

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA KOMUNIKASI MACHINE-TO-MACHINE (M2M)
PADA JARINGAN SELULER PT. TELKOMSEL**

Disusun dan diajukan oleh

QADRIYYAH MARZUQAH

D041171529



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS KINERJA KOMUNIKASI MACHINE-TO-MACHINE (M2M) PADA
JARINGAN SELULER PT. TELKOMSEL**

Disusun dan diajukan oleh :

QADRIYYAH MARZUQAH

D041171529

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi
Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 31 Januari 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

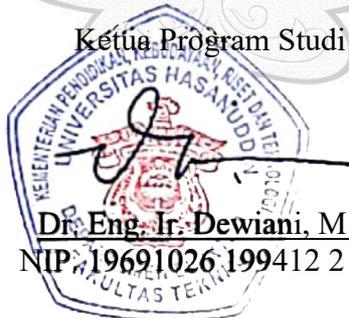


Merna Baharuddin, ST.M.Tel.Eng.,Ph.D.
NIP. 19751205 200501 2 002



Azran Budi Arief, S.T.,M.T.
NIP. 19890201 201903 1 007

Ketua Program Studi

Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Qadriyyah Marzuqah
NIM : D041171529
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Kinerja Komunikasi Machine-To-Machine (M2M) Pada Jaringan Seluler PT. Telkomsel

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi/tesis/disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi/tesis/disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 31 Januari 2022

Yang Menyatakan



Qadriyyah Marzuqah
Qadriyyah Marzuqah

ABSTRAK

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 seluler 3G dan teknologi seluler 4G pada layanan M2M Telkomsel. Analisis yang diambil dari *Quality of Service* (QoS) yang terdiri dari *delay*, *throughput*, *packet loss* dan *jitter* pada 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. Dalam melakukan analisis ini menggunakan aplikasi tools Wireshark untuk mendapatkan parameter QOS. Pengukuran akan dilakukan di 2 lokasi yaitu Kampus Universitas Hasanuddin Tamalanrea yang dapat merepresentasikan kondisi area Urban dan Kampus Universitas Hasanuddin Fakultas Teknik Gowa untuk kondisi area Suburban. Dari hasil yang didapat pada penelitian ini ialah teknologi 4G memiliki nilai *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter* yang lebih baik dibandingkan teknologi 3G pada layanan M2M Telkomsel. Pada teknologi 3G untuk nilai rata-rata *delay* pada seluruh sistem pengambilan data didapatkan 209.825 ms, nilai rata-rata *throughput* sebesar 28067.35 bps, nilai rata-rata *packet loss* sebesar 0.101%, dan nilai rata-rata *jitter* sebesar 0.00497175 ms. Sedangkan teknologi seluler 4G dengan nilai rata-rata *delay* sebesar 193.925 ms, nilai rata-rata *throughput* sebesar 30154.67 bps, nilai rata-rata *packet loss* sebesar 0.0607%, dan *jitter* sebesar 0.003035 ms.

Kata kunci: Machine to Machine, Teknologi Seluler, Quality of Service.

ABSTRACT

M2M technology is a challenge for every communication technology company. M2M offers both extraordinary opportunities as well as unique challenges, what's more, these devices range from vehicles communicating in real-time, to distance reading devices that transmit small amounts of data at regular intervals. M2M communication systems cover multiple industry verticals such as transportation, healthcare, retail, industrial monitoring, banking, home automation, and cover a wide range of applications in every need. This study focuses on the discussion of comparative analysis of 3G cellular technology and 4G cellular technology on Telkomsel's M2M services. The analysis is taken from the Quality of Service (QoS) which consists of delay, throughput, packet loss, and jitter on the M2M prototype device to be built. The research also looks at the effectiveness of each technology that can be used for the system, which aims to design in terms of data communication technology according to the needs of the device and user. In doing this analysis using the Wireshark application tools to get the QoS parameters. Measurements will be carried out in 2 different locations, Hasanuddin University Campus in Tamalanrea which can represent the conditions of the Urban area and the Hasanuddin University Campus, Faculty of Engineering, Gowa for the conditions of the Suburban area. From the results obtained in this study, 4G technology has better values of delay, throughput, packet loss, and jitter than 3G technology on Telkomsel's M2M service. In 3G technology, the average delay value for all data retrieval systems is 209,825 ms, the average throughput value is 28067.35 bps, the average packet loss value is 0.101%, and the average jitter value is 0.00497175 ms. Meanwhile, 4G cellular technology has an average delay value of 193.925 ms, an average throughput value of 30154.67 bps, an average packet loss value of 0.0607%, and jitter of 0.003035 ms.

Keywords: Machine-to-Machine, Cellular Technology, Quality of Service.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Komunikasi Machine-To-Machine (M2M) Pada Jaringan Seluler PT. Telkomsel” untuk memenuhi persyaratan kurikulum sarjana strata-1 (S-1) pada Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dari awal hingga selesai dapat terlaksana karena adanya bantuan, motivasi, serta bimbingan dari berbagai pihak. Maka, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Teristimewa kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Djamaluddin Tahir dan Ibunda Saenab Umar, yang menjadi sumber semangat dan motivasi yang dengan luar biasanya selalu mendukung baik dalam dukungan moral maupun materi dan tanpa henti selalu mendoakan keberhasilan penulis.
2. Ibu Merna Baharuddin S.T., M.Tel.Eng., Ph.D. selaku pembimbing 1 dan Bapak Azran Budi Arief, S.T., M.T. selaku Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian serta memberikan bimbingan, saran, dukungan, dan motivasinya dalam penyusunan skripsi ini.

3. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Penguji 1, dan Ibu Andini Dani Achmad, ST. MT selaku Penguji 2 yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin..
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Elektro atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
7. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Teknik Elektro.
8. Dan kepada keluarga besar saya, rekan, partner penelitian, sahabat, dan berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis ucapkan terima kasih atas tiap bantuan dan doa yang diberikan.

Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan dan kesalahan. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun. Penulis berharap tulisan ini dapat menjadi bahan bacaan yang baik dan sumber manfaat.

Makassar,

Qadriyyah Marzuqah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penulisan.....	6
1.6 Metode Penelitian	7
1.7 Batasan Masalah	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Machine to Machine	10
2.2 Arsitektur M2M	11
2.3 Teknologi Komunikasi M2M	13
2.4 Quality of Service (QoS)	19
2.5 Sensor DHT11	24
2.6 USB Camera	25
2.7 Raspberry Pi.....	25
2.8 USB Seluler Modem.....	27
2.9 Subscriber Identify Module (SIM) Card M2M.....	27
2.10 ThingSpeak	29
2.11 FileZilla.....	29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31

3.1	Alur Tahapan Penelitian	31
3.2	Waktu Penelitian.....	32
3.3	Lokasi Penelitian.....	33
3.4	Spesifikasi Perangkat.....	33
3.5	Perancangan Sistem	37
3.5.1	Perancangan Sistem Komunikasi 1	38
3.5.2	Perancangan Sistem Komunikasi 2	39
3.6	Sistem Pengambilan Data	41
3.7	Proses Pengambilan data QoS	43
3.8	Analisis Data.....	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Perancangan Sistem Komunikasi M2M.....	45
4.2	Pengambilan Data	48
4.2.1	Hasil Pengambilan Data dengan Teknologi Seluler 3G	50
4.2.2	Hasil Pengambilan Data dengan Teknologi Seluler 4G	60
4.2.3	Analisis Hasil Perbandingan Teknologi Seluler 3G dan 4G	70
BAB 5 PENUTUP		91
5.1	Kesimpulan	91
5.2	Saran	92
DAFTAR PUSTAKA.....		93
LAMPIRAN		96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur fungsional dasar M2M	12
Gambar 2.2 Model Sistem Komunikasi M2M.....	13
Gambar 2.3 Arsitektur jaringan seluler pada komunikasi M2M.....	17
Gambar 2.4 Arsitektur dasar LTE/LTE-A dengan komunikasi M2M.....	18
Gambar 2.5 Empat sudut pandang Quality of Service	20
Gambar 2.6 Sensor DHT11	24
Gambar 2.7 Raspberry Pi 3 model B beserta bagian-bagiannya.....	26
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian	31
Gambar 3.2 Perancangan Sistem Komunikasi M2M.....	38
Gambar 3.3 Blok Diagram pengujian sistem 1 komunikasi M2M	42
Gambar 3.4 Blok Diagram sistem 2 komunikasi M2M	42
Gambar 3.5 Proses Pengukuran Bandwidth.....	43
Gambar 4.1 <i>Prototype</i> 1 Sistem Komunikasi M2M.....	45
Gambar 4.2 <i>Prototype</i> 2 Sistem Komunikasi M2M.....	46
Gambar 4.3 Tampilan hasil bacaan sensor DHT11 pada Raspberry pi	46
Gambar 4.4 Tampilan hasil bacaan sensor DHT11 pada Thingspeak	47
Gambar 4.5 Tampilan hasil <i>capture</i> Webcam.....	48
Gambar 4.6 Tampilan data yang diambil menggunakan aplikasi Wireshark	49
Gambar 4.7 Grafik perbandingan data <i>delay</i> area gowa	70
Gambar 4.8 Grafik perbandingan data <i>delay</i> area Tamalanrea	72
Gambar 4.9 Grafik perbandingan data <i>delay</i> area Gowa dan Tamalanrea.....	74
Gambar 4.10 Grafik perbandingan data <i>throughput</i> area Gowa	75
Gambar 4.11 Grafik perbandingan data <i>throughput</i> area Tamalanrea.....	77
Gambar 4.12 Grafik perbandingan data <i>throughput</i> area Gowa dan Tamalanrea.....	79
Gambar 4.13 Grafik perbandingan data <i>packeloss</i> area Gowa	80
Gambar 4.14 Grafik perbandingan data <i>packet loss</i> area Tamalanrea.....	82
Gambar 4.15 Grafik perbandingan data <i>packet loss</i> area Gowa dan Tamalanrea.....	84

Gambar 4.16 Grafik perbandingan data <i>jitter</i> area Gowa	84
Gambar 4.17 Grafik perbandingan data <i>jitter</i> area Tamalanrea.....	87
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Data Jitter area Gowa dan Tamalanrea	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Delay	22
Tabel 2.2 Kategori Jitter.....	23
Tabel 2.3 Kategori Packet loss.....	23
Tabel 3.1 Spesifikasi perangkat keras yang digunakan	33
Tabel 3.2 Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan	36
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran <i>delay</i> pada pengiriman data sensor DHT11.....	51
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran <i>delay</i> pada pengiriman data gambar	52
Tabel 4.3 Hasil pengukuran <i>throughput</i> pada pengiriman data sensor DHT11....	53
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran <i>throughput</i> pada pengiriman data gambar	54
Tabel 4.5 Hasil pengukuran <i>packet loss</i> pada pengiriman data sensor DHT11	55
Tabel 4.6 Hasil pengukuran <i>packet loss</i> pada pengiriman data gambar	56
Tabel 4.7 Hasil pengukuran <i>jitter</i> pada pengiriman data sensor DHT11	58
Tabel 4.8 Hasil pengukuran <i>jitter</i> pada pengiriman data gambar	59
Tabel 4.9 Hasil pengukuran <i>delay</i> pada pengiriman data sensor DHT11	60
Tabel 4.10 Hasil pengukuran <i>delay</i> pada pengiriman data gambar	61
Tabel 4.11 Hasil pengukuran <i>throughput</i> pada pengirima data sensor DHT11	63
Tabel 4.12 Hasil pengukuran <i>throughput</i> pada pengiriman data gambar	64
Tabel 4.13 Hasil pengukuran <i>packet loss</i> pada pengiriman data sensor DHT11 ..	65
Tabel 4.14 Hasil pengukuran <i>packetloss</i> pada pengiriman data gambar	66
Tabel 4.15 Hasil pengukuran <i>jitter</i> pada pengiriman data sensor DHT11	68
Tabel 4.16 Hasil pengukuran <i>jitter</i> pada pengiriman data gambar	69

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri telekomunikasi berlangsung relatif pesat, hal ini didukung dengan kebutuhan konsumen akan layanan telekomunikasi yang memadai. Bila dilihat dari jumlah pengguna, perkembangan industri telekomunikasi seluler di Indonesia mulai mengalami saturasi. Ini terlihat dari penetrasi pelanggan seluler terhadap populasi penduduk Indonesia yang sudah mencapai 110% sejak tahun 2012 dan menunjukkan peningkatan setiap tahunnya [1]. Layanan yang sudah mencapai titik saturasi berakibat langsung pada turunnya trafik voice dan SMS, sehingga operator mulai mengembangkan layanan M2M atau IoT Business yang berpotensi sebagai revenue generator untuk mendorong pertumbuhan bisnis. Layanan M2M sendiri merupakan bagian dari bisnis layanan digital yang sedang digarap oleh operator. Salah satunya oleh Telkomsel.

Telkomsel adalah perusahaan yang bergerak dalam pengoperasian sistem telekomunikasi. Jaringan terluas Telkomsel akan mendukung solusi M2M dan memberikan kualitas layanan terbaik dengan simcard khusus M2M Telkomsel yang beroperasi menggunakan jaringan seluler nirkabel yang sama, tetapi menawarkan manfaat yang tidak dimiliki kartu SIM seluler standar sehingga melengkapi kebutuhan akan solusi M2M secara maksimal.

M2M adalah bentuk singkatan dari Machine-to-Machine yang merujuk pada pertukaran data otomatis antar mesin. Mesin disini juga dapat merujuk ke mesin virtual seperti aplikasi perangkat lunak. Teknologi yang dapat mendukung berbagai aplikasi M2M membutuhkan teknologi radio terestrial yang mampu menyediakan jangkauan yang luas dengan konsumsi energi yang sangat rendah, kompleksitas yang rendah pada perangkat akhir, dan kemungkinan latensi rendah. Solusi yang memenuhi persyaratan ini adalah menambahkan layanan M2M ke jaringan seluler yang telah ada [2].

Kualitas jaringan dan layanan yang baik merupakan kriteria yang harus dipenuhi oleh provider telekomunikasi untuk menjamin kepuasan pelanggan. Hal ini menuntut PT. Telkomsel untuk terus meningkatkan mutu layanan agar dapat bertahan dan unggul dalam persaingan yang semakin ketat. Performansi layanan jasa tidak hanya dipengaruhi kinerja jaringan dari sudut pandang penyedia layanan semata namun, juga dari sisi pengalaman konsumen sebagai pengguna layanan. Kualitas dari sebuah jaringan yang menghantarkan layanan tersebut dapat diketahui menggunakan Quality of Service (QoS). QoS adalah faktor kunci untuk mengevaluasi apakah teknologi, layanan, dan aplikasi memenuhi harapan pelanggan dalam hal kualitas, ketersediaan, dan keandalan. Menjadi tantangan besar bagi Mobile Network Operator (MNO) untuk menjamin Quality of Service pada jaringan seluler yang digunakan pada layanan M2M karena menunjukkan karakter yang sangat berbeda dibandingkan dengan komunikasi tradisional antar manusia. Lalu lintas M2M pada umumnya mengirim data berupa small packet dan cenderung menghasilkan trafik uplink yang padat [3].

Banyak penelitian intensif terkait dengan performansi komunikasi M2M menggunakan berbagai macam teknologi komunikasi wireless diantaranya pada penelitian yang dilakukan G. Jezic dkk [4] membahas masalah Quality of Service dalam sistem heterogen M2M. Dalam jurnal ini, mengukur waktu dan konsumsi energi saat mengunggah dan mengunduh data menggunakan berbagai teknologi komunikasi seperti Bluetooth 4.0, Wi-Fi, dan 3G. Pada hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa 3G mengkonsumsi lebih banyak energi secara signifikan daripada Wi-Fi atau Bluetooth 4.0. Sedangkan Wi-Fi mencapai nilai QoS terbaik karena waktu transfer terbaik dan konsumsi energi terkecil. Selain itu, menarik untuk dicatat bahwa QoS untuk 3G memburuk sedikit lebih cepat daripada untuk Wi-Fi.

Sedangkan N. Kamal [5] 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 dibangun. Hasil keseluruhan penelitian ini mendapatkan jawaban dan bukti bahwa secara umum dapat dikatakan bahwa teknologi Bluetooth lebih baik dibanding dengan teknologi Zigbee dari segi point to point link dan komunikasi jarak pendek.

Lebih lanjut, D. Pradana dan B. A. Ardi Sumbodo pada penelitian [6] merancang sistem komunikasi M2M berbasis 6LoWPAN dan membandingkan data hasil performansi dari protokol 6LoWPAN dengan protokol Zigbee dari segi end-to-

end delay dan packet loss yang disertai dengan analisis terhadap sistem. Pada hasil penelitian, didapatkan bahwa 6LoWPAN memiliki rata-rata end-to-end delay dari semua skenario sebesar 1879 milidetik yang lebih besar dari protokol Zigbee yang hanya sebesar 422 milidetik.

Selain penelitian yang sudah dijelaskan di atas, penelitian lain yang dijadikan tinjauan studi adalah penelitian mengenai QoS pada layanan telekomunikasi yang disediakan oleh MNO pada jurnal penelitian yang dibuat oleh juhardi dan indra yasri [7] yang membahas tentang tingkat kualitas layanan pada jaringan internet HSDPA di Pekanbaru. Penelitian ini berfokus pada parameter seperti throughput, packet loss, dan delay yang mengacu pada pengukuran dan analisis berdasarkan standar THIPON dimana untuk mendapatkan kualitas pelayanan berdasarkan parameter tersebut, telah dipilih beberapa daerah yang dianggap representatif di Pekanbaru.

Dari rujukan penelitian diatas, diketahui dalam beberapa tahun terakhir telah ada upaya penelitian ekstensif tentang studi kinerja jaringan komunikasi M2M pada berbagai macam teknologi wireless namun masih sedikit yang menganalisis perfomansi perangkat M2M pada jaringan seluler yang disediakan provider tertentu. Sementara itu, bagi sebagian masyarakat ataupun korporasi menggunakan jaringan seluler akan lebih efisien karena menyediakan konektivitas M2M yang memberikan banyak keuntungan diantaranya cakupan jaringan yang tersebar di mana-mana dengan berbagai tawaran jenis solusi M2M yang lebih variatif. Oleh karena itu, akan dilakukan pengukuran perfomansi jaringan seluler telkomsel pada perangkat prototype M2M menggunakan parameter-parameter QoS. Adapun judul

dari Tugas Akhir ini adalah “ANALISIS KINERJA KOMUNIKASI MACHINE-TO-MACHINE (M2M) PADA JARINGAN SELULER PT. TELKOMSEL”.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat *prototype* komunikasi M2M yang dapat digunakan untuk menganalisis *Quality of Service (QoS)*?
2. Bagaimana menganalisis parameter *Quality of Service* yang meliputi, *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dari data yang diambil menggunakan *tools* Wireshark?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan *prototype* komunikasi M2M dengan menggunakan teknologi seluler telkomsel yang dapat digunakan untuk menganalisis *Quality of Service (QoS)*.
2. Menganalisis parameter *Quality of Service* berupa nilai *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packetloss* dari data yang diambil menggunakan *tools* Wireshark.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih terperinci dan terfokus, maka permasalahan yang akan dibahas akan dibatasi dengan ketentuan berikut:

1. Penelitian ini memfokuskan pembahasan tentang analisis QoS pada jaringan seluler telkomsel pada perangkat M2M yang digunakan.
2. Parameter *Quality of Service* yang dianalisis berupa *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* sebagai parameter dalam mengukur kinerja jaringan seluler telkomsel.
3. Tugas akhir ini tidak mendalami struktur elektronik perangkat dan pemrograman perangkat.

1.5 Manfaat Penulisan

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang di uraikan berikut ini:

1. Bagi penulis, penelitian ini diharapkan menjadi evaluasi untuk mengukur kemampuan dan potensi diri sendiri. Serta dapat menerapkan disiplin ilmu teori dan aplikasi yang telah didapatkan selama masa perkuliahan.
2. Bagi perusahaan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk meningkatkan *Quality of Service* pada layanan M2M yang akan menambah kualitas *customer experience*.

3. Bagi masyarakat dan mahasiswa, penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk menambah wawasan dan menjadi acuan untuk mengembangkan penelitian serupa di masa yang akan datang.
4. Bagi Institusi Pendidikan Departemen Teknik Elektro & pada bidang Teknologi Telekomunikasi dan Informasi, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi ilmiah untuk mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan topik komunikasi M2M.
5. Bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian ini diharapkan menjadi pemicu kreativitas untuk terus mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

1.6 Metode Penelitian

Adapun metode penulisan yang digunakan dalam penulisan ini guna menyelesaikan masalah, antara lain :

1. Penelitian kepustakaan

Penelitian kepustakaan dilakukan untuk membentuk landasan teori yang konkrit berdasarkan literatur terkait, sebelum melakukan implementasi dan pengujian secara langsung.

2. Pengujian dan analisis

Kegiatan pengujian dan analisis dimaksudkan untuk memperoleh data-data aktual yang merupakan hasil pengukuran dan observasi secara langsung.

3. Diskusi dan konsultasi

Melakukan dialog secara langsung kepada pembimbing dan pihak-pihak yang berkompeten di bidang terkait untuk mendapatkan pengetahuan mengenai penelitian yang dilakukan.

1.7 Batasan Masalah

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan gambaran umum penelitian yang dilakukan meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori serta fakta-fakta yang diambil sebagai bahan referensi yang menunjang dan berhubungan dalam penulisan laporan ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang proses penelitian mulai perancangan perangkat sistem komunikasi M2M yang akan diukur kinerja jaringannya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengukuran di lapangan, meliputi parameter-parameter yang telah dijelaskan di batasan masalah.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh pada bab sebelumnya dan saran-saran yang perlu ditingkatkan pada penelitian selanjutnya

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Machine to Machine

Pada 3GPP, M2M disebut juga sebagai *Machine type communication* (MTC). M2M adalah teknologi komunikasi baru dimana sejumlah besar perangkat cerdas dapat berkomunikasi melalui jaringan yang sama secara mandiri satu sama lain untuk mencapai efisiensi biaya dan manajemen waktu yang lebih baik [8]. Karakteristik jaringan yang digunakan pada komunikasi M2M sangat berbeda dari jaringan kabel atau nirkabel konvensional. Pada jaringan konvensional umumnya dirancang untuk *Human Type Communication* (HTC) dan sebagian besar cenderung merupakan lalu lintas downlink. Sementara itu, lalu lintas komunikasi M2M memiliki properti yang berbeda, M2M mengirim data berupa *small packet* dan cenderung kearah *uplink*. Perbedaan lain antara aplikasi M2M yaitu, sebagian besar aplikasi M2M memiliki band yang relatif sempit (dalam banyak kasus 16 kbps atau kurang). Oleh karena itu, dapat beroperasi melalui jaringan seluler generasi kedua atau menggunakan koneksi pita sempit yang berbiaya rendah. Namun ada beberapa aplikasi, seperti CCTV, yang memerlukan akses ke koneksi pita lebar seperti seluler 3G / 4G atau Wi-Fi.

Komunikasi M2M mencakup beberapa aplikasi di berbagai area seperti *smart grids*, sistem transportasi cerdas, pemantauan lingkungan, kota pintar, otomasi industri, perawatan kesehatan, ritel, perbankan hingga otomasi rumah. Aplikasi dan layanan M2M yang inovatif ini menciptakan berbagai peluang bisnis

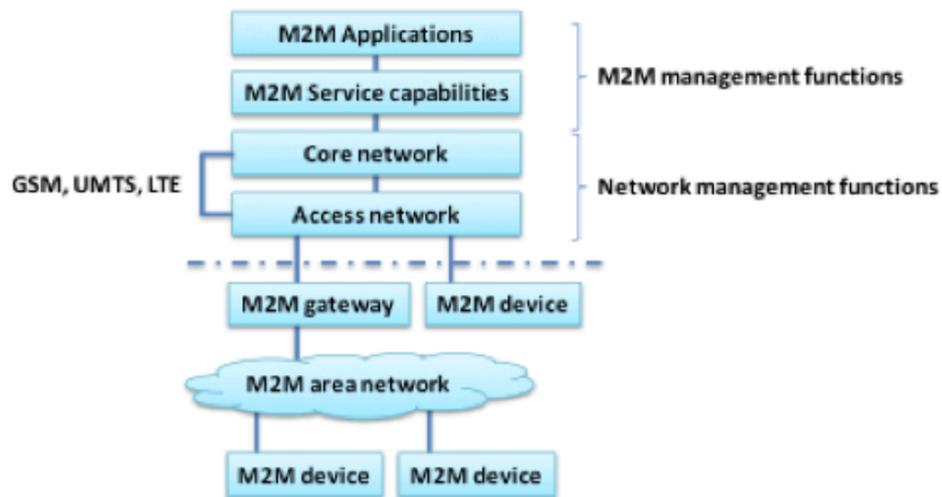
dan potensi pasar baru. Ciri terpenting yang membedakan M2M dengan paradigma komunikasi lainnya adalah tidak adanya campur tangan manusia dalam siklus komunikasi. M2M melibatkan komunikasi data sensor ke aplikasi berbasis internet. Penggunaan perangkat yang terhubung dengan IP seperti sensor, monitor, dan aktuator, di rumah dan di industri telah memungkinkan tumbuhnya layanan baru yang saling terhubung dan dapat dioperasikan yang mampu mempermudah kehidupan sehari-hari. Memanfaatkan berbagai sumber informasi baru, teknologi M2M menghadirkan sejumlah aplikasi, yang dikenal sebagai “*Internet of Things*” (IoT).

2.2 Arsitektur M2M

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) mengusulkan arsitektur sistem tingkat tinggi yang menyediakan representasi *end-to-end* dari sistem M2M. Dalam arsitektur yang diusulkan ETSI yang ditunjukkan pada gambar 2.1, jaringan M2M memiliki lima bagian yaitu *M2M Device*, *M2M Gateway*, *M2M Area network*, *Communication Network*, *M2M Applications* [9].

M2M device merupakan perangkat yang menjalankan aplikasi M2M menggunakan kemampuan layanan M2M. Perangkat M2M selanjutnya tertanam dalam perangkat pintar misalnya, meteran pintar. Mikrokontroler bertenaga baterai dilengkapi dengan kemampuan komputasi dan antarmuka komunikasi berbasis standar seperti WiFi, ZigBee digunakan sebagai modul komunikasi. Perangkat M2M terhubung ke domain jaringan dengan langsung dihubungkan ke jaringan

akses atau dihubungkan ke *M2M gateway* yang digunakan sebagai proxy jaringan untuk menghubungkan perangkat jaringan ke domain jaringan dan domain aplikasi.

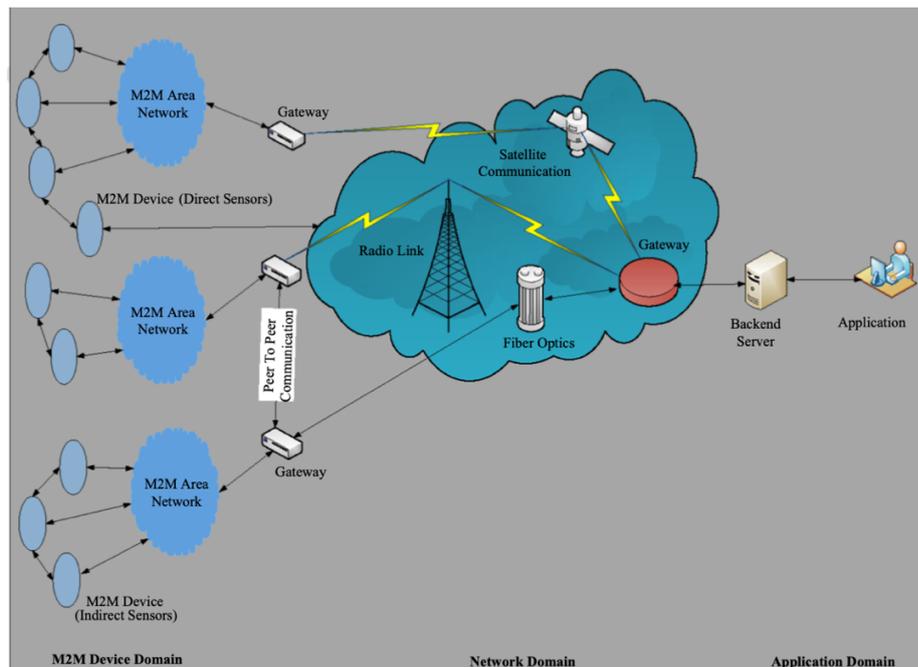


Gambar 2.1 Arsitektur fungsional dasar M2M

M2M gateway membuat interkoneksi di antara perangkat M2M dengan menerapkan kapabilitas layanan M2M [9]. *Gateway* tersebut berisi modul komunikasi WAN dan menjalankan aplikasi M2M. Ini juga dapat memfasilitasi beberapa intelijen lokal untuk meningkatkan kegiatan M2M.

M2M area network, juga dikenal sebagai *capillary network* adalah jaringan perangkat M2M dan *gateway* yang menyediakan konektivitas lokal antara perangkat dan *gateway* dalam jangkauannya menggunakan sejumlah teknologi komunikasi jarak pendek atau luas seperti PAN atau *Local Area Network* (LAN) teknologi di domain nirkabel dan berkabel. Contoh teknologi PAN termasuk IEEE 802.15.x, Zigbee, Bluetooth. *Power Line Communication* (PLC) dan WiFi adalah contoh dari teknologi LAN [10].

Aplikasi M2M bertanggung jawab untuk menjalankan logika layanan M2M. Contoh aplikasi M2M dapat berupa aplikasi utilitas *back-end* yang digunakan untuk mengumpulkan dan mengolah data smart meter. Arsitektur sistem tingkat tinggi ETSI juga dapat diwakili oleh tiga domain yaitu, domain perangkat, domain Jaringan, dan domain Aplikasi (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Model Sistem Komunikasi M2M

2.3 Teknologi Komunikasi M2M

Teknologi M2M terbagi dalam dua kategori besar, yaitu *local area* dan *wide area* [11]. Beberapa aplikasi mungkin melibatkan lebih dari satu teknologi misalnya teknologi jarak pendek dapat digunakan untuk penginderaan atau pengumpulan data sedangkan teknologi area luas digunakan untuk menyampaikan informasi ke server pusat. *Local area technologies* mencakup standar Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee

dan perangkat *short range device* (SRD). *Wide area technologies* termasuk teknologi seluler 2G (GPRS), 3G (UMTS / HSPA) dan 4G (LTE), jaringan seluler saat ini memerlukan penggunaan kartu SIM.

Pada bagian ini penulis akan menjelaskan berbagai teknologi komunikasi yang digunakan dalam sistem M2M. Namun karena ruang lingkup hanya terbatas pada komunikasi M2M pada jaringan seluler, maka penulis meninggalkan pembahasan mengenai teknologi komunikasi jarak pendek.

Menggunakan sistem seluler untuk menyediakan konektivitas M2M memberikan banyak keuntungan. Diantaranya, cakupan jaringan yang tersebar di mana-mana, dukungan roaming, interoperabilitas yang terjamin, jaminan kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS), kemampuan untuk menawarkan *Service level agreement* (SLA), dan ketersediaan platform layanan operasional membuat komunikasi seluler menjadi solusi M2M yang bersaing secara teknis dan komersial [12]. Salah satu kekhawatiran terbesar dari provider penyedia solusi M2M, adalah menjamin konektivitas yang andal dan kuat, bahkan untuk penerapan statis. Dibandingkan dengan ZigBee, Wi-Fi, atau jaringan area luas berdaya rendah, seluler memiliki cakupan hampir secara global, bahkan di tempat paling terpencil. Dengan begitu, tidak perlu memasang *gateway* atau *repeater* tambahan, yang secara signifikan menurunkan penghalang masuknya penyebaran dan biaya pengoperasian.

- **Seluler 2G (GPRS)**

Standar generasi kedua untuk sistem seluler yaitu, GSM, GPRS, dan EDGE, secara bertahap digantikan oleh generasi ketiga (UMTS / HSPA) dan keempat (LTE) hal tersebut menyangkut layanan *Human-to-Human* (H2H) yang membutuhkan kecepatan data yang lebih tinggi, konsumsi daya yang lebih rendah, dan dukungan yang lebih baik untuk mobilitas pengguna. Dalam kerangka ini, GSM menjadi kandidat yang menarik untuk menyediakan konektivitas di mana-mana, yang dapat memanfaatkan keberadaan cakupan GSM yang tersebar luas dan ruang kosong yang ditinggalkan oleh migrasi layanan konvensional menuju jaringan 3G dan 4G.

General Packet Radio Service (GPRS) adalah bagian dari rangkaian standar 2G GSM dan menyediakan transmisi data paket dengan kecepatan lebih tinggi hingga 115 kbps (meskipun dalam praktiknya kecepatannya biasanya hingga 56 kbps). GPRS saat ini merupakan standar seluler yang paling banyak digunakan untuk aplikasi M2M. Standar ini telah tersedia lebih lama, memiliki cakupan geografis yang jauh lebih luas, biaya perangkat lebih rendah, dan masa pakai baterai lebih lama daripada standar data seluler 3G seperti UMTS dan CDMA. Sementara kecepatan data GPRS yang relatif rendah membatasi kegunaannya di pasar data seluler yang lebih luas, ini bukan masalah bagi sebagian besar aplikasi M2M yang biasanya memerlukan kecepatan data 16 kbps atau kurang [11].

Konsumsi daya di terminal GPRS dapat diminimalkan dengan memastikan perangkat hanya terhubung ketika diperlukan untuk mengirim data yang dalam banyak aplikasi mungkin hanya beberapa kali per hari. Ini dapat dilakukan baik dengan mengkonfigurasi perangkat untuk berkomunikasi pada interval teratur yang

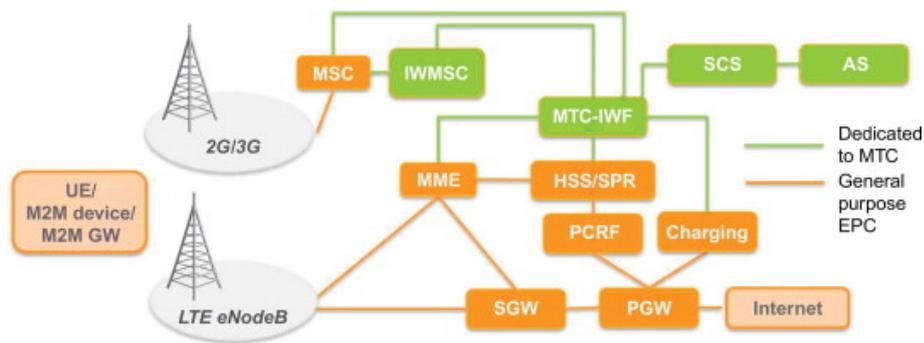
telah ditentukan sebelumnya atau dengan mengirim pesan teks (SMS) untuk mengaktifkan perangkat. Konektivitas GPRS memerlukan penggunaan modul identifikasi pelanggan (kartu SIM) untuk mengidentifikasi setiap perangkat ke jaringan, ini juga berlaku untuk layanan seluler 3G dan 4G yang dijelaskan di bawah ini.

- **3G Cellular (HSPA / UMTS)**

Semakin banyak modul seluler M2M yang menyertakan konektivitas 3G berdasarkan standar HSPA atau HSPA + selain GPRS. Hal ini pasti menambah biaya dan kerumitan pada perangkat tetapi memiliki keuntungan bahwa cakupan aplikasi yang lebih luas dapat dilayani. Ini bisa menjadi menarik di sektor-sektor seperti otomotif, dimana hiburan multimedia atau layanan informasi dapat disediakan bersama dengan fungsionalitas M2M. Dapat dikatakan bahwa konektivitas 3G lebih baik dalam pemeriksaan dibandingkan pada GPRS, namun fokus saat ini pada peluncuran 4G / LTE dan cakupan 3G yang relatif terbatas menunjukkan bahwa ini tidak mungkin menjadi solusi yang layak untuk aplikasi yang cakupannya luas.

UMTS adalah standar jaringan seluler generasi ketiga (3G) yang dikembangkan dan dikelola oleh 3GPP. Ini didasarkan pada standar *Global System for Mobile Communication* (GSM). Selama bertahun-tahun belakangan, UMTS telah memperkenalkan beberapa rilis teknologi yang kompatibel masing-masing membawa peningkatan dan fitur baru, seperti skema modulasi baru, dukungan protokol, atau antarmuka udara. Rilis paling awal dari 2001, berdasarkan *Wideband*

Code Division Multiple Access (W-CDMA), menawarkan throughput downlink maksimum 384 kbit/s, sementara Rilis *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)* yang lebih baru secara teoritis memungkinkan 7,2 Mbit/s. Tidak seperti Bluetooth dan Wi-Fi, UMTS secara dominan digunakan sebagai solusi area luas [4].

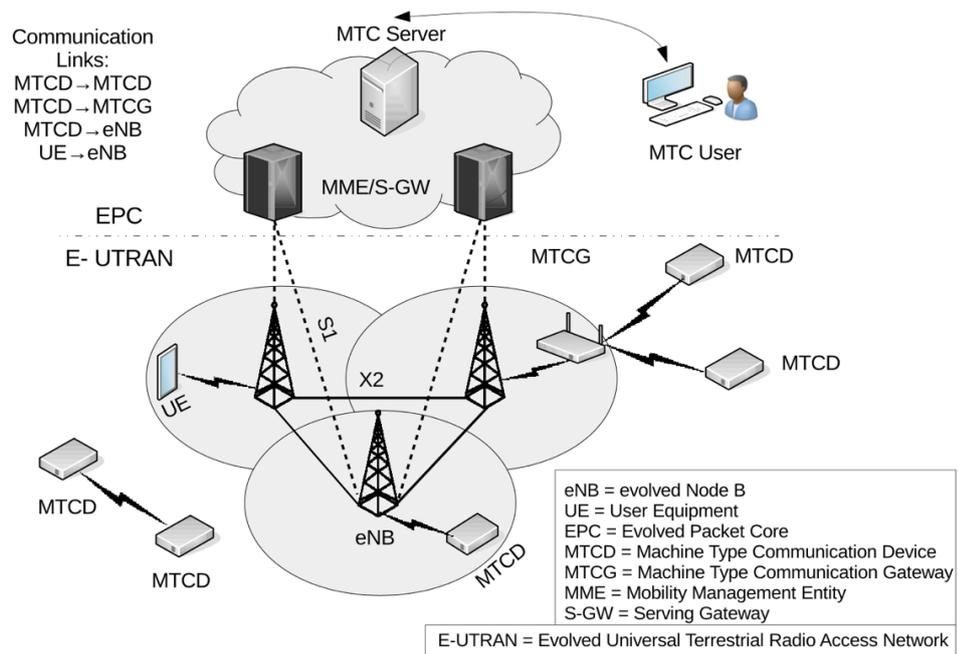


Gambar 2.3 Arsitektur jaringan seluler pada komunikasi M2M

- **4G Seluler (LTE) / LTE Network**

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi berbasis *all-IP* (Internet Protocol), yang diterbitkan oleh 3GPP sebagai standar komunikasi data nirkabel berkecepatan tinggi [13]. Penggerak utama bagi evolusi arsitektur jaringan pada sistem 4G adalah mengurangi biaya jaringan, mengurangi *latency* data dan *signalling*, *interworking mobility* antara jaringan akses lainnya di 3GPP dan non-3GPP, *always-on* bagi *user experience* dengan kualitas layanan yang mendukung *Quality of Services (QoS)* dan kemampuan roaming di seluruh dunia. Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah *System Architecture Evolution (SAE)* yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi *Evolved Packet*

System (EPS). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC. Selanjutnya, secara singkat akan dijelaskan arsitektur LTE-A yang mendukung komunikasi M2M.



Gambar 2.4 Arsitektur dasar LTE/LTE-A dengan komunikasi M2M

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4, jaringan LTE terdiri dari *Evolved Packet Core* (EPC) dan *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN). E-UTRAN terdiri dari eNB yang dihubungkan satu sama lain oleh antarmuka X2. Antarmuka S1 menghubungkan setiap eNB ke EPC. *Gateway* pelayanan (S-GW) diakhiri oleh antarmuka S1 pada bidang pengguna, sedangkan pada bidang persinyalan, antarmuka S1 mengakhiri *Mobility Management Entity* (MME). Untuk mengaktifkan komunikasi M2M, perangkat

mesin dapat terhubung ke eNB secara langsung atau melalui *gateway*. Layanan disediakan oleh server MTC yang dapat diakses oleh pengguna di domain aplikasi.

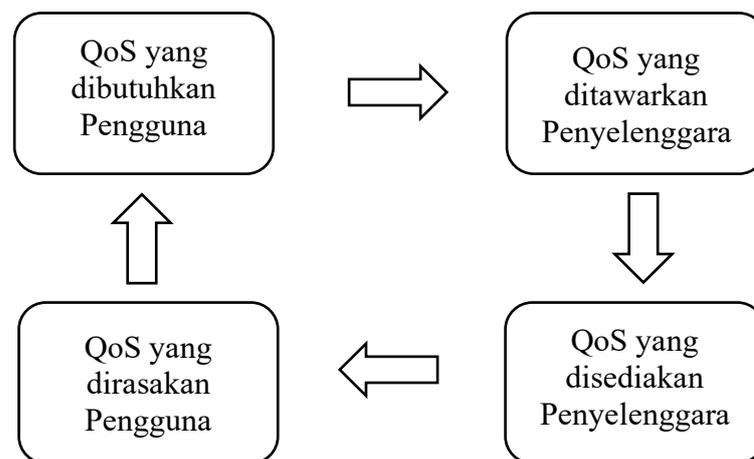
3GPP LTE dan LTE-A memiliki beberapa keunggulan dibandingkan teknologi akses lainnya karena memiliki skema manajemen sumber daya radio yang fleksibel. Namun, tidak untuk aplikasi yang ditandai dengan sejumlah kecil data seperti aplikasi M2M. LTE digunakan untuk aplikasi pita lebar. Konsekuensi dari hal ini adalah pemanfaatan teknologi yang tidak efisien. Dengan demikian, diperlukan arsitektur *end-to-end* standar untuk mengintegrasikan solusi jaringan dari pemangku kepentingan M2M yang berbeda. Membangun dan mengelola koneksi di antara beberapa perangkat MTC yang didistribusikan di area yang luas memiliki beberapa tantangan. Misalnya, dalam kasus antarmuka udara (yaitu koneksi berbasis frekuensi radio / media komunikasi antara base station bergerak dan peralatan pengguna, ada tantangan yang terkait dengan penggunaan mekanisme H2H saat ini untuk M2M. Tantangannya termasuk masalah transmisi PHY, masalah prosedur RA, tantangan energi dan kompleksitas, dan alokasi sumber daya radio untuk penyediaan QoS kritis [14].

2.4 Quality of Service (QoS)

Quality of Service adalah suatu teknik pengukuran yang menunjukkan seberapa baik kualitas jaringan dan merupakan upaya untuk mendefinisikan karakteristik serta sifat suatu layanan. Menurut *International Telecommunication Union of Telecommunication* (ITU-T) definisi QoS adalah “Pengaruh kolektif dari kinerja suatu layanan yang menentukan derajat kepuasan pengguna jasa” [15].

Dengan demikian, kinerja jaringan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan pada suatu layanan telekomunikasi.

Quality of Service dapat dilihat dari dua perspektif utama: perspektif jaringan dan perspektif aplikasi atau pengguna. Dari perspektif jaringan, QoS mengacu pada kualitas layanan yang ditawarkan jaringan kepada aplikasi atau pengguna. Parameter QoS jaringan adalah latensi atau penundaan paket, keandalan transmisi paket, dan *throughput*. Dari perspektif pengguna, parameter QoS biasanya subjektif. Dari perspektif aplikasi atau pengguna, QoS umumnya mengacu pada kualitas aplikasi yang dirasakan oleh pengguna, misalnya, kualitas presentasi video, dan kualitas suara streaming audio, dll [4].



Gambar 2.5 Empat sudut pandang Quality of Service

Tujuan QoS yaitu untuk memberikan layanan jaringan yang lebih baik yang telah direncanakan sebelumnya dengan parameter-parameter tertentu [16]. Operator telekomunikasi dan penyedia layanan yang dapat memberikan jaminan QoS yang baik, akan lebih mampu untuk mempertahankan pelanggan yang sudah

ada dan mengakibatkan tingkat perpindahan pelanggan (*churn*) pada operator pesaing menjadi lebih rendah. Parameter QoS berbeda dari satu aplikasi ke aplikasi lainnya. Misalnya, aplikasi multimedia memberlakukan *bandwidth* dan *delay* sebagai parameter QoS, sedangkan aplikasi strategis seperti layanan militer mengandalkan aspek keamanan dan keandalan. Pada penelitian ini, untuk mengevaluasi kinerja jaringan pada layanan M2M dilihat dari sudut pandang *user* digunakan parameter-parameter sebagai berikut:

1. *Throughput*

Throughput merupakan kecepatan (*rate*) transfer data efektif yang diukur dalam satuan bps (*bit per second*). *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi dengan durasi interval waktu tersebut.

Persamaan perhitungan *throughput*:

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Jumlah Byte yang diterima}}{\textit{waktu antara paket pertama dan terakhir}} \times 8$$

2. *Delay*

Delay (latency) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh data atau informasi untuk menempuh jarak dari asal hingga sampai ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti dan juga waktu proses yang lama [17]. Untuk mencari delay pada paket yang ditransmisikan dengan membagi antara panjang paket (satunya bit)

dibagi dengan *link bandwidth* (satunya bit/s). Kategori dan besar *delay* diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Kategori Delay

Kategori Delay	Delay (ms)	Indeks
Sangat Baik	< 150	4
Baik	150 s/d 300	3
Sedang	300 s/d 450	2
Buruk	> 450	1

Persamaan perhitungan *delay*:

$$\frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}}$$

3. *Jitter*

Jitter merupakan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan komputer. *Jitter* diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhir perjalanan *jitter* [17]. *Jitter* lazimnya disebut variasi *delay*, berhubungan erat dengan *latency*, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan diperlihatkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Kategori Jitter

Kategori Jitter	Jitter (ms)	Indeks
Sangat Baik	0	4
Baik	0 s/d 75	3
Sedang	75 s/d 125	2
Buruk	125 s/d 225	1

Persamaan perhitungan *jitter*:

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket diterima}}$$

4. *Packet Loss*

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menunjukkan banyaknya paket yang hilang atau gagal mencapai tujuan paket tersebut dikirim. Dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan [17]. Kategori *packet loss* diklasifikasikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Kategori Packet loss

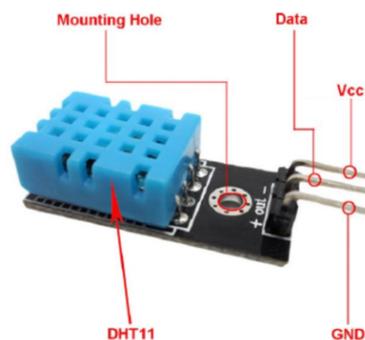
Kategori Degradasi	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat Baik	0	4
Baik	3	3
Sedang	15	2
Buruk	25	1

Persamaan perhitungan *packet Loss*:

$$Packet\ loss = \frac{(Paket\ data\ dikirim - Paket\ data\ diterima)}{Paket\ data\ dikirim} \times 100\%$$

2.5 Sensor DHT11

Gambar 2.6 menunjukkan sensor DHT11 (Kelembaban dan Suhu Digital) yang mendeteksi suhu dan kelembaban di sekitar dan memberikan sinyal digital yang dikalibrasi output. Sensor termasuk komponen pengukuran kelembaban tipe resistif bersama dengan komponen pengukuran suhu NTC. Sensor ini dapat terhubung ke mikrokontroler 8-bit dengan kinerja tinggi yang menawarkan kualitas luar biasa, respon cepat, dan kemampuan anti-interferensi. DHT11 memiliki rentang operasi daya rendah (3V-5V). Komponennya adalah 3-paket baris tunggal pin dan fitur utama dari sensor ini adalah bahwa data untuk suhu dan kelembaban tersedia pada satu pin data sensor. Ukurannya yang kecil, dan dengan transmisi sinyal hingga 20 meter membuat sensor ini cocok digunakan untuk berbagai aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban [18].



Gambar 2.6 Sensor DHT11

2.6 USB Camera

Beberapa keunggulan *webcam* diantaranya, terhubung dengan internet sehingga dapat diakses setiap saat dimana pun kita berada, memiliki kualitas gambar yang lumayan, dan harganya yang relatif murah daripada CCTV.

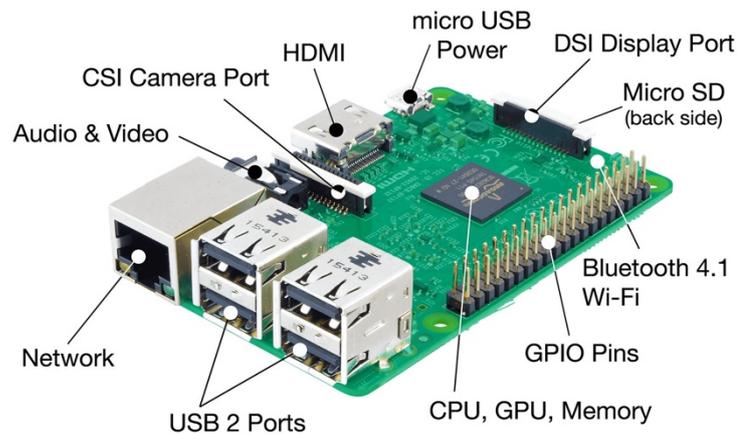
Ada beberapa permasalahan yang dihadapi *web camera*. Secara fisik, kamera-kamera yang beredar di pasaran memiliki kesulitan untuk memenuhi kebutuhan *personal* pengguna karena desainnya yang cukup bergaya namun hanya memiliki sedikit variasi. Lalu, sudut pandang *web camera* disesuaikan tidak langsung dalam cara yang tidak nyaman. Dan juga pengguna banyak menemui kesulitan ketika menyesuaikan posisi *web camera* untuk menangkap gambar.

2.7 Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan perangkat mini komputer berpapan tunggal (*single board circuit*) komersil. Perangkat Raspberry Pi dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation di Inggris. Untuk penelitian ini lini produk yang digunakan adalah Raspberry Pi 3 model B seperti terlihat pada gambar 2.7 yang merupakan model paling awal untuk seri ketiga. Model ini dikeluarkan pada bulan Februari tahun 2016 sebagai penerus dari lini Raspberry Pi 2 model B. [19] Raspberry Pi 3 model B memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU
- 1GB RAM
- BCM43438 wireless LAN and Bluetooth Low Energy (BLE) on board

- 100 Base Ethernet
- 40-pin extended GPIO
- 4 buah USB 2 ports
- 4 Pole stereo output and composite video port
- Full size HDMI
- CSI camera port untuk menghubungkan kamera Raspberry Pi
- DSI display port untuk menghubungkan layar sentuh Raspberry Pi
- Micro SD port
- Upgraded switched Micro USB power source up to 2.5A



Gambar 2.7 Raspberry Pi 3 model B beserta bagian-bagiannya

Raspberry Pi pada umumnya menggunakan sistem operasi Linux yang berbasis Debian, sehingga memiliki komparabilitas yang tinggi serta dapat dikonfigurasi secara bebas sesuai dengan kebutuhan. Raspberry 3 model B dapat

dikonfigurasi menjadi *node ad hoc* tanpa memasang periferan tambahan karena model ini telah memiliki *wireless LAN on board* yang mendukung mode ad-hoc.

2.8 USB Seluler Modem

Modem ialah singkatan dari modulator demodulator merupakan alat yang mampu membuat komputer dapat berkomunikasi melalui telepon dan radio. Fungsi sebenarnya dari modem adalah mengubah sinyal digital ke analog dan mengubah sinyal analog ke digital.

Sedangkan, USB modem adalah perangkat modem yang digunakan untuk menerjemahkan sinyal analog ke digital atau digital ke analog dengan menggunakan USB (*Universal Serial Bus*). USB Seluler Modem adalah perangkat USB mobile nirkabel yang dihubungkan langsung ke AR-Series Firewall untuk menyediakan akses Internet melalui koneksi mobile *broadband*. USB modem bergantung pada kualitas sinyal serta lebih mudah dibawa dan mudah digunakan sehingga mudah daripada modem ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) yang menggunakan jaringan telepon. Di pasaran variasi dan ragam USB modem sangat mudah ditemui baik dari semua operator di Indonesia [20].

2.9 Subscriber Identify Module (SIM) Card M2M

Istilah SIM atau *Subscriber Identity Module* umumnya mengacu pada kartu fisik yang terdapat semua informasi tentang pelanggan atau pengguna. Selain memberikan identifikasi pelanggan dan otentikasi dari mobile station ke jaringan, SIM memastikan penyimpanan berbagai data seperti nomor panggilan, pesan teks,

pengaturan konfigurasi pribadi untuk ponsel. SIM juga menyediakan berbagai layanan nilai tambah melalui *SIM Toolkit* yang juga disebut *CAT (Card Application Toolkit)*. Kartu SIM sendiri disediakan oleh operator jaringan untuk mengetahui pengguna yang menggunakan jaringan dari operator tersebut. Kartu SIM pada layanan M2M memiliki ciri berukuran lebih kecil dan lebih tahan lama serta toleran terhadap berbagai kondisi operasi seperti suhu, getaran, atau kelembapan. Istilah "SIM M2M" dan "SIM IoT" sering kali digunakan secara bergantian.

SIM M2M beroperasi menggunakan jaringan seluler nirkabel yang sama, tetapi menawarkan manfaat yang tidak dimiliki kartu SIM seluler standar:

- SIM M2M lebih tahan lama. Bergantung pada faktor bentuknya, dapat bertahan selama bertahun-tahun bahkan di lingkungan yang keras.
- M2M SIM dapat dikelola dari jarak jauh. Sementara SIM standar hanya membuat perangkat tetap terhubung ke jaringan, SIM M2M dapat diaktifkan, dikontrol, dan dipantau secara massal, tergantung pada platform manajemen IoT yang digunakan.
- M2M SIM mendukung agregasi paket data. Setiap SIM yang ditambahkan ke proyek IoT meningkatkan batas data proyek, yang membantu menjaga konektivitas IoT tetap terjangkau dan hemat biaya.
- M2M SIM mungkin memiliki alamat IP tetap. Perangkat dengan alamat IP tetap dapat diakses dengan lebih andal dan aman, di mana pun lokasinya.

2.10 ThingSpeak

ThingSpeak adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna mengumpulkan dan menyimpan data sensor pada *cloud* dan mengembangkan aplikasi IoT. ThingSpeak dapat mengunggah data sensor dari berbagai macam *development board* yang ada seperti Arduino, Raspberry Pi, Beagle Bone Black, dan perangkat keras lainnya. Namun, ThingSpeak saat ini belum mendukung pengunggahan data gambar. Data yang diunggah pada ThingSpeak bisa dibuat sebagai data *personal* ataupun data umum. Data tersebut disajikan dalam bentuk saluran-saluran yang didalamnya terdapat visualisasi yang diolah oleh matlab. Data sensor dapat dikirim ke ThingSpeak dari perangkat keras apa pun yang dapat berkomunikasi menggunakan REST API [21].

2.11 FileZilla

FileZilla merupakan salah satu *software* SFTP (*Secure File Transfer Protocol*) gratis, *open source*, *cross-platform*, berlisensi GNU (*General Public Lisen*) yang digunakan sebagai sarana untuk melakukan *upload file* / transfer file melalui jaringan internet maupun LAN di komputer. File yang di-*upload* pun dapat dalam jumlah dan kapasitas besar tanpa harus menggunakan kontrol panel hosting kita secara langsung. Binari FileZilla tersedia untuk Windows, Linux, dan Mac OS X. *Software* ini mendukung FTP, SFTP, dan FTPS (FTP di SSL/TLS). Namun demikian, filezilla tidak kompatibel dalam pembacaan data sensor secara langsung seperti pada server Thingspeak sehingga pada penelitian ini akan digunakan dua server agar didapatkan nilai QoS pada 2 sistem komunikasi yang berbeda.

