

Analisis Komunikasi data menggunakan *Internet Of Things* dengan protokol MQTT pada alat *Swimming Lap Counter*

1st Lea Defo Sadewo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

leadefo@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Mohammad Ramdhani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

mohamadramdhani@telkomuniversity.
ac.id

3rd Dien Rahmawati
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

dienrahmawati@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Perlombaan renang diatur oleh berbagai federasi, seperti *Federation Internationale de Natation Amateur* (FINA) untuk tingkat internasional dan Persatuan Renang Seluruh Indonesia (PRSI) untuk tingkat nasional. Berbagai petugas, seperti wasit, *starter*, pengawas, *inspector of turns*, dan pencatat waktu, berperan penting dalam perlombaan ini. Saat ini, pencatatan waktu dan jumlah putaran masih sering dilakukan secara manual, terutama pada latihan dan kompetisi tingkat rendah. Metode manual ini rentan terhadap kesalahan manusia dan kurang akurat dibandingkan sistem otomatis.

Oleh karena itu, diperlukan alat otomatis penghitung waktu dan putaran renang untuk membantu kinerja petugas dan memastikan keakuratan hasil setiap atlet dalam perlombaan. Alat yang ada sering dikeluhkan karena menggunakan kabel yang rentan rusak dan kurang sensitif. Selain itu, penyelenggara perlombaan membutuhkan alat yang ekonomis dan ringkas untuk mempermudah persiapan kompetisi.

Dalam penelitian ini, dikembangkan alat penghitung putaran renang otomatis yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) untuk mengirim data dengan cepat dan tanpa *packet loss*. Alat ini diuji untuk menentukan indeks *delay* dan *packet loss* pada saat pengiriman data menurut standarisasi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*). Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *delay* 431 ms untuk *device 1* dan 324 ms untuk *device 2*, yang masuk dalam indeks 2 (sedang) menurut standarisasi TIPHON. Pengujian *packet loss* dengan 32 data untuk setiap perangkat menunjukkan hasil 0% *packet loss*, baik pada *device 1* maupun *device 2*, yang mengindikasikan sistem komunikasi alat ini tidak mengalami kehilangan data.

Kata kunci— TIPHON, realtime, delay, packet loss, MQTT.

I. PENDAHULUAN

Dalam perlombaan renang, berbagai peraturan diatur oleh federasi terkait. *Federation Internationale de Natation Amateur* (FINA) mengatur regulasi untuk perlombaan internasional, sementara PRSI mengatur di tingkat nasional. Berbagai petugas berperan penting dalam perlombaan renang, termasuk wasit, *starter*, *supervisor*, *inspector of turns*,

dan pencatat waktu. Saat perlombaan dimulai, *starter* mengamati dan memimpin start para perenang serta menilai kelayakan start mereka. Setelah *start*, pencatat waktu merekam waktu setiap atlet dan mengirimkan laporan kepada juri. Untuk perlombaan perorangan jarak 800 m dan 1500 m, *inspector of turns* di setiap lintasan mencatat jumlah putaran yang ditempuh atlet renang.[1]

Pada saat latihan maupun kompetisi tingkat rendah, perhitungan waktu dan jumlah putaran masih dilakukan secara manual. Metode ini melibatkan penggunaan *stopwatch* oleh pelatih atau petugas, serta pencatatan jumlah putaran secara langsung oleh pengawas. Meskipun cara ini sederhana dan tidak memerlukan peralatan canggih, metode manual rentan terhadap kesalahan manusia dan kurang akurat dibandingkan dengan sistem otomatis. Hal ini dapat mempengaruhi penilaian prestasi atlet dan mempersulit evaluasi kemajuan mereka secara tepat. Oleh sebab itu, diperlukan alat otomatis penghitung waktu dan putaran renang untuk membantu kinerja petugas dan memastikan keakuratan hasil setiap atlet dalam perlombaan.

Prestasi renang diukur berdasarkan waktu yang dicapai oleh perenang, yang idealnya lebih cepat dari rekor terbaik mereka baik saat latihan maupun kompetisi. Kualitas prestasi ditentukan oleh seberapa jauh mereka melampaui pencapaian terbaik sebelumnya. Dalam kompetisi, sarana dan prasarana yang optimal untuk merekam waktu sangat penting. Atlet renang memperhatikan jumlah putaran dan durasi race. Oleh karena itu, alat bantu untuk menghitung putaran dan durasi sangat diperlukan. Namun, alat yang ada sering dikeluhkan karena masih menggunakan kabel yang rentan rusak dan kurang sensitif. Banyak atlet gagal menekan tombol alat tersebut. Selain itu, penyelenggara perlombaan membutuhkan alat yang ekonomis dan *compact* untuk mempermudah persiapan kompetisi.

Berbagai alat penghitung putaran renang digunakan dalam perlombaan renang nasional dan internasional. Alat pertama, *finger lap counter*, masih memerlukan perhitungan manual oleh atlet, yang dapat mengganggu konsentrasi selama race [2]. Alat kedua, *dolphin colorado wireless*

timing system, meskipun sudah terintegrasi secara *wireless*, harganya masih terlalu tinggi untuk kompetisi kecil [4]. Oleh karena itu, diperlukan alat yang ekonomis dan memiliki sensitivitas tinggi untuk membantu penyelenggaraan perlombaan renang. Alat ini juga harus mampu menghasilkan data secara *real-time* untuk memudahkan juri dalam mengumpulkan hasil putaran atlet. Solusi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas penyelenggaraan perlombaan renang tingkat nasional.

II. KAJIAN TEORI

A. MQTT Protokol

Message Queuing Telemetry Transport merupakan protocol dari teknologi yang bernama IOT (*internet of things*). Internet Of Things sendiri memungkinkan mereka untuk berkomunikasi satu sama lain antar perangkat dengan perangkat lainnya, dengan memberikan kemudahan dalam pengendalian atau pengamatan jarak jauh menggunakan internet.[3] MQTT adalah sebuah protocol konektivitas *machine to machine* (M2M) yang didesain mampu mengirimkan data dengan sangat cepat dan ringan. Pada MQTT sendiri mempunyai keunggulan yaitu dapat mengirimkan data dengan *bandwith* yang ringan, konsumsi listrik yang sedikit, latensi serta konektivitas yang sangat tinggi, ketersediaan variable yang banyak serta jaminan pengiriman data yang dapat dinegosiasikan.[4] Hal ini sebanding dengan kebutuhan sistem *swimming lap counter* yang memerlukan pengiriman data yang cepat, sehingga dapat menghasilkan perhitungan yang akurat dengan menggunakan konsumsi daya yang kecil. MQTT juga berkomunikasi dengan mengirimkan data dengan ukuran yang relative kecil sebesar 2 *bytes* untuk setiap jenis data, sehingga mampu bekerja dilingkungan yang terbatas sumber daya, selain itu protokol ini menjamin terkirimnya semua pesan walaupun koneksinya terputus sementara, protokol MQTT menggunakan metode *publish/subscribe* untuk metode komunikasinya.[5]

B. Arsitektur MQTT

MQTT adalah protokol komunikasi dengan arsitektur komunikasi *publish/subscribe* berbasis topik. Prinsip dari arsitektur komunikasi model *publish/subscribe* adalah komponen-komponen yang menginginkan beberapa informasi dengan cara mendaftarkan topik yang diinginkan. Topik berfungsi sebagai filter untuk broker dalam pengiriman pesan ke tiap klien yang terhubung atau dengan kata lain topik berperan sebagai kanal bagi klien untuk melakukan *subscribe*. [6]



GAMBAR.2.1

Arsitektur Komunikasi *Publish/Subscribe*

C. MQTT Broker EMQX

EMQX adalah salah satu broker MQTT yang cukup populer dan bersifat *open-source*. Broker ini menawarkan banyak fitur untuk kebutuhan *Internet of Things* (IoT).[7] MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah protokol ringan yang mendukung komunikasi dalam

lingkungan *IoT*. Sebagai *broker* MQTT, EMQX berfungsi sebagai entitas perantara yang memungkinkan klien MQTT berkomunikasi

D. Program MQTT

```
const char* mqtt_server = "broker.emqx.io";
const int mqtt_port = 1883;// Port TCP
char* pub = "ws/pub";// topic broker EMQX
```

```
char* lap1_;
char* lap2_;
char* lap3_;
char* lap4_;
char* sWaktu_;
```

```
char* topicSub = "ws/pub";// topic broker EMQX
char* clientID;
```

```
String mac;
String jsonString;
```

```
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
```

Sistem ini memakai protocol MQTT dan menggunakan wifi untuk koneksinya. Sistem ini memakai port MQTT yang ada di EMQX broker yaitu 1883 dengan topic "ws/pub" dan memasukkan MQTT server untuk mengkoneksikan ESP ke broker EMQX"broker.emqx.io"

III. METODE

Sistem *swimming lap counter* akan di uji untuk mengetahui seberapa besar *delay* dan *packet loss* yang ada di sistem ini. Untuk pengujian *delay* dan *packet loss* sudah ada standarisasi dari TIPHON *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network* (TIPHON) merupakan suatu inisiatif global yang bertujuan untuk menyalurkan protokol telekomunikasi dan internet guna meningkatkan Pengukuran *Quality of Service* (QoS).[8] Dengan adanya standarisasi TIPHON memudahkan untuk menentukan QOS atau indeks pada *swimming lap counter*.

Metode untuk menentukan *delay* pada sistem *swimming lap counter* dengan cara *realtime* menggunakan *stopwatch* yaitu mengukur waktu atau interval sejak sistem mendeteksi tangan atlet renang saat menyentuh alat dan hasil akan perolehan akan tampil di web *swimming lap counter*.

Packet loss atau data yang hilang adalah pesan yang tidak sepenuhnya terkirim atau tidak sepenuhnya diterima. Pengujian *packet loss* pada sistem *swimming lap counter* dengan cara observasi secara *real-time* memperhatikan sistem sejak tangan atlet renang menyentuh alat dan memperhatikan hasil perolehan waktu pada web *swimming lap counter*.

A. Quality Of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) atau Kualitas Layanan adalah metode pengukuran yang digunakan untuk menentukan kemampuan sebuah jaringan, seperti aplikasi jaringan dengan tujuan memberikan layanan jaringan yang lebih baik dan

terencana.[9] QoS memastikan bahwa berbagai jenis data dapat disampaikan dengan kecepatan dan kehandalan yang sesuai dalam komunikasi. Menurut Standarisasi TIPHON terhadap delay ada 4 indeks[5] yaitu :

TABEL 2.1
Standarisasi Delay menurut TIPHON

keterangan	Besar delay	Indeks
Sangat bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

Standarisasi TIPHON terhadap *packet loss* terdapat 4 indeks yaitu :'

TABEL 2.2
Standarisasi Packet loss menurut TIPHON

keterangan	Besar packet loss	Indeks
Sangat bagus	0 s/d 2%	4
Bagus	3 s/d 14%	3
Sedang	12 s/d 24%	2
Buruk	>24%	1

B. Standarisasi TIPHON

Persamaan (1) untuk mencari rata- rata *delay* pada sistem *swimming lap counter* menurut standarisasi TIPHON.

$$Delay\ rata - rata = \frac{Total\ delay}{Total\ paket\ di\ terima} =$$

Persamaan (2) untuk mencari *packet loss* pada sistem *swimming lap counter* menurut standarisasi TIPHON.

$$Packet\ Loss = \frac{Paket\ data\ yang\ hilang}{Paket\ data\ yang\ terkirim} =$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Delay Device 1

TABLE 4.1.
Pengujian Delay device 1

Pengujian	Dikirim (s)	Diterima (s)	Delay (ms)
Percobaan 1			
1.	00.00.24.947	00.00.25.704	757
2.	00.00.50.765	00.00.51.656	891
3.	00.01.14.240	00.01.15.691	1.451
4.	00.01.36.990	00.01.37.508	518
Percobaan 2			
1.	00.00.26.159	00.00.27.382	805
2.	00.00.50.543	00.00.51.308	765
3.	00.01.14.213	00.01.15.715	1.202
4.	00.01.34.564	00.01.35.407	843
Percobaan 3			
1.	00.00.27.169	00.00.27.409	240
2.	00.00.53.765	00.00.54.070	305
3.	00.01.13.503	00.01.13.604	101
4.	00.01.29.685	00.01.30.102	417
Percobaan 4			
1.	00.00.23.230	00.00.23.465	235
2.	00.00.50.371	00.00.50.680	309
3.	00.01.10.402	00.01.10.670	268
4.	00.01.29.291	00.01.29.414	123
Percobaan 5			
1.	00.00.22.220	00.00.22.550	330
2.	00.00.47.149	00.00.47.433	284
3.	00.01.14.876	00.01.15.034	158
4.	00.01.31.372	00.01.31.656	284

Percobaan 6			
1.	00.00.22.119	00.00.22.381	262
2.	00.00.48.967	00.00.49.031	164
3.	00.01.11.331	00.01.11.589	258
4.	00.01.33.220	00.01.33.369	149
Percobaan 7			
1.	00.00.26.260	00.00.26.528	268
2.	00.00.52.765	00.00.53.053	318
3.	00.01.14.523	00.01.14.632	109
4.	00.01.34.285	00.01.34.498	213
Percobaan 8			
1.	00.00.19.890	00.00.20.156	266
2.	00.00.41.180	00.00.41.533	353
3.	00.01.01.705	00.01.02.065	160
4.	00.01.21.503	00.01.21.642	139
Total			12.944 ms

$$1. Delay\ rata\ rata = \frac{Total\ delay}{total\ paket\ yang\ diterima} = \frac{12.944}{32} = 431\ ms$$

Device 2

TABLE 4.2.
Pengujian Delay Device 2

Pengujian	Dikirim (s)	Diterima (s)	Delay (ms)
Percobaan 1			
1.	00.00.24.543	00.00.25.485	457
2.	00.00.50.957	00.00.51.308	351
3.	00.01.14.442	00.01.15.305	863
4.	00.01.34.594	00.01.35.407	813
Percobaan 2			
1.	00.00.25.480	00.00.26.010	530
2.	00.00.48.533	00.00.49.341	808
3.	00.01.11.715	00.01.12.298	583
4.	00.01.29.594	00.01.30.341	747
Percobaan 3			
1.	00.00.25.351	00.00.25.571	220
2.	00.00.50.480	00.00.50.632	152
3.	00.01.10.907	00.01.11.182	195
4.	00.01.28.685	00.01.28.823	138
Percobaan 4			
1.	00.00.25.149	00.00.25.378	229
2.	00.00.44.190	00.00.44.351	161
3.	00.01.05.816	00.01.05.923	107
4.	00.01.23.685	00.01.23.821	136
Percobaan 5			
1.	00.00.25.250	00.00.25.430	180
2.	00.00.50.452	00.00.50.615	163
3.	00.01.07.978	00.01.08.239	261
4.	00.01.29.190	00.01.29.361	171
Percobaan 6			
1.	00.00.25.856	00.00.25.926	325
2.	00.00.51.765	00.00.51.897	129
3.	00.01.15.543	00.01.15.743	135
4.	00.01.36.412	00.01.36.760	326
Percobaan 7			
1.	00.00.22.523	00.00.22.792	269
2.	00.00.46.947	00.00.47.379	432
3.	00.01.07.917	00.01.08.465	548
4.	00.01.26.695	00.01.26.891	196
Percobaan 8			
1.	00.00.21.816	00.00.21.993	177
2.	00.00.42.513	00.00.42.704	191
3.	00.01.04.725	00.01.04.911	186
4.	00.01.32.685	00.01.32.898	213
Total			10.392 ms

$$2. Delay\ rata\ rata = \frac{Total\ delay}{total\ paket\ yang\ diterima} = \frac{10.392}{32} = 324\ ms$$

Dari pengambilan data yang pada table di atas *device 1* dan *device 2* masuk kedalam indeks 2 menurut standarisasi TIPHON yang berarti “sedang”. [10]

B. Packet loss

Device 1

TABLE 4.3.
Pengujian Packet loss Device 1

Pengujian	Waktu Dikirim (s)	Waktu Diterima (s)	Pengiriman data	Data diterima
Percobaan 1				
1.	00.00.24.947	00.00.25.704	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.50.765	00.00.51.656	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.14.240	00.01.15.691	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.36.990	00.01.37.508	Terkirim	Berhasil
Percobaan 2				
1.	00.00.26.159	00.00.27.382	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.50.543	00.00.51.308	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.14.213	00.01.15.715	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.34.564	00.01.35.407	Terkirim	Berhasil
Percobaan 3				
1.	00.00.27.169	00.00.27.409	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.53.765	00.00.54.070	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.13.503	00.01.13.604	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.29.685	00.01.30.102	Terkirim	Berhasil
Percobaan 4				
1.	00.00.23.230	00.00.23.465	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.50.371	00.00.50.680	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.10.402	00.01.10.670	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.29.291	00.01.29.414	Terkirim	Berhasil
Percobaan 5				
1.	00.00.22.220	00.00.22.550	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.47.149	00.00.47.433	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.14.876	00.01.15.034	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.31.372	00.01.31.656	Terkirim	Berhasil
Percobaan 6				
1.	00.00.22.119	00.00.22.381	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.48.967	00.00.49.031	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.11.331	00.01.11.589	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.33.220	00.01.33.369	Terkirim	Berhasil
Percobaan 7				
1.	00.00.26.260	00.00.26.528	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.52.765	00.00.53.053	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.14.523	00.01.14.632	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.34.285	00.01.34.498	Terkirim	Berhasil
Percobaan 8				
1.	00.00.19.890	00.00.20.156	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.41.180	00.00.41.533	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.01.705	00.01.02.065	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.21.503	00.01.21.642	Terkirim	Berhasil

1. Device 1

$$Packet\ loss = \frac{data\ yang\ hilang}{data\ yang\ terkirim} \times 100\% = \frac{0}{32} \times 100\% = 0\%$$

Device 2

TABLE 4.4.
Pengujian Packet loss Device 2

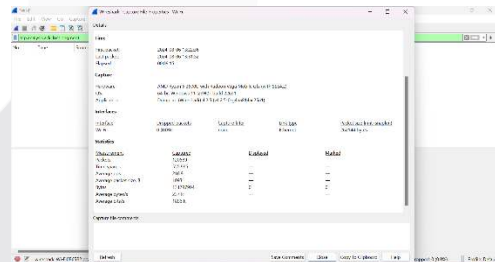
Pengujian	Waktu Dikirim (s)	Waktu Diterima (s)	Pengiriman data	Data diterima
Percobaan 1				
1.	00.00.24.543	00.00.25.485	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.50.957	00.00.51.308	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.14.442	00.01.15.305	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.34.594	00.01.35.407	Terkirim	Berhasil
Percobaan 2				
1.	00.00.25.480	00.00.26.010	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.48.533	00.00.49.341	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.11.715	00.01.12.298	Terkirim	Berhasil

4.	00.01.29.594	00.01.30.341	Terkirim	Berhasil
Percobaan 3				
1.	00.00.25.351	00.00.25.571	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.50.480	00.00.50.632	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.10.907	00.01.11.182	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.28.685	00.01.28.823	Terkirim	Berhasil
Percobaan 4				
1.	00.00.25.149	00.00.25.378	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.44.190	00.00.44.351	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.05.816	00.01.05.923	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.23.685	00.01.23.821	Terkirim	Berhasil
Percobaan 5				
1.	00.00.25.250	00.00.25.430	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.50.452	00.00.50.615	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.07.978	00.01.08.239	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.29.190	00.01.29.361	Terkirim	Berhasil
Percobaan 6				
1.	00.00.25.856	00.00.25.926	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.51.765	00.00.51.897	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.15.543	00.01.15.743	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.36.412	00.01.36.760	Terkirim	Berhasil
Percobaan 7				
1.	00.00.22.523	00.00.22.792	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.46.947	00.00.47.379	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.07.917	00.01.08.465	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.26.695	00.01.26.891	Terkirim	Berhasil
Percobaan 8				
1.	00.00.21.816	00.00.21.993	Terkirim	Berhasil
2.	00.00.42.513	00.00.42.704	Terkirim	Berhasil
3.	00.01.04.725	00.01.04.911	Terkirim	Berhasil
4.	00.01.32.685	00.01.32.898	Terkirim	Berhasil

2. Device 2

$$Packet\ loss = \frac{data\ yang\ hilang}{data\ yang\ terkirim} \times 100\% = \frac{0}{32} \times 100\% = 0\%$$

Kesimpulan yang bisa diambil dari pengujian device 1 dan device 2 untuk *packet loss* didapatkan 0% untuk setiap *device*, jika menurut standarisasi TIPHON tentang *packet loss*. Sistem berada di indeks 4 yang artinya “Sangat Bagus”.



GAMBAR 4.5
Screenshot pada aplikasi Wireshark

Gambar tersebut adalah hasil tangkapan layar dari aplikasi *Wireshark* yang digunakan untuk menguji *packet loss* pada sistem penghitung putaran renang. *Wireshark* adalah aplikasi yang dapat menganalisis protokol jaringan internet dengan menangkap dan memeriksa data yang bergerak secara *real-time*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap 64 data dari kedua perangkat penghitung putaran renang menggunakan *Wireshark*, tidak ditemukan adanya *packet loss* atau data yang hilang. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data yang dikirim selalu sebanding dengan data yang diterima.

V. KESIMPULAN

Swimming lap counter (penghitung lap renang) menggunakan sistem Internet Of things dan memakai protocol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) agar dapat mengirim data dengan sangat cepat. Cara kerja protocol MQTT dengan cara *publish* dan *subscribe* sehingga hanya sedikit *delay* yang ada di sistem ini dan tidak terdapat *packet loss*.

Untuk menentukan indeks *delay* dan *packet loss* menurut standarisasi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*), diambil 32 data untuk setiap *device* nya, dari hasil pengujian *delay* pada *device* 1 dengan rata rata *delay* 431 ms dan *device* 2 dengan hasil rata rata *delay* 324 ms masuk kedalam indeks 2 (sedang) untuk kedua *device* *swimming lap counter*.

Packet loss (data yang hilang) pada alat *swimming lap counter* dengan mengambil 32 data pengujian untuk setiap *device* agar dapat menentukan indeks *packet loss* menurut standarisasi TIPHON. Dari 32 data yang diambil untuk setiap *device* di dapatkan 0% *packet loss* untuk *device* 1 dan 0% *packet loss* untuk *device* 2. Saat pengujian *packet loss* menggunakan *platform Wireshark* juga 0% *packet loss* pada sistem *swimming lap counter*. Hal ini menunjukkan sistem komunikasi pada alat *swimming lap counter* tidak terdapat *packet loss* atau data yang hilang.

C. REFERENSI

[1] "RENANG Andrian Hasif Tambunan X MIA 3 SMA Negeri 3," 2020.

- [2] O. Poirier, "Cara menghitung putaran saat berenang," *Yourswimbook*, 2023.
- [3] B. M. Susanto *et al.*, "IMPLEMENTASI MQTT PROTOCOL PADA SMART HOME SECURITY BERBASIS WEB," 2018.
- [4] A. Kurnianto, J. Dedy Irawan, and F. X. Ariwibisono, "PENERAPAN IOT (INTERNET OF THINGS) UNTUK CONTROLLING LAMPU MENGGUNAKAN PROTOKOL MQTT BERBASIS WEB," 2022. [Online]. Available: <https://www.embedded.com/>
- [5] J. B. S. H. Hamdani, "Sistem Kendali Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT," *Jurnal BITE Vol.2 No.1 (Juni) 2020, Hal 1-11*, vol. 2, pp. 1–11, Mar. 2020.
- [6] N. P. Windryani, N. Bogi, and R. Mayasari, "ANALISA PERBANDINGAN PROTOKOL MQTT DENGAN HTTP PADA IOT PLATFORM PATRIOT COMPARISON ANALYSIS BETWEEN MQTT AND HTTP PROTOCOL IN PATRIOT IOT PLATFORM." [7] L. M. Pham, N. T. T. Le, and X. T. Nguyen, "Multi-level just-enough elasticity for MQTT brokers of Internet of Things applications," *Cluster Comput*, vol. 25, no. 6, pp. 3961–3976, Dec. 2022, doi: 10.1007/s10586-022-03636-w.
- [8] P. Ferdiansyah and U. Amikom Yogyakarta, "Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ."
- [9] I. Nurrobi and R. Adam, "PENERAPAN METODE QoS (QUALITY OF SERVICE) UNTUK MENGANALISA KUALITAS KINERJA JARINGAN WIRELESS," 2020.
- [10] S. Turangga and Y. Arie, "ANALISIS INTERNET MENGGUNAKAN PARAMETER QUALITY OF SERVICE PADA ALFAMART TUPAREV 70," 2022.