluetooth, Zigbee, *Quality of Service (QoS)*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3.Batasan Masalah	2
1.4.Tujuan Penelitian.....	2
1.5.Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Studi Literatur	3
2.2. Tinjauan Teori.....	4
2.2.1. Teknologi <i>Machine to Machine</i>	4
2.2.2. <i>Machine To Machine Communication</i>	4
BAB III METODOLOGI.....	9
3.1.Tahapan Penelitian	9
3.1.1. Data Observasi.....	10
3.2.2.Diagram Alir Pembuatan Perangkat <i>Prototype M2M</i>	11
3.2.3.Diagram Alir Perencanaan Sistem	11
3.2.4.Analisis Hasil.....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1.Hasil Pengerjaan Alat M2M	13
4.2.Hasil Pengambilan Data Dari Alat M2M.....	15
4.2.1Pengambilan Data dengan Teknologi Bluetooth.....	16
4.2.2Pengambilan Data dengan Teknologi Zigbee.....	18

4.2.3. Hasil Pengujian Daya Tahan Perangkat	20
4.2.4. Analisis kesimpulan Data Hasil Percobaan Alat.....	21
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Kesimpulan.....	26
5.2. Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram alir tahapan penelitian.....	10
Gambar 3. 2 Diagram alir pembuatan perangkat <i>prototype</i> M2M	11
Gambar 3. 3 Diagram alir sistem perangkat <i>prototype</i> M2M.....	12
Gambar 4. 1 Perangkat <i>prototype</i> komunikasi M2M	13
Gambar 4. 2 Tampilan antar muka <i>prototype</i> komunikasi M2M teknologi Bluetooth	14
Gambar 4. 3 Tampilan antar muka <i>prototype</i> komunikasi M2M teknologi Zigbee.....	14
Gambar 4. 4 Tampilan paket data yang diambil menggunakan aplikasi Wireshark	15
Gambar 4. 5 Tampilan data yang diambil menggunakan aplikasi Wireshark.....	16
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan data delay 60 detik pengambilan data	22
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan data delay 5 menit pengambilan data	23
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan data troughput 60 detik pengambilan data.....	23
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan data troughput 5 menit pengambilan data.....	24
Gambar 4. 10 Grafik perbandingan jitter 60 detik pengambilan data	21
Gambar 4. 11 Grafik perbandingan jitter 5 menit pengambilan data	25
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan data daya tahan alat	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. <i>Datasheet</i> perangkat Zigbee	5
Tabel 2. 2. <i>Datasheet</i> perangkat Bluetooth	6
Tabel 4. 1. Pengambilan data satu kali selama 60 detik pada Teknologi Bluetooth	18
Tabel 4. 2. Pengambilan data lima kali selama 5 menit pada Teknologi Bluetooth	19
Tabel 4. 3. Pengambilan data satu kali selama 60 detik pada Teknologi Zigbee	20
Tabel 4. 4. Pengambilan data lima kali selama 5 menit pada Teknologi Zigbee	21
Tabel 4. 5. Hasil percobaan daya tahan alat	21

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Komunikasi *Machine-to-Machine* (M2M) adalah bentuk komunikasi data yang melibatkan satu atau lebih perangkat yang tidak memerlukan interaksi manusia dalam proses komunikasi. M2M juga dinamakan sebagai jenis *Machine Type Communication* (MTC) di 3GPP (*The 3rd Generation Partnership*). Komunikasi M2M dapat dilakukan melalui jaringan bergerak (misalnya GSM-GPRS, CDMA EVDO)[3].

Menurut survey yang dilakukan IoT Forum peran jaringan *mobile* dalam komunikasi M2M sangat terbatas untuk memenuhi kebutuhan transportasi jaringan, dengan potensi pasar sebanyak 50 juta perangkat yang terhubung. M2M menawarkan peluang yang luar biasa sekaligus tantangan unik, terlebih lagi perangkat M2M bervariasi dari kendaraan yang berkomunikasi secara *real time*, hingga alat pembaca jarak yang mengirim sejumlah kecil data secara berkala[3]. Perangkat sistem M2M yang ada di pasaran cenderung tidak dapat dikembangkan secara bebas oleh peneliti dan kebanyakan dari perangkat sistem M2M berasal dari luar Indonesia dengan harga yang sangat mahal serta komunikasi perangkat menggunakan standar tertentu yang tidak dapat diketahui oleh peneliti demi keamanan perusahaan.

Komunikasi data pada *prototype* sistem M2M ini sangat memerlukan jaringan internet yang memiliki performa konektivitas dan kecepatan internet yang menjadi faktor penting dalam penggunaan sistem ini[4]. Penelitian ini melakukan beberapa analisis dengan perangkat teknologi komunikasi yang berbeda seperti teknologi Zigbee dan Bluetooth yang dikombinasikan dengan teknologi Wireless Fidelity (WI-FI). Kedua teknologi tersebut dapat digunakan untuk pengimplementasian sistem komunikasi M2M pada perangkat .

Penelitian ini memfokuskan pembahasan tentang analisis perbandingan teknologi Zigbee dan Bluetooth yang masing-masing teknologi tersebut dikombinasikan dengan teknologi WI-FI. Analisis yang diambil dari penelitian ini dalam hal daya tahan perangkat dan *Quality of Service (QoS)* secara *point-to-point link* dalam jarak dekat pada sistem dan perangkat *prototype* M2M yang sudah dibangun. Dalam penelitian ini juga membandingkan keefektifan dari masing-masing teknologi yang sama-sama dapat digunakan untuk sistem M2M, sehingga perancangan dalam hal teknologi komunikasi data dapat sesuai dengan kebutuhan dari perangkat dan pengguna.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang *prototype* M2M dengan teknologi Zigbee dan Bluetooth yang dikombinasikan dengan teknologi Wi-Fi dan dapat digunakan untuk menganalisis daya tahan perangkat dan *quality of service (QoS)* ?
2. Bagaimana menghitung *quality of service* yang meliputi, *throughput*, *delay* dan *jitter* dari data yang di ambil menggunakan *tools* Wireshark ?
3. Bagaimana Menganalisis perbandingan teknologi Bluetooth dan Zigbee yang dikombinasikan dengan Wi-Fi ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Percobaan *prototype* perangkat M2M hanya menggunakan metode *point to point link*.
2. Tugas akhir ini melakukan percobaan secara jarak pendek.
3. Tugas akhir ini tidak mendalami struktur elektronik perangkat dan pemrograman perangkat.
4. Parameter QoS yang di ambil hanya tiga jenis yaitu *throughput*, *delay* dan *jitter*

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang *prototype* M2M yang dapat menganalisis *quality of service* dari jaringan Zigbee dan Bluetooth.
2. Mendapatkan nilai daya tahan perangkat dan *quality of service* berupa nilai *throughput*, *delay* dan *jitter*.
3. Membandingkan teknologi Zigbee dan Bluetooth setelah didapatkan nilai daya tahan perangkat dan *quality of service* dari segi jaringan *point to point link*.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui bagaimana merancang dan menganalisis sistem komunikasi dari *prototype* sistem M2M.
2. Mengetahui perbandingan *quality of service* dari alat yang menggunakan teknologi Zigbee dan Bluetooth.
3. Mendapatkan bukti perbandingan efektivitas dari teknologi Zigbee dan Bluetooth.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Studi Literatur

Zainal Abidin[7] memanfaatkan teknologi berbasis IP (*Internet Protocol*) dengan menggunakan protokol TCP/IP. Teknologi ini menghubungkan semua peralatan menggunakan protokol yang sama. Penelitian ini diharapkan memudahkan komunikasi antar perangkat dan memberikan kenyamanan pemilik rumah dalam mengawasi, mengatur dan mengakses dari jarak yang jauh.

Penelitian M. Arif Setiawan[8] bertujuan agar setiap pemilik rumah dapat menjadikan rumahnya sebagai tempat singgah yang nyaman, efisien, dan aman. Ada empat sensor yang sudah dipakai dalam jurnal ini yaitu sensor PIR, sensor DHT11, sensor LDR dan sensor TGS. Setelah itu dilakukan pengujian SMS *gateway* apakah komunikasi ini bekerja dengan baik atau tidak untuk mengintegrasikan dua mikrokontroler maupun dengan *user*.

Iwan Iskandar[1] mengatasi masalah beberapa staff, dosen, dan mahasiswa yang mengeluhkan lambatnya akses layanan internet yang mereka dapatkan. Dilakukan penelitian pengukuran *Quality of Service* (QoS) jaringan internet UIN Suska Riau menggunakan standar QoS ETSI. Parameter yang digunakan adalah *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* yang sudah diuji pada layanan sosial media, e-mail, *file download*, dan *streaming*. Akun yang digunakan adalah akun staff/dosen dengan *bandwidth* 384kbps dan mahasiswa dengan *bandwidth* 128kbps. Pengujian QoS dilakukan pada gedung-gedung yang menyediakan Wi-Fi.

Miftahul Huda[9] melakukan penelitian yang membantu para pengambil keputusan (seperti administrator jaringan) dalam merancang struktur jaringan yang lebih baik ke depannya. Sehingga dapat memberikan prioritas *traffic* tertentu yang mencakup penggunaan *bandwidth* yang tepat, *delay* dan *jitter* yang terkontrol, serta pengurangan terhadap *packet loss* dalam jurnal ini pengambilan data menggunakan Wireshark.

2.2. Tinjauan Teori

2.2.1. Teknologi *Machine to Machine*

Machine to machine (M2M) adalah sebuah sistem komunikasi yang terbentuk dari beberapa perangkat yang saling berkomunikasi di jaringan yang sama tanpa adanya bantuan dari manusia. M2M melibatkan komunikasi data sensor ke aplikasi berbasis internet [3]. Sensor dan perangkat komunikasi merupakan titik akhir dari sistem M2M. Pada umumnya pengguna dapat melakukan interkoneksi menggunakan teknologi WPAN seperti Zigbee atau Bluetooth. Dengan semakin berkurangnya penggunaan layanan suara, maka operator jaringan bergerak semakin mengandalkan layanan data untuk pertumbuhan pendapatan. M2M menjadi fokus utama dalam layanan data. Proyeksi untuk pertumbuhan perangkat sistem komunikasi M2M berkisar antara 24 juta ke 50 juta perangkat dalam dua dekade ini [3].

Pada dekade yang akan datang, diharapkan dengan lebih dari 2 juta perangkat M2M dapat langsung digabung dengan jaringan seluler saat ini. Sistem komunikasi M2M mencakup beberapa industri vertikal seperti transportasi, perawatan kesehatan, ritel, pemantauan industri, perbankan dan otomasi rumah, serta mencakup berbagai aplikasi dalam setiap kebutuhan. Lalu lintas M2M biasanya berbeda dari lalu lintas konsumen pada umumnya yang ditandai dengan banyaknya transaksi muatan pendek, misalnya aplikasi pengelolaan armada kapal dapat melibatkan transmisi lokasi setiap 20 detik oleh setiap kapal ke *server* aplikasi pusat dengan setiap transaksi yang melibatkan kurang dari 500 byte [3]. Demikian pula pada pelaporan data kesehatan seperti tekanan darah atau detak jantung oleh alat medis melibatkan muatan kurang dari 200 *byte*. Di sisi lain, jaringan seluler termasuk generasi keempat *Long Term Evolution* (LTE) telah dirancang untuk menangani aplikasi komunikasi konsumen seperti *voice*, *video streaming*, konferensi *video*, *browsing* web, dan pengiriman data [3].

2.2.2. *Machine To Machine Communication*

Teknologi komunikasi ini menghubungkan antar perangkat tanpa harus ada bantuan manusia seperti pintu garasi yang akan terbuka dengan sendirinya jika jarak mobil 2 meter. Teknologi ini memungkinkan menghubungkan perangkat yang satu ke perangkat lain dengan komunikasi yang dimiliki secara *real time*. Maka dari itu, salah satu hal yang harus dimiliki adalah perangkat komunikasi yang mumpuni mulai dari jangkauan sinyal yang luas dan jaringan yang handal untuk mendukung sistem M2M. Dalam sistem M2M, peneliti

menggunakan teknologi komunikasi Zigbee dan Bluetooth yang dikombinasikan dengan teknologi Wi-Fi. Perangkat WiFi yang dikombinasi untuk masing-masing teknologi Xbee dan Bluetooth ialah Wi-Fi modul ESP8266 (teknologi Wi-Fi). Berikut penjelasan protokol komunikasi yang telah digunakan:

A. Zigbee

Zigbee adalah suatu standar yang dikeluarkan oleh suatu organisasi internasional yang disebut IEEE 802.15.4. Teknologi ini dirancang untuk komunikasi data pada alat penggunaan pribadi ataupun dalam skala bisnis. Zigbee dirancang dengan penggunaan daya yang sangat rendah tetapi juga hanya bekerja untuk jaringan data personal tingkat rendah. Perangkat Zigbee biasa digunakan untuk mengendalikan dan memonitoring sebuah alat ataupun menjadi alat komunikasi sebuah sensor yang *wireless*. Teknologi Zigbee menggunakan SSP (Security service provider) yang mana Integritas data dan keamanan merupakan salah satu fitur yang menguntungkan dari Teknologi ZigBee karena *sub layer MAC (Media Access Control)* dan *PHY (Physical Layer)* dibuat oleh IEEE. Zigbee memiliki kemampuan dimana mampu mengatur jaringan sendiri, maupun mengatur pertukaran data pada jaringan [2].

Tabel 2. 1. *Datasheet* perangkat Zigbee

<i>Data Sheet X-bee</i>	
<i>Typical Sensitivity</i>	-92 dbm
<i>Transmit power</i>	1 mw
<i>Default Baudrate</i>	38400
<i>Power</i>	3,3v-5v
<i>Range</i>	30 meter
<i>frekuensi</i>	2,4Ghz

B. Bluetooth

Bluetooth adalah sebuah *chip* radio yang dimasukkan ke dalam perangkat yang berupa *mouse, keyboard*, ataupun *remote* pengendalian robot. *Chip* bluetooth ini dirancang untuk menggantikan kabel. Informasi yang pada umumnya dibawa oleh kabel pada teknologi bluetooth ditransmisikan pada frekuensi tertentu kemudian diterima oleh *chip* bluetooth lainnya yang berperan sebagai penerima kemudian informasi tersebut diterima oleh perangkat. Nama bluetooth ini diberikan untuk teknologi baru dengan menggunakan *short-range radio links* untuk menggantikan koneksi kabel atau pengendalian antar alat elektronik. Tujuan dari teknologi ini sangat sederhana yaitu mengurangi kompleksitas, *power* serta

biaya. Teknologi Bluetooth memberikan keamanan pada layer aplikasi dan layer sambungan (link). Bluetooth menggunakan authorisation dan authentication untuk mengetahui siapa pengguna dan apa perangkatnya. Bluetooth menggunakan teknik fast frequency-hopping spread spectrum(FHSS) untuk mencegah interferensi oleh perangkat rumah tangga seperti oven microwave sebab frekuensi yang dihasilkan perangkat rumah tangga tersebut sama dengan frekuensi bluetooth[10].

Tabel 2. 2. *Datasheet* perangkat Bluetooth

<i>Datasheet</i> Bluetooth	
<i>Typical Sensitivity</i>	-80 dbm
<i>Transmit power</i>	2,5 mw
<i>Default Baudrate</i>	38400
<i>Power</i>	3,3v-5v
<i>Range</i>	10 meter
<i>frekuensi</i>	2,4 Ghz

C. Wi-Fi

Wireless fidelity adalah kepanjangan dari singkatan Wi-Fi, teknologi ini merupakan pengembangan dari istilah Hi-Fi (*High Fidelity*) yang mana teknologi ini mengacu pada ketelitian dari rekaman suara yang dihasilkan. Wi-Fi ini juga sebuah teknologi jaringan nirkabel yang digunakan di seluruh dunia, baik dalam penggunaan pribadi ataupun untuk bisnis. Wi-Fi mengacu pada sistem yang menggunakan standar 802.11 yang diterbitkan oleh institusi khusus yang juga menerbitkan standar untuk Zigbee dan Bluetooth yaitu IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) [4].

Awalnya Wi-Fi ditujukan untuk penggunaan perangkat nirkabel dan Jaringan Area Lokal (LAN), namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses internet. Teknologi Wi-Fi menggunakan WPA(Wi-Fi Protected Access) dan WPA2 untuk standar keamanan mengakses jaringannya yang mana untuk proses *authentication* menggunakan standar IEEE 802.1x/EAP/PSK. Cara kerja Wi-Fi sama halnya dengan ponsel, tetapi jaringan Wi-Fi menggunakan gelombang radio yang berbeda untuk mengirimkan informasi melalui jaringan. Perangkat adaptor Wi-Fi menerima data dari komputer yang berbentuk digital, dimana data tersebut diubah menjadi gelombang radio. Sinyal yang sama ini dikirim melalui antena atau dikenal sebagai *router*. Sinyal dari *router* mengirimkan data dari internet menuju perangkat yang telah terhubung [4].

2.2.1. Quality of Service

Quality of Service merupakan suatu mekanisme jaringan yang memungkinkan sebuah aplikasi beroperasi sesuai dengan yang diharapkan atau dapat menjadi acuan dalam perbandingan antar perangkat yang digunakan. QoS bertujuan untuk memberikan layanan yang lebih baik pada sebuah perangkat atau aplikasi telekomunikasi dengan meningkatkan kualitas pada suatu jaringan[1]. QoS beragam jenisnya tetapi dalam penelitian ini hanya tiga jenis parameter yang digunakan karena menyesuaikan dengan data yang dapat diambil oleh tools Wireshark , parameter yang di ambil meliputi *throughput*, *delay* dan *jitter* .

A. *Throughput*

Throughput adalah kecepatan rata-rata data yang diterima dalam selang waktu pengamatan tertentu. *Throughput* juga disebut sebagai *bandwidth* yang sebenarnya. Pengukuran *throughput* dilakukan dengan mengukur sejumlah data oleh satuan waktu dan pada kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk melakukan transfer data dengan ukuran tertentu. Pengukuran *throughput* dilakukan dalam satuan *bits per second* (bps), nilai rata-rata *throughput* didapat dari persamaan [6] :

$$\text{Rata – Rata Throughput (bps)} = \frac{\text{Total data yang Diterima (bit)}}{\text{Waktu Total (second)}} \quad (2.1)$$

B. *Delay*

Delay adalah keterlambatan dalam waktu transmisi data dari pengirim dan penerima, satuan *delay* adalah detik. Besarnya nilai *delay* didapat dari persamaan [5]:

$$\text{Delay} = \text{Waktu Paket Diterima} - \text{Waktu Paket Dikirim} \quad (2.2)$$

Pengukuran *delay* dinyatakan sebagai rata-rata perbedaan antara waktu penerimaan dan waktu pengiriman data, nilai rata-rata *delay* didapat dari persamaan [5] :

$$\text{Rata – Rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}} \quad (2.3)$$

C. *Jitter*

Jitter merupakan variasi *delay* antar paket yang terjadi pada jaringan *Internet Protocol* (IP). Variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket/perlambatan (*congestion*) yang ada dalam jaringan IP akan mempengaruhi besarnya nilai *jitter*. Semakin besar beban trafik

yang ada pada jaringan, maka peluang terjadinya *congestion* semakin besar, dengan demikian nilai *jitter*-nya akan

semakin besar. Semakin besar nilai *jitter* maka nilai QoS akan semakin turun dan semakin kecil nilai *Jitter* maka nilai QoS jaringan akan semakin baik. Besarnya nilai *jitter* dapat diperoleh dari selisih waktu tempuh suatu paket dengan paket sebelumnya dari sumber ke tujuan pengiriman seperti pada persamaan [5]:

$$\text{Jitter Data} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total jumlah data Yang Diterima} - 1} \quad (2.4)$$

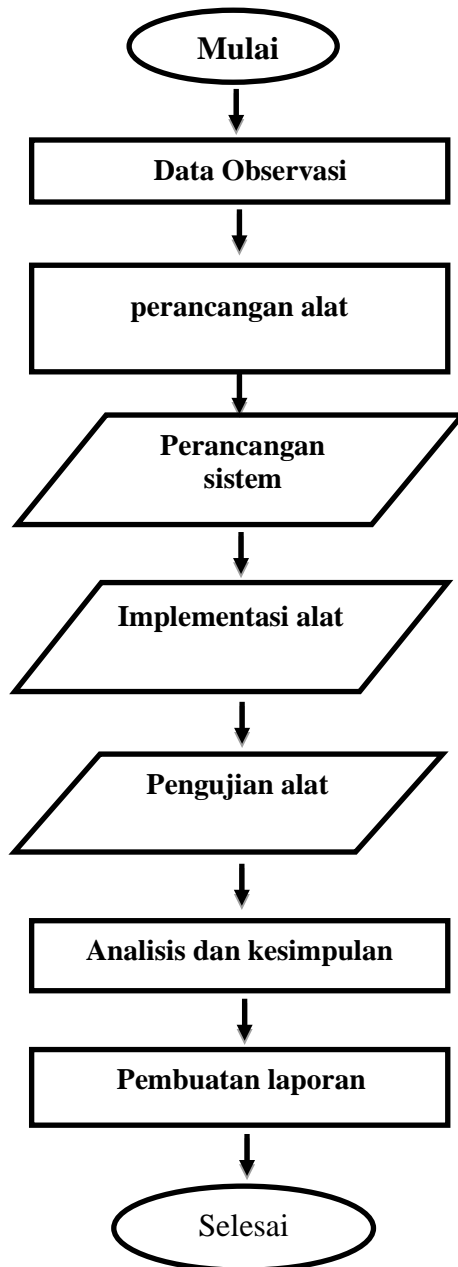
BAB III

METODOLOGI

3.1 Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pembuatan perangkat sistem komunikasi M2M. Pengambilan data yang dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark, yang berfungsi untuk mengetahui dengan lebih jelas bagaimana kinerja jaringan dan teknologi dari Zigbee dan Bluetooth yang dikombinasi dengan Wi-Fi. Perancangan dan pembuatan sistem dari perangkat merupakan suatu awalan sebelum dilakukannya analisis yang membandingkan teknologi Zigbee dan Bluetooth dalam nilai Qos secara *point to point link*. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi *wireless* yang saat ini dapat menggantikan penggunaan kabel konvensional.

Perancangan alat simulasi M2M dilakukan dengan merangkai semua komponen-komponen seperti sensor, mikrokontroler, Xbee, Bluetooth, dan Wi-Fi dengan melakukan pemrograman pada masing-masing mikrokontroler. Aplikasi Thinger.io berperan sebagai *server*, *database* dan juga antar muka dari perangkat *prototype* M2M. Setelah perangkat dapat beroperasi dengan baik dengan menggunakan Xbee dan Bluetooth yang dikombinasikan dengan Wi-Fi, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan menggunakan Wireshark untuk mendapatkan nilai waktu paket dikirim, waktu paket diterima, jumlah total paket diterima dan total waktu pengiriman yang mana nilai-nilai tersebut dibutuhkan untuk menghitung QoS. Setelah mendapatkan data, maka dilakukan perhitungan dan analisis untuk mendapatkan jawaban dari tujuan penelitian ini serta mendapatkan manfaat, kesimpulan dan saran untuk penelitian ini. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



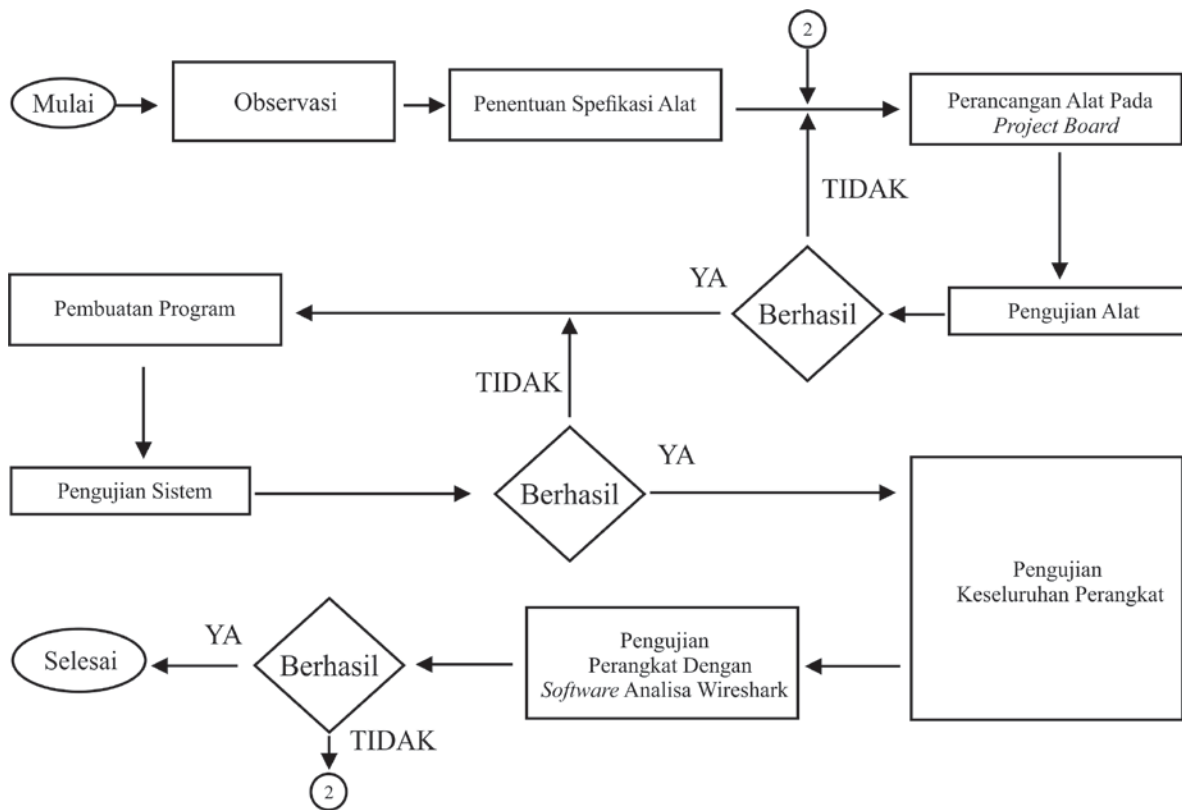
Gambar 3. 1. Diagram alir tahapan penelitian

3.1.1 Data Observasi

Pada tahap pertama dalam perancangan ini, dilakukan pencarian dan penyusunan data referensi apa saja yang dapat dijadikan sebagai landasan teori yang digunakan untuk menyelesaikan perancangan. Proses observasi ini dilakukan untuk mencari informasi lebih detail mengenai segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian dan pengetahuan untuk mendapatkan nilai *Quality of Service* (QoS) yang terdiri atas *throughput*, *delay* dan *jitter*. Diharapkan data observasi berguna untuk mengetahui karakteristik alat yang digunakan sebagai perancangan perangkat *prototype* M2M, beserta sistemnya.

3.2.2 Diagram Alir Pembuatan Perangkat *Prototype* M2M

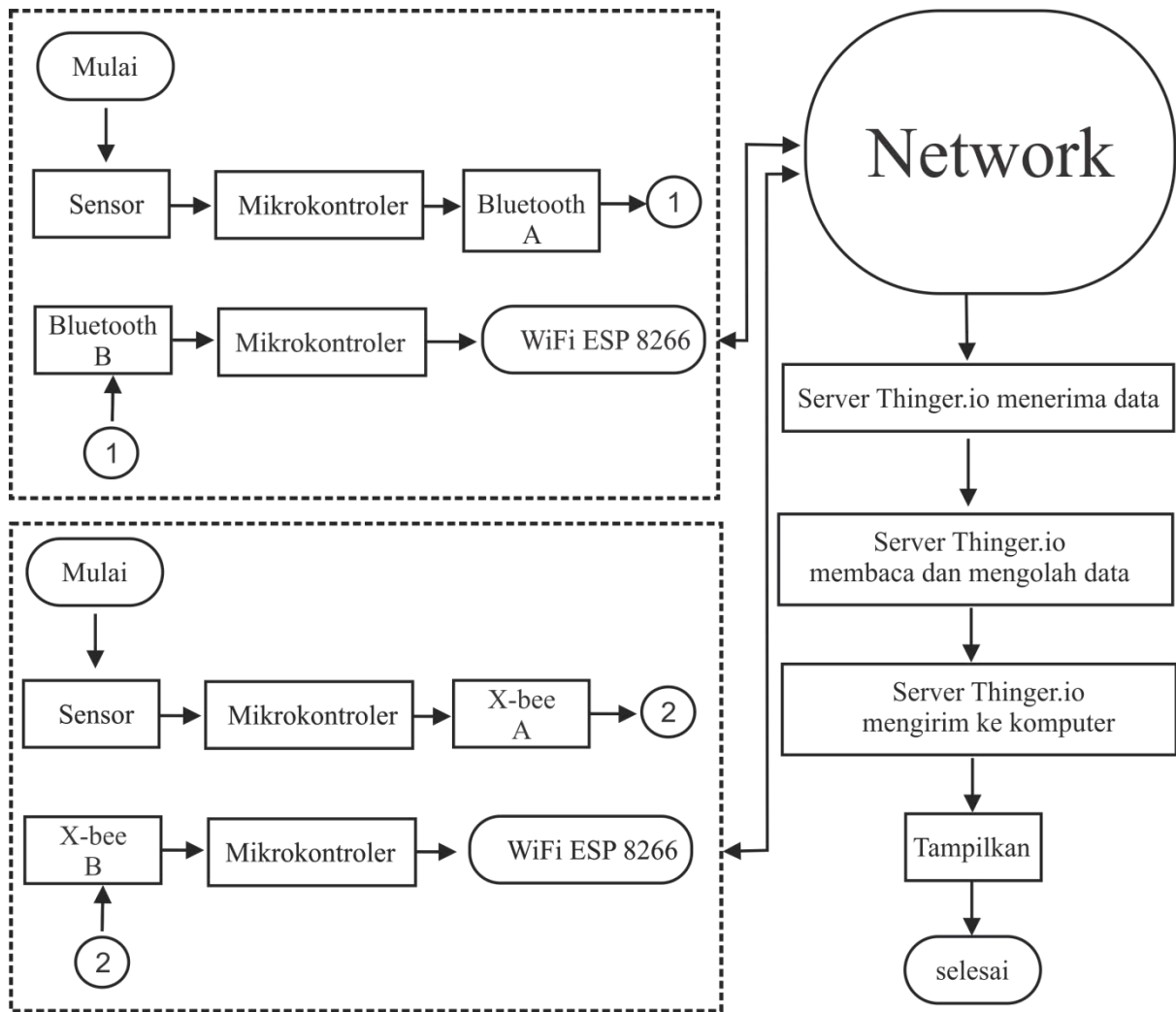
Pada tahap ini penulis memasukkan semua parameter dan data yang sudah didapat untuk merancang perangkat *prototype* M2M. Diagram alir perancangan perangkat pada Gambar 3.2 bertujuan untuk memudahkan dan membantu dalam pembuatan sistem yang dibangun. Berikut Gambar dari diagram alir perancangan perangkat:



Gambar 3. 2. Diagram alir pembuatan perangkat *prototype* M2M

3.2.3 Diagram Alir Perencanaan Sistem

Setelah merancang perangkat *prototype* M2M, selanjutnya dilakukan simulasi pada jaringan tersebut untuk mengetahui kinerja yang telah dirancang pada diagram alir sistem perangkat *prototype* M2M. Diagram tersebut ditujukan untuk mempermudah dalam realisasi sistem yang dikerjakan dan dapat di lihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram alir sistem perangkat *prototype* M2M

3.2.4 Analisis Hasil

Pada tahap ini membahas analisis terhadap perancangan perangkat yang datanya telah diambil dengan Wireshark. Perbandingan antara teknologi Zigbee dan Bluetooth yang dikombinasikan teknologi Wi-Fi dilakukan dengan proses perhitungan *Quality of Service* (QoS). Pada tahap ini juga membahas apakah lebih efektif menggunakan teknologi Wi-Fi ataupun teknologi Zigbee, serta menganalisis QoS yang terdiri dari *throughput*, *delay* dan *jitter*. Proses analisis data dari pengujian alat ini dilakukan agar dapat mengetahui bukti kelebihan dan kekurangan yang terdapat pada perangkat yang dicoba secara *point to point link*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengerjaan Alat M2M

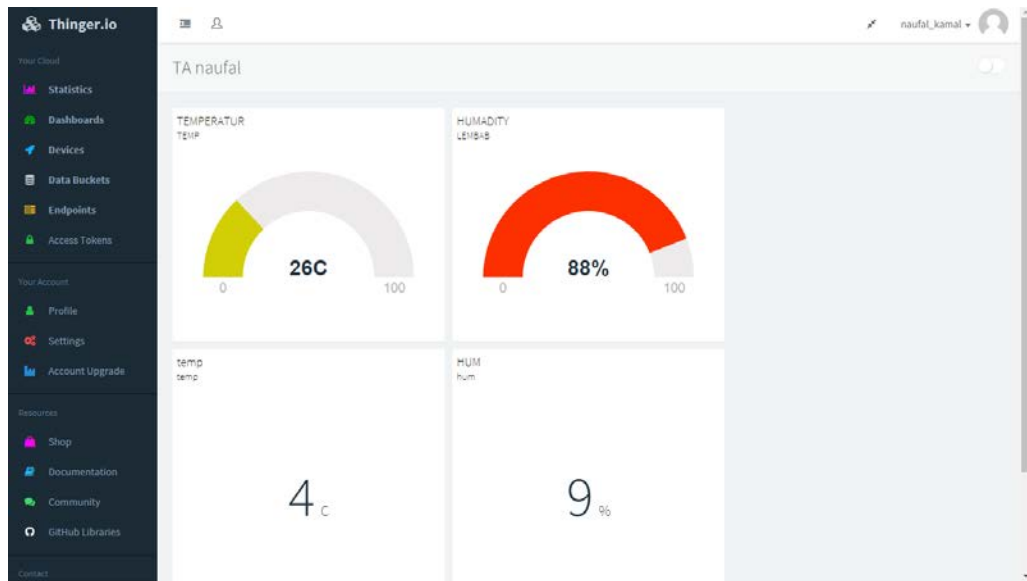
Sebelum dilakukannya percobaan teknologi komunikasi M2M antara Bluetooth dan Zigbee, penulis terlebih dahulu membuat *prototype* dari alat dengan mengikuti diagram alir perancangan dan diagram alir perancangan sistem alat. Penulis membuat dua pasang perangkat yang berbeda teknologi, alat pertama menggunakan teknologi Bluetooth dan alat kedua menggunakan teknologi Zigbee. Pembuatan perangkat keras dan pemrograman dari alat memakan waktu selama 60 hari pengerjaan. Setelah pengerjaan alat selesai, penulis melakukan beberapa percobaan pada alat sebelum pengambilan data menggunakan Wireshark untuk dianalisis.



Gambar 4. 1 Perangkat *prototype* komunikasi M2M

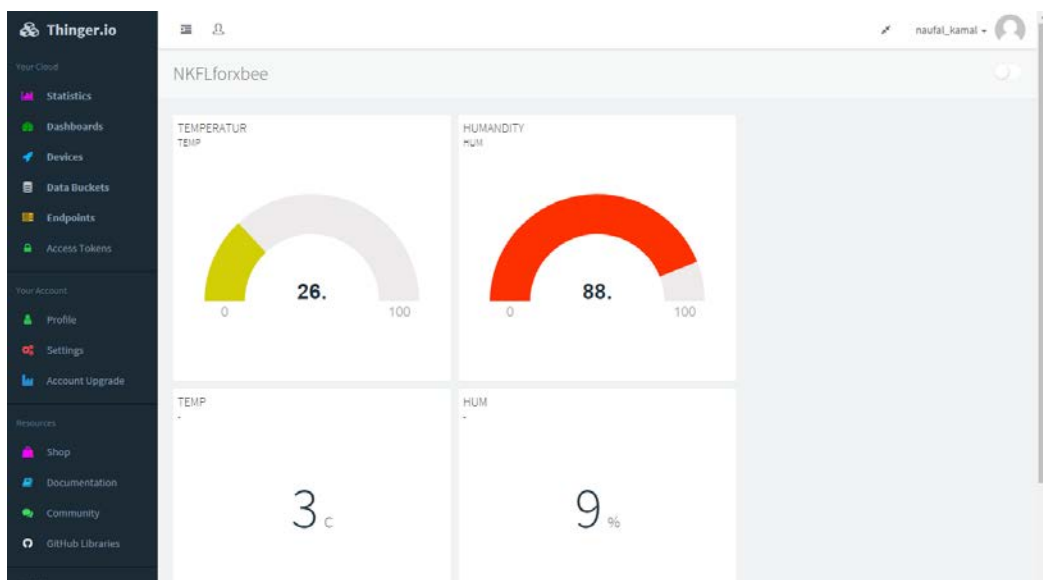
(A teknologi Zigbee dan B teknologi Bluetooth)

Pada alat ini *server* dan antar muka alat ini menggunakan aplikasi gratis yang bernama web Thinger.io. Tampilan antar muka pada web Thinger.io dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 2 Tampilan antar muka *prototype* komunikasi M2M teknologi Bluetooth

Gambar 4.2 adalah tampilan akhir dari alat pertama yang menggunakan teknologi Bluetooth, sedangkan pada Gambar 4.3 menampilkan tampilan dari perangkat yang menggunakan teknologi Zigbee. Perangkat menampilkan nilai suhu dalam ruangan di bagian kiri dan nilai kelembaban di bagian kanan . Pada baris bagian bawah Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 adalah nilai di belakang koma dari nilai suhu dan kelembaban.

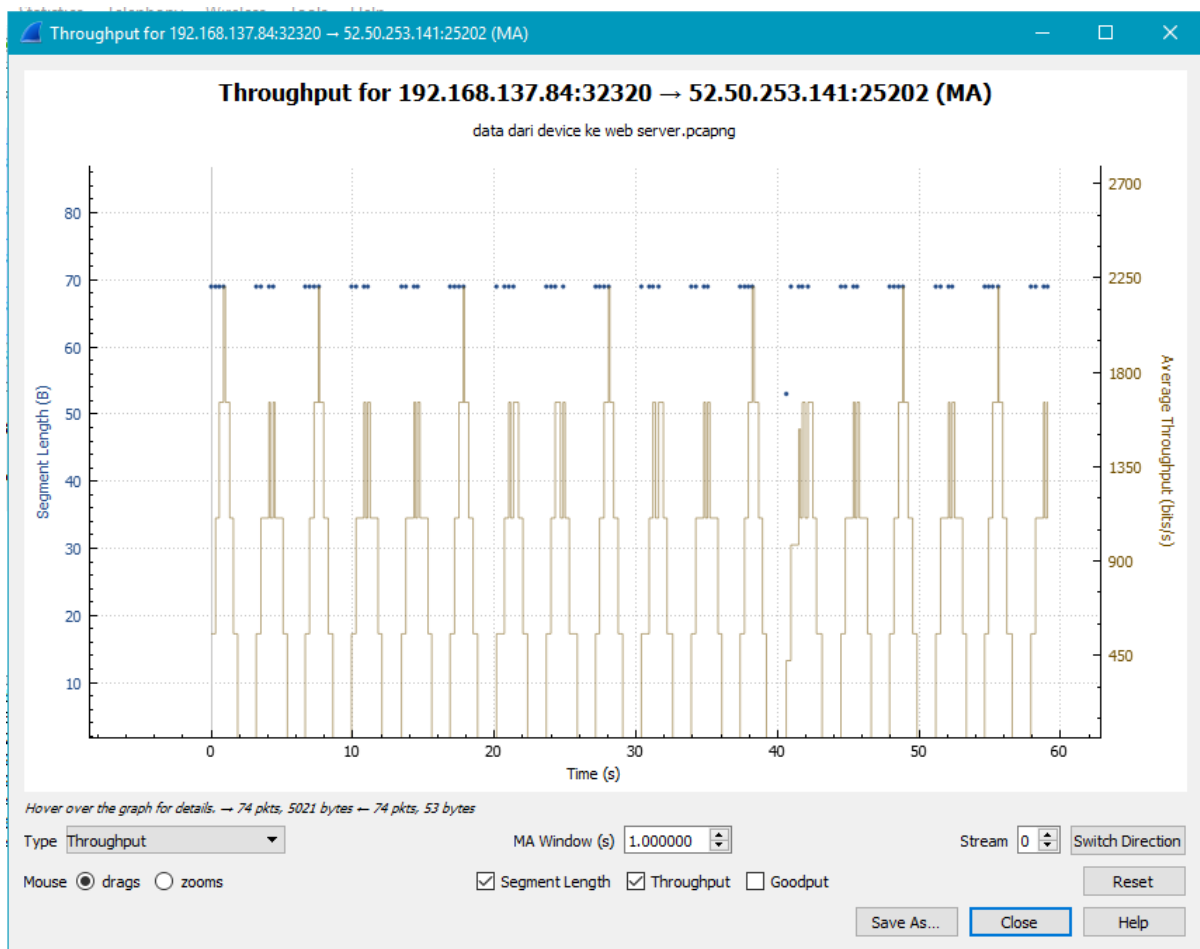


Gambar 4. 3 Tampilan antar muka *prototype* komunikasi M2M teknologi Zigbee

4.2. Hasil Pengambilan Data Dari Alat M2M

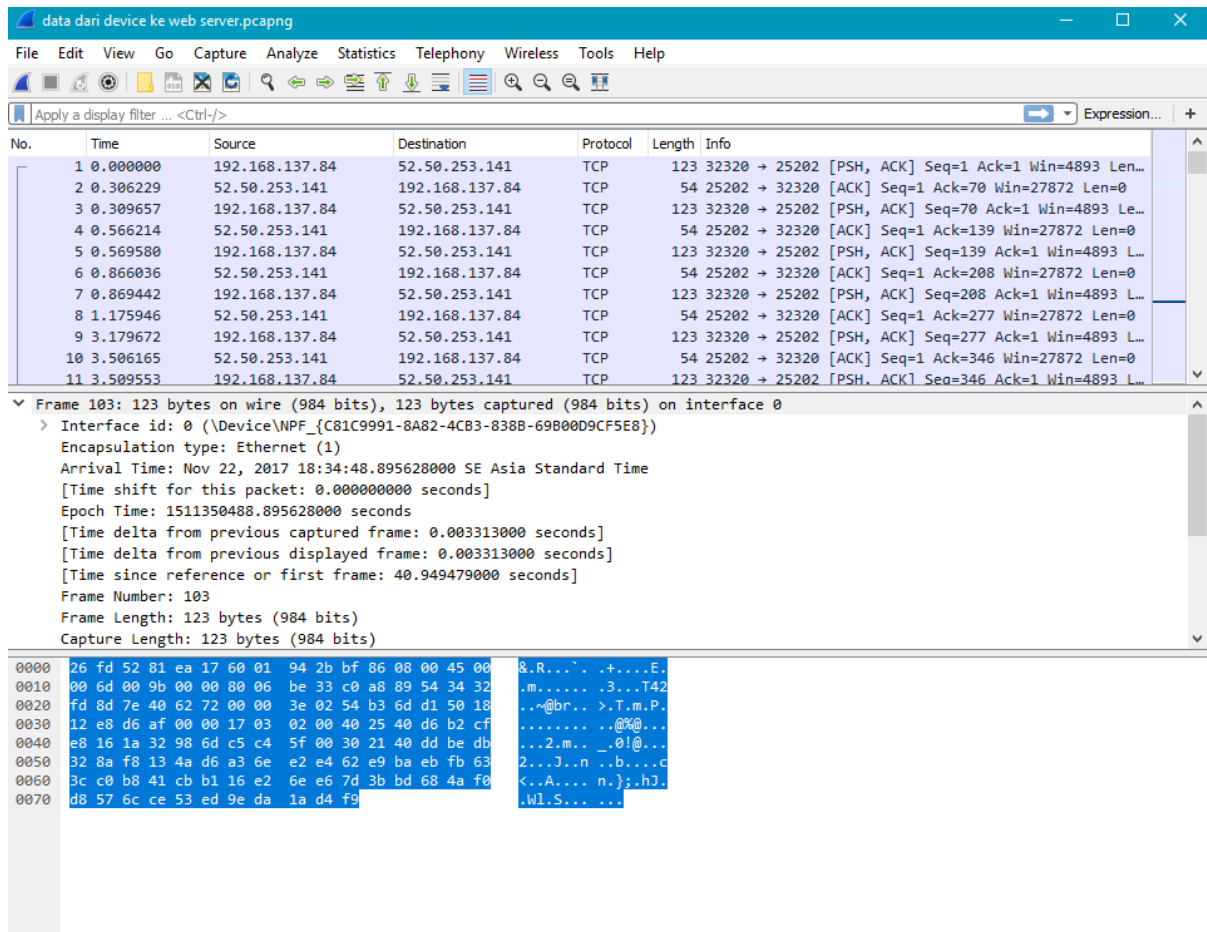
Setelah pengerjaan dan uji coba alat beberapa kali, penulis melakukan pengambilan hasil data selama 60 detik dengan menggunakan *tools* Wireshark pada setiap teknologi dan melakukan uji coba daya tahan hidup dua pasang alat dengan masing-masing alat berkapasitas baterai 3200 mAh. Data yang didapat dianalisis agar memperoleh perbandingan dari kedua teknologi Bluetooth dan Zigbee.

Tools Wireshark digunakan untuk pengambilan data dari perangkat *prototype* teknologi Bluetooth dan juga perangkat *prototype* teknologi Zigbee. Wireshark dapat melihat jumlah pengiriman data nilai sensor dalam satu paket. Terdapat empat kali pengirim data sensor dalam satu paket dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4. 4 Tampilan paket data yang diambil menggunakan aplikasi Wireshark

Pengambilan menggunakan *tools* Wireshark juga dapat mengambil data waktu kirim dan waktu diterima oleh setiap data, serta mengetahui berapa jumlah data yang diterima dalam setiap pengiriman. Berikut adalah tampilan data pengiriman dan penerimaan data menggunakan *tools* Wireshark pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Tampilan data yang diambil menggunakan aplikasi Wireshark

4.2.1 Pengambilan Data dengan Teknologi Bluetooth

Setelah mempelajari pengambilan data perangkat M2M menggunakan Wireshark, data yang sudah diambil kemudian dipisah sesuai dengan tabel yang telah dibuat . Tabel dapat dilihat pada lampiran laporan. pengambilan data dilakukan satu kali selama 60 detik dan lima kali selama 5 menit pengambilan data. Berikut tabel data dari teknologi Bluetooth pengambilan data satu kali selama 60 detik.

Tabel 4. 2. Pengambilan data satu kali selama 60 detik pada Teknologi Bluetooth

Teknologi Bluetooth	
Total delay	40,38 s
Total delay pengiriman hingga penerimaan	5,9
Total paket yang diterima	18
Total data yang diterima	7792
Total bit Data yang diterima	124576 bit
Waktu total percobaan	60 s

Hasil pengambilan data yang didapat menggunakan *tools* Wireshark digunakan untuk menghitung nilai QoS dari perangkat M2M yang menggunakan teknologi komunikasi Bluetooth dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Rata – Rata Delay Antar Paket} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}}$$

$$\text{Rata – Rata Delay Antar Paket} = \frac{40,28}{18} = 2,23 \text{ s}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{\text{Total Data yang Diterima (bit)}}{\text{Waktu Total (second)}}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{124576 \text{ bit}}{60 \text{ s}} = 2076,26 \text{ (bps)}$$

$$\text{Total Variasi delay} = \text{Total Delay} - (\text{rata – rata delay Antar Paket})$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total jumlah data Yang Diterima} - 1}$$

$$\text{Total Variasi delay} = 40,28 - (2,23) = 38,05 \text{ s}$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{38,05}{7796 - 1} = 4,88 \text{ ms}$$

Setelah pengambilan data satu kali selama 60 detik, pengambilan data data dilanjutkan dengan pengambilan data sebanyak lima kali selama 5 menit pada teknologi Bluetooth. Data dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Pengambilan data lima kali selama 5 menit pada Teknologi Bluetooth

Teknologi Bluetooth	Jumlah pengambilan data					Nilai rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Total Delay	204,87 s	206,32	203,71	207,44	204,96	205,607 s
Delay Rata-Rata Pengiriman Hingga Penerimaan	0,33 s	0,33 s	0,33 s	0,33 s	0,33 s	0,33 s
Total Paket yang diterima	89	89	89	89	89	89
Total Data yang Diterima	38544	38546	38549	38548	38549	38547,2
Total bit Data yang diterima	615936	615952	615976	617968	615976	616361.6
Waktu Total Percobaan	300 s	300 s	300 s	300 s	300 s	300 s

$$\text{Rata - Rata Delay Antar Paket} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}}$$

$$\text{Rata - Rata Delay Antar Paket} = \frac{205,6}{89} = 2,31 \text{ s}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{\text{Total Bit Data yang Diterima (bit)}}{\text{Waktu Total Percobaan (second)}}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{616361 \text{ bit}}{300 \text{ s}} = 2054,53 \text{ (bps)}$$

$$\text{Total Variasi delay} = \text{Total Delay} - (\text{rata - rata delay Antar Paket})$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total jumlah data Yang Diterima} - 1}$$

$$\text{Total Variasi delay} = 205,6 - (2,31) = 203,29 \text{ s}$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{203.29}{38547 - 1} = 5,8 \text{ ms}$$

4.2.2 Pengambilan Data dengan Teknologi Zigbee

Jenis dari data yang diambil dari teknologi zigbee pun sama dengan jenis data yang diambil pada teknologi Bluetooth, tetapi dengan nilai yang berbeda dari setiap tabel yang dapat dilihat di lampiran laporan. berikut hasil data yang diperoleh dari teknologi Zigbee.

Tabel 4. 3. Pengambilan data satu kali selama 60 detik pada Teknologi Zigbee

Teknologi Bluetooth	
Total delay	40,83 s
Total delay pengiriman hingga penerimaan	8,66
Total paket yang diterima	17
Total data yang diterima	7363
Total bit Data yang diterima	117656 bit
Waktu total percobaan	60 s

Sama seperti pada teknologi Bluetooth, hasil data yang didapat dengan menggunakan tools Wireshark digunakan untuk menghitung nilai QoS dari perangkat M2M yang menggunakan teknologi komunikasi Zigbee dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Rata - Rata Delay Antar Paket} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}}$$

$$\text{Rata - Rata Delay Antar Paket} = \frac{40.83}{17} = 2,40 \text{ s}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{\text{Total Data yang Diterima (bits)}}{\text{Waktu Total (second)}}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{117656 \text{ bit}}{60 \text{ s}} = 1960,93 \text{ (bps)}$$

$$\text{Total Variasi delay} = \text{Total Delay} - (\text{rata - rata delay Antar Paket})$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total jumlah data Yang Diterima} - 1}$$

$$\text{Total Variasi delay} = 40,83 - (2,40) = 38,43 \text{ s}$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{38.43}{7363 - 1} = 5,21 \text{ ms}$$

Setelah pengambilan data satu kali selama 60 detik pada teknologi Zigbee pengambilan data dilanjutkan dengan pengambilan data sebanyak lima kali selama 5 menit. percobaan ini bertujuan untuk meningkatkan variasi dari penelitian. hasil pengambilan data dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Pengambilan data lima kali selama 5 menit pada Teknologi Zigbee

Teknologi Bluetooth	Jumlah pengambilan data					Nilai rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Total Delay	218,1	218,1	220,39	219,95	220,29	219,366 s
Delay Rata-Rata Pengiriman Hingga Penerimaan	0,54 s	0,52 s	0,51 s	0,50 s	0,51 s	0,51 s
Total Paket yang diterima	87	87	88	88	88	87.6
Total Data yang Diterima	37671	37675	38126	38114	38121	37941.4
Total bit Data yang diterima	602040	602072	609064	609040	609096	606262.4
Waktu Total Percobaan	300 s	300 s	300 s	300 s	300 s	300 s

$$\text{Rata - Rata Delay Antar Paket} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}}$$

$$\text{Rata - Rata Delay Antar Paket} = \frac{219.366}{87,6} = 2,50 \text{ s}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{\text{Total Data yang Diterima (bits)}}{\text{Waktu Total (second)}}$$

$$\text{Troughput (bps)} = \frac{606262,4\text{bit}}{300 \text{ s}} = 2020,93 \text{ (bps)}$$

$$\text{Total Variasi delay} = \text{Total Delay} - (\text{rata - rata delay Antar Paket})$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total jumlah data Yang Diterima} - 1}$$

$$\text{Total Variasi delay} = 219,366 - (2,50) = 38,43 \text{ s}$$

$$\text{Jitter Data} = \frac{216,866}{37941 - 1} = 5,71 \text{ ms}$$

4.2.3 Hasil Pengujian Daya Tahan Perangkat

Setelah melakukan pengambilan data untuk perhitungan QoS pada perangkat *prototype* M2M dari teknologi zigbee dan teknologi Bluetooth, selanjutnya dilakukan percobaan daya tahan perangkat dengan kapasitas baterai 3200 mAh untuk setiap alat. Metode yang digunakan ialah membiarkan setiap perangkat dari masing-masing teknologi menyala dengan seluruh fungsinya dijalankan hingga perangkat mati dengan sendirinya dan pengecekan

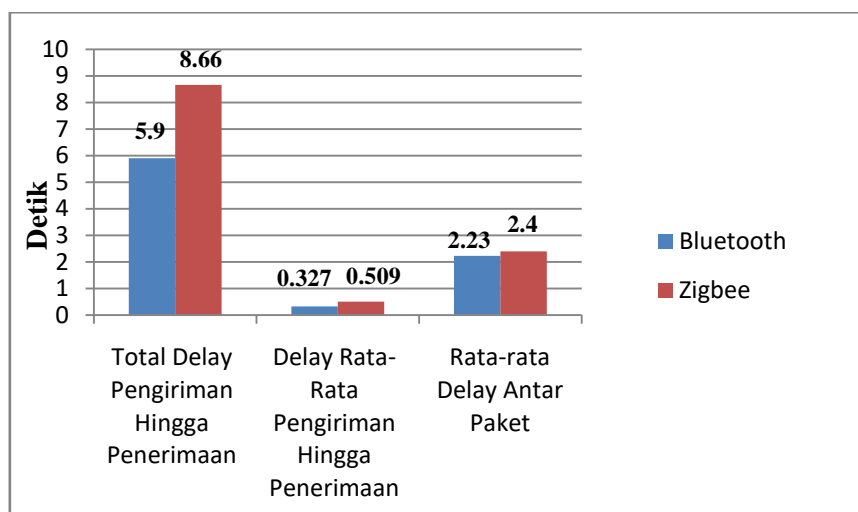
dilakukan setiap dua jam sekali hingga perangkat mati dengan sendirinya. Hasil dari percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil percobaan daya tahan alat

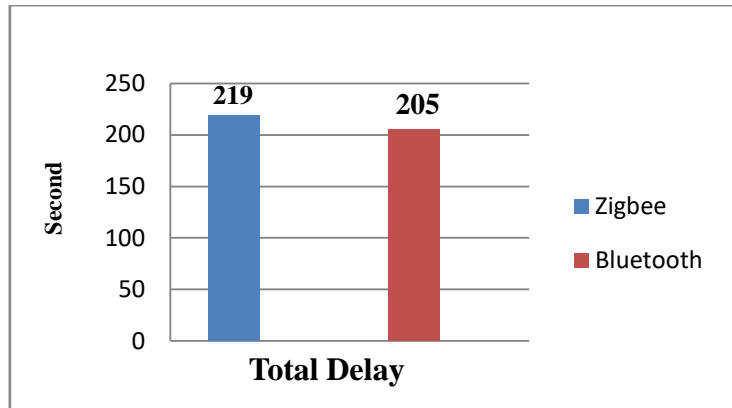
No	Perangkat	Daya tahan
1	Wifi+bluetooth	24 jam
2	Wifi+Zigbee	36 jam

4.2.4 Analisis kesimpulan Data Hasil Percobaan Alat

Grafik kesimpulan data hasil percobaan ialah data dari setiap teknologi yang disatukan agar dapat melihat perbandingan dari teknologi yang diteliti seperti pada grafik Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 memperlihatkan perbandingan *delay* yang diperoleh dari setiap teknologi. Secara teori suatu perangkat atau teknologi yang menghasilkan lebih kecil *delay* maka semakin baik. Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa perangkat *prototype* M2M teknologi Zigbee menghasilkan *delay* yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi Bluetooth dengan metode *point to point link*. Nilai total *delay* yang dihasilkan teknologi Zigbee sebesar 8,66 detik sedangkan nilai total *delay* dari teknologi Bluetooth sebesar 5,9 detik. Nilai total *delay* teknologi Zigbee berbeda 2,76 detik atau lebih besar 31% dari teknologi. Hasil Ini membuktikan Bluetooth menjadi teknologi yang lebih baik dari segi *delay* untuk *point to point link* ini disebabkan karena desain teknologi Zigbee menggunakan daya yang sangat sedikit sehingga menyesuaikan agar didapatkan pengiriman yang stabil walaupun dengan konsumsi daya yang sedikit.

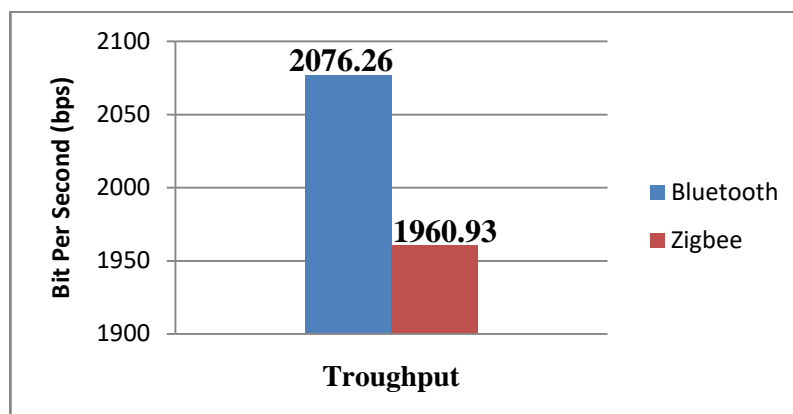


Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan data *delay* 60 detik pengambilan data

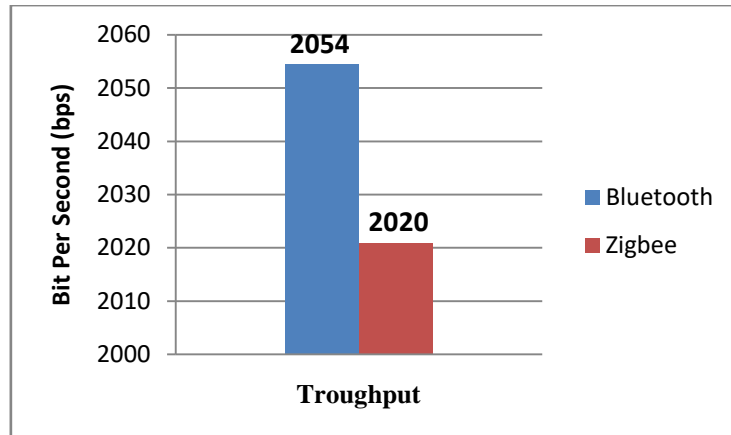


Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan data Total *delay* 5 menit pengambilan data

Kemudian dilakukan perbandingan data *throughput*. Grafik data perbandingan *throughput* ini diambil dari pengambilan jumlah data paket, data yang diterima, dan data waktu total, serta hasil dari *throughput* didapat dari rumus yang membagi jumlah data yang diterima perangkat dengan waktu total dari pengambilan data perangkat. Pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa nilai *throughput* dari *prototype* M2M teknologi Bluetooth lebih besar nilainya dari pada teknologi Zigbee. Semakin besar nilai *throughput* maka suatu perangkat atau teknologi menjadi semakin baik, maka dengan didapatkannya perbandingan teknologi Bluetooth lebih baik dari pada teknologi Zigbee dalam hal *point to point link* karena nilai *throughput* yang didapat oleh Bluetooth sebesar 2076,26 bps dan nilai *throughput* yang dihasilkan oleh teknologi Zigbee sebesar 1960,93 bps yang mana kecepatan dari teknologi Zigbee lebih kecil 6% dibandingkan dengan teknologi Bluetooth kondisi ini terjadi karena teknologi Zigbee lebih mengutamakan kestabilan pengiriman data dengan daya tahan yang lebih lama, maka dari itu kecepatan dan data yang diperoleh pun menjadi lebih kecil dari teknologi Bluetooth yang mengoptimalkan kecepatan pengiriman data.

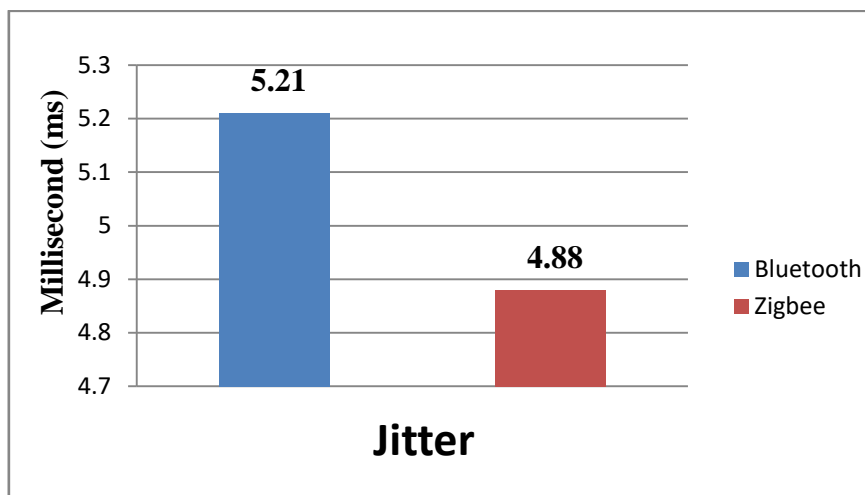


Gambar 4. 8 Grafik perbandingan data *throughput* 60 detik pengambilan data

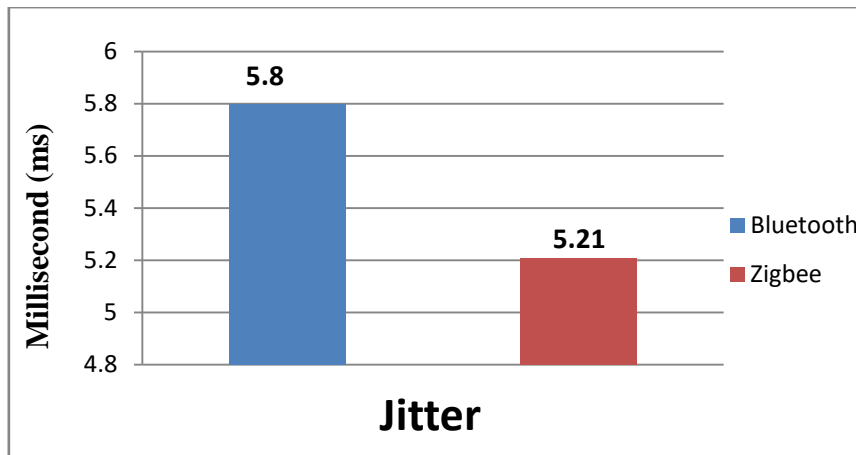


Gambar 4. 9 Grafik perbandingan data troughput 5 menit pengambilan data

Data dari Gambar 4.8 merupakan perbandingan data *jitter* dari teknologi Bluetooth dan Zigbee, dimana hasil data menyatakan *jitter* teknologi Bluetooth lebih besar dibanding dengan *jitter* teknologi Zigbee. Semakin kecil nilai *jitter*, maka semakin baik pula perangkat dan teknologi oleh teknologi Zigbee menjadi lebih baik, tetapi kondisi disebabkan oleh teknologi Zigbee yang hanya dapat mengirimkan 17 paket data selama 60 detik, sedangkan teknologi Bluetooth dapat mengirimkan sebanyak 18 paket data dalam 60 detik perbandingan jumlah paket yang dikirimkan ini dapat menjadikan *jitter* dari teknologi Zigbee lebih baik dari pada teknologi Bluetooth.

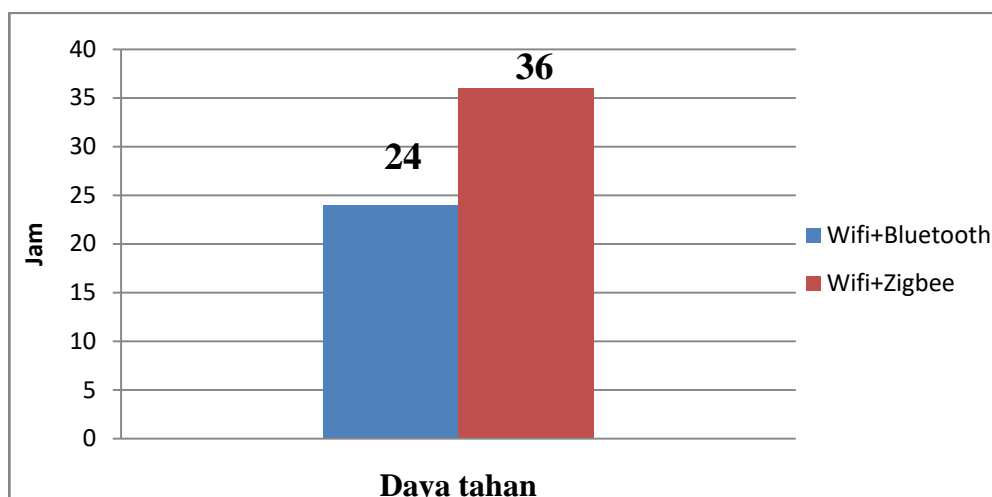


Gambar 4. 10 Grafik perbandingan jitter 60 detik pengambilan data



Gambar 4. 11 Grafik perbandingan jitter 5 menit pengambilan data

Percobaan daya tahan perangkat dilakukan untuk melihat seberapa kuat daya tahan dari teknologi Bluetooth dan teknologi Zigbee, ketika kedua perangkat dinyalakan dengan fungsi yang berjalan sesuai dengan fungsinya hingga masing-masing perangkat mati dengan sendirinya. Pengecekan percobaan ini dilakukan selama dua jam sekali untuk melihat perangkat masih menyala atau tidak. Hasil dari percobaan daya tahan alat ini dibandingkan oleh Gambar 4.9, dimana teknologi Zigbee menggunakan daya 33% lebih rendah dibandingkan dengan teknologi Bluetooth. Kondisi tersebut disebabkan oleh perangkat Zigbee yang didesain dengan konsumsi daya yang rendah yang mengoptimalkan untuk jaringan personal tingkat rendah dan juga tidak menggunakan lampu indikator koneksi seperti pada teknologi Bluetooth.



Gambar 4. 12 Grafik perbandingan data daya tahan alat

Hasil keseluruhan tugas akhir ini mendapatkan jawaban dan bukti bahwa secara umum melalui perbandingan hasil yang didapat dari teknologi Bluetooth dan teknologi Zigbee dapat

dikatakan bahwa teknologi Bluetooth lebih baik dibanding dengan teknologi Zigbee dari segi *Point to point link* dan komunikasi jarak pendek. Kesimpulan ini didapatkan dari hasil data dan analisis. Dengan harga perangkat Bluetooth empat kali lebih murah dibandingkan teknologi Zigbee dan fungsi yang lebih banyak dibandingkan teknologi Zigbee, dimana teknologi Zigbee hanya unggul di daya tahan perangkat dari penelitian ini. Dalam ekonomi Indonesia yang masih belum stabil dan juga kondisi mayoritas masyarakat Indonesia yang masih dalam kondisi ekonomi kecil hingga menengah. Pilihan teknologi Bluetooth ini menjadi pilihan terbaik untuk perangkat M2M.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari percobaan dan perhitungan yang dilakukan pada perangkat *prototype* M2M teknologi Bluetooth dan teknologi Zigbee dengan pengkombinasian teknologi Wi-Fi didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengambilan data dan perhitungan *throughput* antara teknologi Bluetooth dan teknologi Zigbee mendapatkan nilai *throughput* Bluetooth 2076,26 bps dan *throughput* Zigbee 1960,93 bps hasil ini membuktikan bahwa *throughput* teknologi Bluetooth lebih unggul 115,33 bps atau 6% lebih cepat dari pada teknologi Zigbee.
2. Data dan perhitungan *delay* dari teknologi Bluetooth dan Teknologi Zigbee mendapatkan hasil dan bukti bahwa nilai total *delay* yang dihasilkan teknologi Zigbee sebesar 8,66 detik sedangkan nilai total *delay* dari teknologi Bluetooth sebesar 5,9 detik. Nilai total *delay* teknologi Zigbee berbeda 2,76 detik atau lebih besar 31% dari teknologi Bluetooth.
3. Hasil data perhitungan *jitter* dan daya tahan mendapatkan hasil dan bukti bahwa teknologi Zigbee lebih unggul. Perbedaan Nilai Jitter teknologi Bluetooth dengan Teknologi Zigbee sebesar 0,33ms atau lebih kecil 7% dari pada teknologi Bluetooth. Teknologi Zigbee mengkonsumsi daya lebih rendah 33% dibandingkan teknologi Bluetooth dengan nilai data daya tahan teknologi Zigbee bertahan 36 jam sedangkan teknologi Bluetooth bertahan 24 jam.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil tugas akhir ini ada beberapa saran yang diharapkan dapat digunakan untuk mencapai kesempurnaan pada bahasan-bahasan berikutnya, beberapa saran selama pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Perlu diadakanya penelitian secara kondisi topologi mesh untuk teknologi Bluetooth dan teknologi Zigbee agar mendapatkan hasil perbandingan dan penilaian yang lebih bervariasi.
2. Perlu dilakukan percobaan dengan jarak yang bervariasi untuk mendapatkan hasil penilian yang lebih sempurna di penelitian berikutnya.
3. Perlu diadakanya pembuatan *server* dan antar muka sendiri untuk perangkat *prototype* M2M ini agar mendapatkan hasil yang berbeda dan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iwan Iskandar, Alvinur Hidayat. Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Kampus (Studi Kasus: UIN Suska Riau). *Jurnal CoreIT*, Vol.1, No.2, Desember 2015.
- [2] Patrick Kinney, *Zigbee Technology: Wireless Control that Simply Works: white paper*, 2003.
- [3] Krishnan V, Bhaswar Sanyal. *M2M Technology: Challenges and Opportunities Tech Mahindra*, 2010.
- [4] Manan Mehta. *Esp 8266: A Breakthrough In Wireless Sensor Networks And Internet Of Thing*. *International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology (IJECET)* Volume 6, Issue 8, Aug 2015.
- [5] A. P. Adhitama, E. Setiawan, A. Pinandito. Implementasi Dan Analisis Qos Wi-Fi Menggunakan Embedded System. *Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang*. Vol 3, No 4, 2014.
- [6] Agus Kurniawan, *Network Forensics Panduan Analisis & Investigasi Paket Data Jaringan Menggunakan Wireshark*, Penerbit Andi, 2012.
- [7] Zainal Abidin, Sistem Keamanan Dan Monitoring Rumah Pintar Secara Online Menggunakan Perangkat Mobile, *Jurnal Teknik Komputer Unikom Komputika* Volume 3, No. 2, 2014.
- [8] M.Arif Setiawan, Rancang Bangun Sistem Otomasi Rumah Berbasis Mikrokontroler, Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya, 2012.
- [9] Miftahul Huda, Analisis Karakteristik Lalu Lintas Data Internet: Aplikasi Web Social Network, *Journal of Control and Network Systems, JCONES* Vol. 4, No. 2,(2015).
- [10] Yulia, Leo Willyanto Santoso, Studi Dan Uji Coba Teknologi *Bluetooth* Sebagai Alternatif Komunikasi Data Nirkabel, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Kristen Petra, *Jurnal Informatika* Vol. 5, No. 2, Nopember 2004: 106 – 114.

Lampiran

1. Teknologi Bluetooth

Tabel 1. Paket data yang diterima Bluetooth Selama 60 detik

No Paket	Jumlah Data	Bytes	Bit
1	434	866	6928
2	433	865	6920
3	433	865	6920
4	433	865	6920
5	433	865	6920
6	433	865	6920
7	433	865	6920
8	433	865	6920
9	433	865	6920
10	433	865	6920
11	433	865	6920
12	433	865	6920
13	434	866	6928
14	433	865	6920
15	433	865	6920
16	433	865	6920
17	433	865	6920
18	433	865	6920
Total	7796	15572	124576

Tabel 2. Hasil delay antar paket Bluetooth selama 60 detik

No Paket	Delay Antar Paket (detik)
1	0
2	2.56
3	2.89
4	2.32
5	2.33
6	2.33
7	2.32
8	2.32
9	2.33
10	2.32
11	2.33
12	2.32
13	2.32
14	2.32
15	2.31
16	2.32

No Paket 17	Delay Antar Paket (detik) 2.32
18	2.32
Total Delay	40.28

Tabel 3. Hasil dari delay pengiriman menuju penerimaan paket Bluetooth selama 60 detik

No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)
1	0.31
2	0.56
3	0.33
4	0.31
5	0.32
6	0.31
7	0.31
8	0.31
9	0.32
10	0.31
11	0.32
12	0.32
13	0.31
14	0.32
15	0.3
16	0.31
17	0.32
18	0.31
Rata-Rata	0.32 s
Total	5.9

Tabel 5. Hasil delay antar paket Bluetooth selama 5 menit dengan 5 kali pengambilan data

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.33
3	2.6
4	2.32
5	2.34
6	2.33
7	2.32
8	2.32
9	2.33
10	2.32
11	2.33
12	2.32
13	2.33
14	2.32
15	2.35
16	2.32
17	2.36
18	2.33
19	2.32
20	2.9
21	2.32
22	2.33
23	2.34
24	2.32
25	2.25
26	2.31
27	2.31
28	2.32
29	2.44
30	2.25
31	2.55
32	2.6
33	2.23
34	2.32
35	2.33
36	2.32
37	2.33
38	2.32
39	2.32
40	2.33
41	2.32
42	2.33

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.32
3	2.31
4	2.32
5	2.34
6	2.33
7	2.32
8	2.44
9	2.33
10	2.44
11	2.33
12	2.44
13	2.33
14	2.44
15	2.35
16	2.32
17	2.44
18	2.33
19	2.32
20	2.44
21	2.32
22	2.33
23	2.34
24	2.32
25	2.25
26	2.31
27	2.44
28	2.32
29	2.44
30	2.25
31	2.55
32	2.6
33	2.23
34	2.32
35	2.33
36	2.44
37	2.33
38	2.32
39	2.32
40	2.33
41	2.44
42	2.33

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.55
3	2.88
4	2.32
5	2.34
6	2.33
7	2.32
8	2.32
9	2.33
10	2.32
11	2.33
12	2.32
13	2.33
14	2.32
15	2.35
16	2.32
17	2.36
18	2.33
19	2.32
20	2.9
21	2.32
22	2.33
23	2.34
24	2.32
25	2.25
26	2.31
27	2.31
28	2.32
29	2.44
30	2.25
31	2.55
32	2.6
33	2.23
34	2.32
35	2.33
36	2.32
37	2.33
38	2.32
39	2.32
40	2.33
41	2.32
42	2.33

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.44
3	2.22
4	2.32
5	2.34
6	2.33
7	2.32
8	2.32
9	2.33
10	2.32
11	2.33
12	2.32
13	2.33
14	2.32
15	2.35
16	2.32
17	2.36
18	2.33
19	2.32
20	2.9
21	2.32
22	2.33
23	2.88
24	2.32
25	2.25
26	2.31
27	2.31
28	2.32
29	2.44
30	2.25
31	2.55
32	2.6
33	2.23
34	2.32
35	2.33
36	2.32
37	2.33
38	2.32
39	2.32
40	2.33
41	2.32
42	2.33

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.45
3	2.3
4	2.44
5	2.34
6	2.33
7	2.44
8	2.32
9	2.33
10	2.32
11	2.33
12	2.32
13	2.33
14	2.32
15	2.35
16	2.44
17	2.36
18	2.33
19	2.32
20	2.9
21	2.32
22	2.33
23	2.34
24	2.32
25	2.25
26	2.31
27	2.31
28	2.32
29	2.44
30	2.25
31	2.55
32	2.6
33	2.23
34	2.32
35	2.33
36	2.32
37	2.33
38	2.32
39	2.32
40	2.33
41	2.32
42	2.33

43	2.33
44	2.32
45	2.33
46	2.32
47	2.33
48	2.33
49	2.32
50	2.33
51	2.33
52	2.33
53	2.33
54	2.32
55	2.33
56	2.33
57	2.33
58	2.32
59	2.33
60	2.32
61	2.33
62	2.32
63	2.33
64	2.34
65	2.33
66	2.32
67	2.33
68	2.32
69	2.33
70	2.34
71	2.33
72	2.34
73	2.33
74	2.32
75	2.34
76	2.32
77	2.33
78	2.44
79	2.33
80	2.32
81	2.33
82	3.44
83	2.33
84	2.32
85	2.33
86	2.32
87	2.33
88	2.32
89	2.33
Total	204.87

43	2.33
44	2.32
45	2.33
46	2.32
47	2.44
48	2.33
49	2.33
50	2.33
51	2.33
52	2.2
53	2.33
54	2.2
55	2.44
56	2.33
57	2.2
58	2.32
59	2.33
60	2.32
61	2.33
62	2.32
63	2.33
64	2.2
65	2.33
66	2.32
67	2.33
68	2.32
69	2.33
70	2.33
71	2.33
72	2.34
73	2.89
74	2.34
75	2.34
76	2.89
77	2.33
78	2.33
79	2.9
80	2.32
81	2.33
82	3.44
83	2.33
84	2.32
85	2.3
86	2.32
87	2.33
88	2.32
89	2.33
Total	206.32

43	2.33
44	2.32
45	2.33
46	2.32
47	2.33
48	2.33
49	2.32
50	2.33
51	2.33
52	2.33
53	2.33
54	2.32
55	2.33
56	2.33
57	2.22
58	2.32
59	2.33
60	2.1
61	2.33
62	2.32
63	2.33
64	2
65	2.33
66	2.22
67	2.33
68	2.32
69	2.33
70	2
71	2.32
72	2.34
73	2.33
74	2.32
75	2.34
76	2.32
77	2.33
78	2.44
79	2.33
80	2.32
81	2.22
82	3.44
83	2.22
84	2
85	2.33
86	2.32
87	2.33
88	2.32
89	2.33
Total	203.71

43	2.33
44	2.32
45	2.9
46	2.32
47	2.33
48	2.33
49	2.32
50	2.33
51	2.33
52	2.33
53	2.33
54	2.9
55	2.33
56	2.33
57	2.33
58	2.32
59	2.33
60	2.32
61	2.33
62	2.32
63	2.33
64	2.34
65	2.33
66	2.32
67	2.33
68	2.32
69	2.33
70	2.34
71	2.33
72	2.34
73	2.33
74	2.32
75	2.34
76	2.32
77	2.33
78	2.44
79	2.33
80	2.9
81	2.33
82	3.44
83	2.33
84	2.32
85	2.33
86	2.32
87	2.9
88	2.32
89	2.33
Total	207.44

43	2.33
44	2.32
45	2.33
46	2.32
47	2.33
48	2.33
49	2.32
50	2.33
51	2.33
52	2.44
53	2.33
54	2.32
55	2.33
56	2.44
57	2.33
58	2.44
59	2.33
60	2.44
61	2.33
62	2.44
63	2.33
64	2.34
65	2.33
66	2.44
67	2.33
68	2.32
69	2.33
70	2.34
71	2.33
72	2.34
73	2.33
74	2.32
75	2.44
76	2.32
77	2.33
78	2.44
79	2.44
80	2.32
81	2.33
82	2.44
83	2.33
84	2.32
85	2.33
86	2.32
87	2.33
88	2.32
89	2.33
Total	204.96

Tabel 6. Hasil dari delay pengiriman menuju penerimaan paket Bluetooth selama 5 menit dengan 5 kali pengambilan data

No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)
1	0.31
2	0.56
3	0.33
4	0.31
5	0.32
6	0.31
7	0.31
8	0.31
9	0.32
10	0.31
11	0.32
12	0.32
13	0.31
14	0.32
15	0.3
16	0.31
17	0.4
18	0.32
19	0.33
20	0.31
21	0.31
22	0.35
23	0.31
24	0.35
25	0.31
26	0.6
27	0.33
28	0.32
29	0.31
30	0.31
31	0.33
32	0.31
33	0.32
34	0.31
35	0.32
36	0.32

No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)
1	0.32
2	0.33
3	0.4
4	0.31
5	0.32
6	0.31
7	0.29
8	0.33
9	0.32
10	0.31
11	0.33
12	0.31
13	0.34
14	0.32
15	0.44
16	0.31
17	0.4
18	0.32
19	0.33
20	0.31
21	0.31
22	0.35
23	0.29
24	0.35
25	0.29
26	0.6
27	0.33
28	0.32
29	0.31
30	0.31
31	0.33
32	0.31
33	0.32
34	0.31
35	0.29
36	0.32

No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)
1	0.29
2	0.4
3	0.33
4	0.31
5	0.29
6	0.31
7	0.31
8	0.31
9	0.32
10	0.31
11	0.29
12	0.32
13	0.31
14	0.32
15	0.32
16	0.31
17	0.4
18	0.32
19	0.33
20	0.31
21	0.31
22	0.35
23	0.31
24	0.34
25	0.31
26	0.6
27	0.32
28	0.32
29	0.31
30	0.6
31	0.33
32	0.31
33	0.32
34	0.31
35	0.32
36	0.32

No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)
1	0.31
2	0.31
3	0.33
4	0.34
5	0.32
6	0.31
7	0.31
8	0.31
9	0.5
10	0.31
11	0.32
12	0.32
13	0.31
14	0.32
15	0.3
16	0.31
17	0.4
18	0.32
19	0.29
20	0.31
21	0.31
22	0.35
23	0.31
24	0.35
25	0.31
26	0.6
27	0.28
28	0.32
29	0.31
30	0.31
31	0.33
32	0.31
33	0.31
34	0.31
35	0.32
36	0.32

No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)
1	0.29
2	0.3
3	0.33
4	0.31
5	0.32
6	0.3
7	0.3
8	0.31
9	0.32
10	0.31
11	0.32
12	0.4
13	0.31
14	0.32
15	0.5
16	0.31
17	0.4
18	0.32
19	0.32
20	0.31
21	0.31
22	0.35
23	0.37
24	0.35
25	0.44
26	0.6
27	0.33
28	0.32
29	0.36
30	0.31
31	0.2
32	0.31
33	0.32
34	0.33
35	0.32
36	0.38

37	0.38
38	0.31
39	0.33
40	0.33
41	0.32
42	0.29
43	0.31
44	0.32
45	0.31
46	0.31
47	0.31
48	0.33
49	0.31
50	0.34
51	0.31
52	0.33
53	0.31
54	0.35
55	0.31
56	0.5
57	0.31
58	0.33
59	0.33
60	0.35
61	0.31
62	0.32
63	0.33
64	0.34
65	0.33
66	0.33
67	0.31
68	0.32
69	0.35
70	0.33
71	0.34
72	0.33
73	0.32
74	0.31
75	0.31
76	0.33
77	0.34
78	0.33
79	0.35
80	0.32
81	0.31
82	0.32
83	0.31
84	0.33

37	0.38
38	0.31
39	0.32
40	0.33
41	0.32
42	0.29
43	0.31
44	0.32
45	0.31
46	0.31
47	0.31
48	0.33
49	0.31
50	0.5
51	0.31
52	0.33
53	0.33
54	0.35
55	0.31
56	0.5
57	0.31
58	0.33
59	0.33
60	0.33
61	0.31
62	0.32
63	0.33
64	0.34
65	0.33
66	0.33
67	0.31
68	0.32
69	0.35
70	0.33
71	0.34
72	0.33
73	0.35
74	0.31
75	0.28
76	0.32
77	0.36
78	0.33
79	0.35
80	0.32
81	0.31
82	0.32
83	0.31
84	0.33

37	0.38
38	0.31
39	0.33
40	0.32
41	0.32
42	0.5
43	0.31
44	0.33
45	0.31
46	0.25
47	0.31
48	0.33
49	0.31
50	0.34
51	0.31
52	0.33
53	0.31
54	0.29
55	0.31
56	0.5
57	0.31
58	0.33
59	0.33
60	0.35
61	0.29
62	0.32
63	0.29
64	0.29
65	0.33
66	0.33
67	0.31
68	0.32
69	0.35
70	0.33
71	0.33
72	0.33
73	0.32
74	0.33
75	0.31
76	0.33
77	0.34
78	0.33
79	0.35
80	0.32
81	0.31
82	0.32
83	0.31
84	0.33

37	0.38
38	0.31
39	0.51
40	0.33
41	0.32
42	0.29
43	0.31
44	0.32
45	0.31
46	0.31
47	0.34
48	0.33
49	0.31
50	0.34
51	0.31
52	0.44
53	0.31
54	0.35
55	0.31
56	0.5
57	0.31
58	0.33
59	0.6
60	0.35
61	0.31
62	0.32
63	0.33
64	0.25
65	0.33
66	0.33
67	0.31
68	0.32
69	0.35
70	0.33
71	0.34
72	0.33
73	0.32
74	0.31
75	0.31
76	0.33
77	0.34
78	0.33
79	0.35
80	0.32
81	0.31
82	0.32
83	0.31
84	0.33

37	0.38
38	0.35
39	0.33
40	0.33
41	0.32
42	0.29
43	0.39
44	0.33
45	0.31
46	0.3
47	0.31
48	0.33
49	0.31
50	0.34
51	0.31
52	0.33
53	0.31
54	0.35
55	0.31
56	0.5
57	0.31
58	0.33
59	0.33
60	0.35
61	0.31
62	0.32
63	0.33
64	0.34
65	0.33
66	0.33
67	0.31
68	0.32
69	0.35
70	0.33
71	0.34
72	0.33
73	0.32
74	0.31
75	0.31
76	0.33
77	0.34
78	0.33
79	0.35
80	0.32
81	0.31
82	0.32
83	0.31
84	0.33

85	0.5
86	0.33
87	0.3
88	0.32
89	0.33
Rata-Rata	0.332247191
Total	29.57

85	0.5
86	0.33
87	0.3
88	0.32
89	0.33
Rata-Rata	0.333483146
Total	29.68

85	0.5
86	0.33
87	0.3
88	0.32
89	0.33
Rata-rata	0.332696629
Total	29.61

85	0.5
86	0.33
87	0.3
88	0.32
89	0.33
Rata-rata	0.336292135
Total	29.93

85	0.5
86	0.33
87	0.3
88	0.32
89	0.33
Rata-Rata	0.335393258
Total	29.85

2. Teknologi Zigbee

Tabel 7. Paket data yang diterima Zigbee Selama 60 detik

No Paket	Jumlah Data	Bytes	Bit
1	433	865	6920
2	434	866	6928
3	433	865	6920
4	433	865	6920
5	433	865	6920
6	433	865	6920
7	433	865	6920
8	433	865	6920
9	433	865	6920
10	433	865	6920
11	433	865	6920
12	433	865	6920
13	433	865	6920
14	434	866	6928
15	433	865	6920
16	433	865	6920
17	433	865	6920
Total	7363	14707	117656

Tabel 8. Hasil delay antar paket Zigbee selama 60 detik

No Paket	Delay (detik)
1	0
2	2.85
3	2.56
4	2.32
5	2.56
6	2.56
7	2.56
8	2.56
9	2.57
10	2.56
11	2.56
12	2.33
13	2.56
14	2.6
15	2.56
16	2.56

No Paket	Delay (detik)
17	2.56
Total Delay	40.83

Tabel 9. Hasil dari delay pengiriman menuju penerimaan paket Zigbee selama 60 detik

No Paket	waktu paket diterima - waktu paket dikirim (detik)
1	0.5
2	0.27
3	0.55
4	0.32
5	0.56
6	0.55
7	0.55
8	0.55
9	0.56
10	0.55
11	0.56
12	0.33
13	0.56
14	0.59
15	0.55
16	0.56
17	0.55
Rata-Rata	0.509
Total	8.66

Tabel 10. Paket data yang diterima Zigbee Selama selama 5 menit dengan 5 kali pengambilan data

no packet	jumlah data	Bytes	bit	no packet	jumlah data	Bytes	bit	no packet	jumlah data	Bytes	bit	no packet	jumlah data	Bytes	bit	no packet	jumlah data	Bytes	bit
1	433	866	6920	1	433	865	6920	1	434	866	6928	1	433	865	6920	1	433	865	6920
2	433	866	6920	2	433	865	6920	2	433	865	6920	2	433	865	6920	2	434	866	6928
3	433	866	6920	3	433	865	6920	3	433	865	6920	3	433	865	6920	3	433	865	6920
4	433	866	6920	4	434	866	6928	4	434	866	6928	4	433	865	6920	4	433	865	6920
5	433	866	6920	5	433	865	6920	5	433	865	6920	5	434	866	6928	5	433	865	6920
6	433	866	6920	6	433	865	6920	6	433	865	6920	6	433	865	6920	6	434	866	6928
7	433	866	6920	7	434	866	6928	7	433	865	6920	7	433	865	6920	7	433	865	6920
8	433	866	6920	8	433	865	6920	8	433	865	6920	8	433	865	6920	8	433	865	6920
9	433	866	6920	9	434	866	6928	9	433	865	6920	9	434	866	6928	9	434	866	6928
10	433	866	6920	10	433	865	6920	10	433	865	6920	10	433	865	6920	10	433	865	6920
11	433	866	6920	11	433	865	6920	11	433	865	6920	11	433	865	6920	11	433	865	6920
12	433	866	6920	12	433	865	6920	12	433	865	6920	12	433	865	6920	12	433	865	6920
13	433	866	6920	13	433	865	6920	13	433	865	6920	13	433	865	6920	13	434	866	6928
14	433	866	6920	14	433	865	6920	14	433	865	6920	14	433	865	6920	14	433	865	6920
15	433	866	6920	15	433	865	6920	15	434	866	6928	15	433	865	6920	15	433	865	6920
16	433	866	6920	16	433	865	6920	16	433	865	6920	16	433	865	6920	16	433	865	6920
17	433	866	6920	17	433	865	6920	17	433	865	6920	17	433	865	6920	17	434	866	6928
18	433	866	6920	18	433	865	6920	18	433	865	6920	18	433	865	6920	18	433	865	6920
19	433	866	6920	19	433	865	6920	19	434	866	6928	19	433	865	6920	19	433	865	6920
20	433	866	6920	20	433	865	6920	20	433	865	6920	20	433	865	6920	20	433	865	6920
21	433	866	6920	21	433	865	6920	21	433	865	6920	21	434	866	6928	21	434	866	6928
22	433	866	6920	22	433	865	6920	22	433	865	6920	22	433	865	6920	22	433	865	6920
23	433	866	6920	23	433	865	6920	23	433	865	6920	23	433	865	6920	23	433	865	6920
24	433	866	6920	24	433	865	6920	24	434	866	6928	24	433	865	6920	24	433	865	6920
25	433	866	6920	25	433	865	6920	25	433	865	6920	25	433	865	6920	25	433	865	6920
26	433	866	6920	26	433	865	6920	26	434	866	6928	26	433	865	6920	26	433	865	6920
27	433	866	6920	27	433	865	6920	27	433	865	6920	27	433	865	6920	27	433	865	6920
28	433	866	6920	28	433	865	6920	28	433	865	6920	28	433	865	6920	28	434	866	6928
29	433	866	6920	29	433	865	6920	29	433	865	6920	29	434	866	6928	29	433	865	6920
30	433	866	6920	30	433	865	6920	30	433	865	6920	30	433	865	6920	30	434	866	6928
31	433	866	6920	31	433	865	6920	31	433	865	6920	31	433	865	6920	31	433	865	6920
32	433	866	6920	32	433	865	6920	32	433	865	6920	32	433	865	6920	32	434	866	6928
33	433	866	6920	33	433	865	6920	33	433	865	6920	33	433	865	6920	33	433	865	6920
34	433	866	6920	34	433	865	6920	34	433	865	6920	34	433	865	6920	34	433	865	6920
35	433	866	6920	35	433	865	6920	35	433	865	6920	35	433	865	6920	35	433	865	6920
36	433	866	6920	36	433	865	6920	36	433	865	6920	36	433	865	6920	36	433	865	6920
37	433	866	6920	37	433	865	6920	37	433	865	6920	37	434	866	6928	37	433	865	6920
38	433	866	6920	38	433	865	6920	38	433	865	6920	38	433	865	6920	38	433	865	6920
39	433	866	6920	39	433	865	6920	39	433	865	6920	39	433	865	6920	39	433	865	6920
40	433	866	6920	40	433	865	6920	40	433	865	6920	40	433	865	6920	40	433	865	6920
41	433	866	6920	41	433	865	6920	41	434	866	6928	41	434	866	6928	41	433	865	6920
42	433	866	6920	42	433	865	6920	42	433	865	6920	42	433	865	6920	42	433	865	6920
43	433	866	6920	43	433	865	6920	43	433	865	6920	43	433	865	6920	43	434	866	6928
44	433	866	6920	44	433	865	6920	44	433	865	6920	44	433	865	6920	44	433	865	6920

Tabel 11. Hasil delay antar paket Zigbee selama 5 menit dengan 5 kali pengambilan data

No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)	No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)	No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)	No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)	No Paket	Waktu paket diterima - Waktu paket dikirim (detik)
1	0.5	1	0.56	1	0.56	1	0.5	1	0.33
2	0.27	2	0.55	2	0.55	2	0.5	2	0.56
3	0.55	3	0.56	3	0.56	3	0.27	3	0.59
4	0.32	4	0.33	4	0.33	4	0.55	4	0.55
5	0.56	5	0.56	5	0.56	5	0.32	5	0.56
6	0.55	6	0.59	6	0.59	6	0.55	6	0.55
7	0.55	7	0.55	7	0.55	7	0.55	7	0.55
8	0.55	8	0.56	8	0.56	8	0.55	8	0.56
9	0.56	9	0.55	9	0.55	9	0.55	9	0.33
10	0.55	10	0.55	10	0.55	10	0.32	10	0.27
11	0.56	11	0.56	11	0.56	11	0.55	11	0.27
12	0.33	12	0.33	12	0.33	12	0.55	12	0.55
13	0.56	13	0.27	13	0.27	13	0.56	13	0.56
14	0.59	14	0.55	14	0.27	14	0.59	14	0.59
15	0.55	15	0.32	15	0.55	15	0.55	15	0.55
16	0.56	16	0.56	16	0.32	16	0.56	16	0.56
17	0.55	17	0.55	17	0.56	17	0.55	17	0.55
18	0.56	18	0.55	18	0.55	18	0.55	18	0.55
19	0.59	19	0.33	19	0.55	19	0.56	19	0.55
20	0.55	20	0.27	20	0.55	20	0.55	20	0.55
21	0.56	21	0.55	21	0.56	21	0.55	21	0.55
22	0.55	22	0.32	22	0.55	22	0.56	22	0.32
23	0.55	23	0.56	23	0.56	23	0.33	23	0.55
24	0.56	24	0.55	24	0.33	24	0.27	24	0.55
25	0.33	25	0.56	25	0.56	25	0.55	25	0.56
26	0.56	26	0.59	26	0.59	26	0.32	26	0.59
27	0.55	27	0.55	27	0.55	27	0.56	27	0.55
28	0.56	28	0.56	28	0.56	28	0.55	28	0.56
29	0.55	29	0.55	29	0.55	29	0.55	29	0.55
30	0.55	30	0.55	30	0.55	30	0.33	30	0.55
31	0.56	31	0.56	31	0.56	31	0.27	31	0.56
32	0.55	32	0.33	32	0.33	32	0.55	32	0.55
33	0.56	33	0.56	33	0.56	33	0.32	33	0.55
34	0.59	34	0.55	34	0.59	34	0.56	34	0.56
35	0.55	35	0.56	35	0.55	35	0.55	35	0.33
36	0.56	36	0.55	36	0.56	36	0.56	36	0.27
37	0.55	37	0.55	37	0.5	37	0.55	37	0.55
38	0.55	38	0.56	38	0.27	38	0.56	38	0.32
39	0.56	39	0.55	39	0.55	39	0.55	39	0.56
40	0.33	40	0.56	40	0.32	40	0.55	40	0.55
41	0.56	41	0.59	41	0.55	41	0.56	41	0.55
42	0.55	42	0.55	42	0.56	42	0.33	42	0.33

43	0.56
44	0.55
45	0.55
46	0.56
47	0.55
48	0.56
49	0.59
50	0.55
51	0.55
52	0.55
53	0.56
54	0.55
55	0.56
56	0.33
57	0.56
58	0.59
59	0.55
60	0.56
61	0.55
62	0.56
63	0.59
64	0.56
65	0.55
66	0.55
67	0.56
68	0.55
69	0.56
70	0.59
71	0.55
72	0.55
73	0.55
74	0.56
75	0.55
76	0.56
77	0.59
78	0.55
79	0.55
80	0.55
81	0.56
82	0.56
83	0.55
84	0.56
85	0.59
86	0.55
87	0.59
Rata-Rata	0.541609195
Total	47.12

43	0.56
44	0.55
45	0.55
46	0.56
47	0.33
48	0.56
49	0.55
50	0.56
51	0.55
52	0.55
53	0.56
54	0.55
55	0.56
56	0.59
57	0.55
58	0.55
59	0.55
60	0.56
61	0.55
62	0.56
63	0.33
64	0.56
65	0.59
66	0.55
67	0.56
68	0.55
69	0.56
70	0.59
71	0.56
72	0.55
73	0.55
74	0.55
75	0.55
76	0.56
77	0.55
78	0.56
79	0.33
80	0.56
81	0.59
82	0.55
83	0.56
84	0.5
85	0.27
86	0.55
87	0.32
Rata-Rata	0.520804598
Total	45.31

43	0.55
44	0.56
45	0.59
46	0.55
47	0.56
48	0.55
49	0.55
50	0.56
51	0.33
52	0.56
53	0.55
54	0.56
55	0.55
56	0.55
57	0.56
58	0.55
59	0.55
60	0.33
61	0.27
62	0.55
63	0.32
64	0.56
65	0.55
66	0.56
67	0.59
68	0.55
69	0.56
70	0.55
71	0.55
72	0.56
73	0.33
74	0.56
75	0.55
76	0.55
77	0.56
78	0.55
79	0.56
80	0.59
81	0.55
82	0.55
83	0.55
84	0.56
85	0.56
86	0.56
87	0.59
88	0.55
Rata-rata	0.517954545
Total	45.58

43	0.56
44	0.59
45	0.55
46	0.56
47	0.5
48	0.27
49	0.55
50	0.32
51	0.55
52	0.56
53	0.55
54	0.55
55	0.56
56	0.33
57	0.56
58	0.55
59	0.56
60	0.55
61	0.55
62	0.56
63	0.55
64	0.56
65	0.56
66	0.27
67	0.55
68	0.32
69	0.56
70	0.55
71	0.56
72	0.59
73	0.55
74	0.56
75	0.55
76	0.55
77	0.56
78	0.33
79	0.56
80	0.55
81	0.56
82	0.55
83	0.55
84	0.56
85	0.33
86	0.56
87	0.55
88	0.55
Rata-rata	0.506022727
Total	44.53

43	0.27
44	0.55
45	0.32
46	0.56
47	0.55
48	0.56
49	0.55
50	0.56
51	0.55
52	0.55
53	0.56
54	0.33
55	0.56
56	0.59
57	0.55
58	0.56
59	0.5
60	0.27
61	0.55
62	0.32
63	0.55
64	0.56
65	0.55
66	0.55
67	0.56
68	0.33
69	0.56
70	0.55
71	0.56
72	0.55
73	0.55
74	0.56
75	0.55
76	0.56
77	0.56
78	0.55
79	0.56
80	0.59
81	0.55
82	0.56
83	0.55
84	0.55
85	0.55
86	0.55
87	0.56
88	0.55
Rata-Rata	0.513295455
Total	45.17

Tabel 12. Hasil dari delay pengiriman menuju penerimaan paket Zigbee selama 5 menit dengan 5 kali pengambilan data

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.85
3	2.56
4	2.32
5	2.56
6	2.56
7	2.56
8	2.56
9	2.57
10	2.56
11	2.56
12	2.33
13	2.56
14	2.6
15	2.56
16	2.56
17	2.56
18	2.56
19	2.33
20	2.56
21	2.6
22	2.56
23	2.56
24	2.56
25	2.57
26	2.56
27	2.56
28	2.33
29	2.56
30	2.6
31	2.56
32	2.56
33	2.56
34	2.56
35	2.33
36	2.56

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.85
3	2.56
4	2.32
5	2.56
6	2.56
7	2.56
8	2.56
9	2.57
10	2.56
11	2.56
12	2.33
13	2.56
14	2.6
15	2.56
16	2.56
17	2.56
18	2.56
19	2.56
20	2.57
21	2.56
22	2.56
23	2.33
24	2.56
25	2.6
26	2.56
27	2.56
28	2.56
29	2.56
30	2.33
31	2.56
32	2.6
33	2.56
34	2.56
35	2.56
36	2.57

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.33
3	2.56
4	2.6
5	2.56
6	2.56
7	2.56
8	2.56
9	2.56
10	2.57
11	2.56
12	2.56
13	2.33
14	2.56
15	2.6
16	2.56
17	2.56
18	2.57
19	2.56
20	2.56
21	2.33
22	2.56
23	2.6
24	2.56
25	2.56
26	2.56
27	2.56
28	2.33
29	2.56
30	2.6
31	2.56
32	2.56
33	2.56
34	2.57
35	2.56
36	2.56

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.56
3	2.56
4	2.56
5	2.56
6	2.57
7	2.56
8	2.56
9	2.33
10	2.56
11	2.6
12	2.56
13	2.56
14	2.56
15	2.56
16	2.33
17	2.56
18	2.6
19	2.56
20	2.56
21	2.56
22	2.57
23	2.56
24	2.56
25	2.33
26	2.56
27	2.6
28	2.56
29	2.33
30	2.56
31	2.6
32	2.56
33	2.56
34	2.56
35	2.56
36	2.56

NO PACKET	DELAY
1	0
2	2.6
3	2.56
4	2.56
5	2.56
6	2.56
7	2.56
8	2.57
9	2.56
10	2.56
11	2.33
12	2.56
13	2.6
14	2.56
15	2.56
16	2.56
17	2.56
18	2.33
19	2.56
20	2.56
21	2.33
22	2.56
23	2.6
24	2.56
25	2.56
26	2.56
27	2.56
28	2.33
29	2.56
30	2.6
31	2.56
32	2.56
33	2.56
34	2.57
35	2.56
36	2.56

37	2.33
38	2.56
39	2.6
40	2.56
41	2.56
42	2.56
43	2.57
44	2.56
45	2.56
46	2.33
47	2.56
48	2.6
49	2.56
50	2.56
51	2.56
52	2.56
53	2.56
54	2.57
55	2.56
56	2.56
57	2.33
58	2.56
59	2.6
60	2.56
61	2.56
62	2.56
63	2.56
64	2.33
65	2.56
66	2.6
67	2.56
68	2.56
69	2.56
70	2.57
71	2.56
72	2.56
73	2.56
74	2.57
75	2.56
76	2.56
77	2.33
78	2.56
79	2.33
80	2.56
81	2.6
82	2.56

37	2.56
38	2.56
39	2.33
40	2.56
41	2.6
42	2.56
43	2.56
44	2.56
45	2.56
46	2.33
47	2.56
48	2.6
49	2.56
50	2.56
51	2.56
52	2.57
53	2.56
54	2.56
55	2.33
56	2.56
57	2.6
58	2.56
59	2.56
60	2.56
61	2.56
62	2.56
63	2.57
64	2.56
65	2.56
66	2.33
67	2.56
68	2.6
69	2.56
70	2.56
71	2.56
72	2.56
73	2.33
74	2.56
75	2.6
76	2.56
77	2.33
78	2.56
79	2.33
80	2.56
81	2.6
82	2.56

37	2.56
38	2.56
39	2.56
40	2.56
41	2.57
42	2.56
43	2.56
44	2.33
45	2.56
46	2.6
47	2.56
48	2.56
49	2.56
50	2.56
51	2.56
52	2.57
53	2.33
54	2.56
55	2.6
56	2.56
57	2.56
58	2.56
59	2.57
60	2.56
61	2.56
62	2.33
63	2.56
64	2.56
65	2.56
66	2.56
67	2.57
68	2.56
69	2.56
70	2.33
71	2.56
72	2.6
73	2.56
74	2.56
75	2.56
76	2.56
77	2.56
78	2.33
79	2.56
80	2.6
81	2.56
82	2.33

37	2.57
38	2.56
39	2.56
40	2.33
41	2.56
42	2.6
43	2.56
44	2.56
45	2.57
46	2.56
47	2.56
48	2.33
49	2.56
50	2.6
51	2.56
52	2.56
53	2.56
54	2.56
55	2.56
56	2.56
57	2.57
58	2.56
59	2.56
60	2.33
61	2.56
62	2.6
63	2.56
64	2.56
65	2.56
66	2.56
67	2.33
68	2.56
69	2.6
70	2.56
71	2.33
72	2.56
73	2.33
74	2.56
75	2.6
76	2.56
77	2.33
78	2.56
79	2.6
80	2.56
81	2.56
82	2.56

37	2.56
38	2.6
39	2.56
40	2.56
41	2.56
42	2.56
43	2.33
44	2.56
45	2.33
46	2.56
47	2.6
48	2.56
49	2.56
50	2.56
51	2.57
52	2.56
53	2.56
54	2.33
55	2.56
56	2.33
57	2.56
58	2.6
59	2.56
60	2.33
61	2.56
62	2.6
63	2.56
64	2.56
65	2.56
66	2.56
67	2.56
68	2.57
69	2.56
70	2.56
71	2.33
72	2.56
73	2.6
74	2.56
75	2.56
76	2.33
77	2.56
78	2.6
79	2.56
80	2.33
81	2.56
82	2.6

83	2.56
84	2.56
85	2.57
86	2.56
87	2.56
Total	218.3

83	2.56
84	2.57
85	2.56
86	2.56
87	2.33
Total	218.1

83	2.56
84	2.33
85	2.33
86	2.56
87	2.6
88	2.56
Total	220.39

83	2.56
84	2.56
85	2.33
86	2.56
87	2.33
88	2.33
Total	219.95

83	2.56
84	2.56
85	2.33
86	2.56
87	2.6
88	2.6
Total	220.29