

ANALISA SISTEM KOMUNIKASI DATA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE PIECES PADA SISTEM PENGAMATAN CUACA OTOMATIS DI BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA (BMKG)

ANALYSIS OF DATA COMMUNICATION SYSTEMS BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IOT) USING THE PIECES METHOD ON THE AUTOMATED WEATHER SYSTEM AT THE METEOROLOGICAL, CLIMATOLOGICAL, AND GEOPHYSICAL AGENCY (BMKG)

Ariffudin¹, Purnawarman Musa^{2*}

¹ Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II (BMKG),

Jl. Abdulgani No.5, Tangerang Selatan, 15412

E-mail: ariffu@gmail.com

^{1,2} Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi dan Rekayasa, Universitas Gunadarma,

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok - Indonesia, 16424

E-mail Koresponden: p_musa@staff.gunadarma.ac.id

Naskah masuk: 28 Oktober 2021

Naskah diperbaiki: 28 Februari 2022

Naskah diterima: 23 Maret 2022

ABSTRAK

Stasiun Pengamatan Cuaca pada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah merapatkan jaringan stasiun pengamatan cuaca guna menghasilkan akurasi data yang lebih baik. BMKG memiliki kurang lebih 1000 dan jumlah ini masih jauh dari ideal untuk kerapatan jaringan pengamatan cuaca se-Indonesia. Stasiun pengamatan cuaca yang terbagi dalam 3 (tiga) type yaitu *Automatic Rain Gauge* (ARG), *Automatic Weather Station* (AWS) dan *Agroclimatic Automatic Weather Station* (AAWS). Pemuktahiran sistem pengiriman data dari stasiun pengamat cuaca terhadap protokol pengiriman *File Transfer Protocol* (FTP) melalui modem *General Packet Radio Service* (GPRS) setiap 10 menit, dengan upgrade teknologi *Internet of Things* (IoT) perlu peninjauan terhadap kinerja operasional sistem komunikasi data. Karakteristik data yang kecil sangat cocok pada teknologi *Internet of Things* dengan menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) guna monitoring data-data cuaca secara real-time. Berdasarkan hasil kajian dan penelitian dengan pengujian yang dilakukan terhadap metode komunikasi protokol FTP dengan protokol IoT MQTT pada stasiun AWS menggunakan analisa dengan metode PIECES (*Performance, Information, Economic, Control, Efisiency dan Service*) menunjukkan protokol MQTT yang berbasis IoT sebagai konsep komunikasi data yang tepat dimasa depan menggantikan protokol FTP.

Kata kunci: Stasiun Pengamatan Cuaca otomatis, *File Transfer Protocol*, *Message Queuing Telemetry Transport*, *Internet of Things*, Metode PIECES

ABSTRACT

The Weather Observation Station at the Climatology and Geophysics Meteorology Agency (BMKG) has closed the network of weather observation stations to produce better data accuracy. BMKG has approximately 1000, and this number is far from ideal for the density of weather observation networks in Indonesia. Weather observation stations are divided into 3 (three) types, namely *Automatic Rain Gauge* (ARG), *Automatic Weather Station* (AWS), and *Agroclimatic Automatic Weather Station* (AAWS). The removal of data delivery systems from weather observer stations from the *File Transfer Protocol* (FTP) delivery protocol via a *General Packet Radio Service* (GPRS) modem every 10 minutes, with the *Internet of Things* (IoT) technology upgrades need a review of the operational performance of the data communication system. The characteristics of small data are very suitable in the *Internet of Things* technology by using the *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) protocol for real-time monitoring of weather data. Based on the results of studies and research with tests conducted on FTP protocol communication methods with MQTT IoT protocols on AWS stations using ANALYSIS with PIECES methods (*Performance, Information, Economic, Control, Efficiency, and Service*) shows the IoT-based MQTT protocol as the correct data communication concept in the future to replace FTP protocol.

Keywords: *Automatic Weather Station*, *File Transfer Protocol*, *Message Queuing Telemetry Transport*, *Internet of Things*, *PIECES Method*

1. Pendahuluan

Teknologi komputerisasi dan peningkatan mutu layanan teknologi internet telah memberikan perkembangan pada konsep *Internet of Things* (IoT). Secara konsep IoT merupakan media infrastruktur yang terkoneksi dengan internet secara luas menyediakan informasi dan pemantauan, juga berfungsi memberikan layanan pengendali sebuah benda (*things*) berdasarkan teknologi komunikasi melalui jaringan internet [1]–[3]. Seiring dengan perkembangan jaman dalam penerapan IoT maupun stasiun pengamatan cuaca yang dapat diterapkan dengan berbagai macam jenis protokol jaringan yang ada. Namun dibutuhkan mempertimbangkan secara tepat dan baik untuk pemilihan protokol.

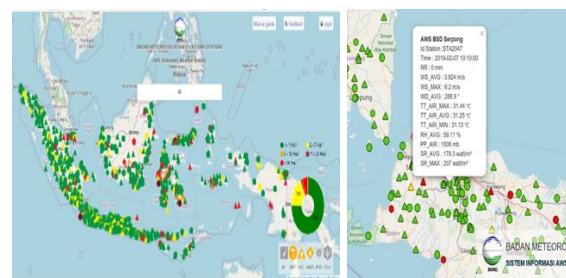
File Transfer Protocol atau dikenal dengan istilah FTP merupakan protokol yang difungsikan mengunduh atau menggugah data atau mengambil file antara komputer klien dan komputer server atau sebaliknya sebagai sesi komunikasi sebelum pengiriman data dalam bentuk tidak terenkripsi [4]. MQTT merupakan protokol perpesanan standard OASIS (*Organisation for the Advancement of Structured Information Standards*) untuk penerapan *Internet of Things* yang didesain menggunakan model distribusi *publish* dan *subscribe*. *Publisher* adalah pengirim pesan sedangkan *Subscriber* adalah yang menginginkan pesan sesuai topik yang sudah ditentukan *publisher* pada sistem *broker*. *Broker* sebagai pengelola perpesanan *Publisher* dan *Subscriber*. Model ini pengguna (*user*) dapat langsung *request* ke server tertentu sehingga sangat bagus untuk aplikasi berbasis website atau aplikasi *mobile* [5], [6]. Penerapan sistem IoT dalam mendukung penginderaan jauh pada sistem stasiun pengamatan cuaca dengan protokol *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT).

Stasiun pengamatan cuaca berfungsi pemantauan dan pengamatan cuaca dan perubahan kejadian alam berdasarkan pembacaan sensor terhadap kondisi suhu, temperatur, udara dan kelembapan suatu daerah pada kurun waktu tertentu [7]. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai institusi yang melakukan tugas pemantauan cuaca telah memiliki jaringan pengamatan cuaca secara otomatis atau *Automatic Weather Station* (AWS) yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia [8].

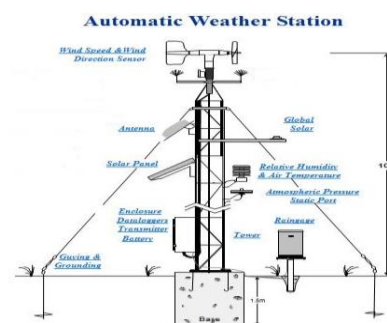
Stasiun pengamatan cuaca otomatis lebih dikenal dengan istilah AWS demikian juga dengan istilah di dokumen *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* Nomor 8 dari *World Meteorological Organisation* (WMO) [7], [9], [10], namun untuk membedakan kategori stasiun pengamatan tersebut BMKG membagi 3 (tiga) tipe

stasiun. Stasiun pengamatan cuaca terdiri dari *Automatic Rain Gauge* (ARG), *Agroclimat Automatic Weather Station* (AAWS) dan *Automatic Weather Station* (AWS), dimana ketiganya hanya dibedakan dalam parameter cuaca yang diamati dan jumlah sensor yang dipasang. Tipe ARG hanya sensor *tipping bucket* untuk mengukur akumulasi curah hujan, tipe AWS menggunakan sensor arah dan kecepatan angin, suhu dan kelembapan udara, tekanan udara, radiasi matahari dan curah hujan yang ditunjukkan pada gambar 2. Sedangkan tipe AAWS sama seperti tipe AWS dengan tambahan sensor suhu dan kelembapan tanah.

Peralatan pengamatan cuaca otomatis dikenal sebagai stasiun pengamatan cuaca [11] yang terpasang di luar stasiun pengamatan BMKG dan beroperasi secara otomatis tanpa ada campur tangan pengamat atau petugas selama 24 jam yang memiliki sensor – sensor cuaca dan membaca dan menyimpan data seperti arah angin, kecepatan angin, suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, radiasi matahari dan jumlah curah hujan, data pengamatan dari sensor tersebut kemudian dikirim ke server. Gambar 1 menunjukkan peta stasiun pengamatan cuaca yang tersebar dan terpasang di seluruh pelosok wilayah Indonesia membentuk model jaringan pengamatan cuaca seperti penerapan model *Wireless Sensor Network* (WSN) yang dapat melakukan penginderaan jauh [12]. Model jaringan pengamatan cuaca juga ditentukan berdasarkan titik kerapatan stasiun satu dengan stasiun lainnya agar mendapatkan akurasi data terhadap pengamatan cuaca.



Gambar 1. Peta Jaringan Stasiun Pengamatan Cuaca BMKG



Gambar 2. Sistem pengamatan cuaca dengan tipe AWS (BMKG)

Metode pengamatan cuaca saat ini di BMKG secara sistem eksisting melakukan pengiriman data dari AWS ke server umumnya menggunakan protokol FTP, namun beberapa yang sudah menggunakan protokol HTTPget. Namun permasalahan yang ditimbulkan pada implementasi menggunakan protokol tersebut, proses pengiriman dari hasil pengamatan cuaca untuk data real-time mengalami waktu tunggu dan terjadi antrian pada proses penyimpanan di server utama. Selain itu, metode dengan protokol FTP membutuhkan biaya yang besar dalam proses komunikasi data yang disebabkan penggunaan lebar pita (*bandwith*) yang besar.

Permasalahan lainnya, metode sistem mempublikasi informasi yang terkait dengan monitoring data real-time sangat dibutuhkan dalam proses ketersediaan data [13], terutama masalah dari peralatan stasiun pengamatan cuaca existing masih menggunakan web based sehingga pengguna yang membutuhkan data harus melakukan akses masuk (login) terlebih dulu untuk mendapatkan datanya.

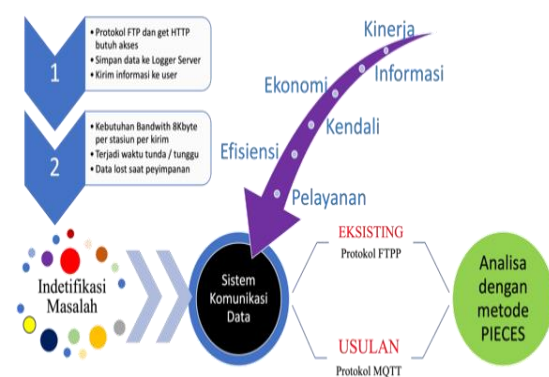
Jika stasiun pengamatan cuaca dengan protokol FTP atau serupa dengan http headernya memerlukan 8000 bytes, maka protokol MQTT dapat meminimalisir *bandwith* data menjadi lebih sederhana dan tidak membutuhkan data yang cukup besar [14], dengan MQTT header sebesar 2 bytes.

Analisis dalam suatu sistem yang baik dapat dilakukan pengukuran variabel evaluasi [15] berdasarkan suatu kinerja sistemnya, kemampuan memberikan data dan ketersediaan informasi, aspek ekonomi, kendali keamanan aplikasi, efisiensi dan pelayanan untuk pelanggan. Menurut Wukil Ragil, pada risetnya [16] menganalisa dengan metode PIECES bertujuan memperoleh variabel domain evaluasi permasalahan dasar dan spesifik terhadap sebuah sistem.

Berdasarkan masalah-masalah komunikasi data dari setiap stasiun pengamatan cuaca ke server serta penerapan publikasi data dari server ke user dan masalah kebutuhan *bandwith*, penulis melakukan peninjauan serta analisa komunikasi data berbasis IoT secara deskriptif terhadap protokol FTP dengan protokol MQTT menggunakan metode PIECES.

2. Metode Penelitian

Penelitian bertujuan menganalisa antara sistem pengiriman data protokol FTP yang telah diterapkan (eksisting) untuk pengiriman data dari stasiun pengamatan cuaca dan juga penerapan teknologi IoT pada beberapa lokasi stasiun pengamatan yang menggunakan protokol MQTT pada stasiun pengamatan cuaca yang sama.



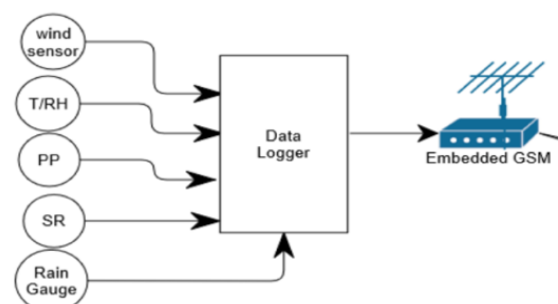
Gambar 3. Metode penelitian

Metode penelitian pada gambar 3 merupakan alur penelitian yang diawali proses identifikasi masalah-masalah yang mempengaruhi sistem komunikasi data dari atau menuju server dengan melakukan review terhadap kinerja, informasi, ekonomi, kendali, efisiensi dan pelayanan sistem komunikasi stasiun pengamatan cuaca yang operasional dengan sistem komunikasi IoT berbasis protokol FTP dan protokol MQTT. Tujuan penelitian adalah menentukan metode analisa yang digunakan pada penelitian ini adalah PIECES (*Performance, Information, Economic, Control, Eficiency dan Service*).

3. Hasil dan Pembahasan

Stasiun pengamatan cuaca. Komponen utama stasiun pengamatan cuaca eksisting merupakan *Data logger* dari semua stasiun pengamatan cuaca yang melakukan akuisisi data dengan cara men-scanning / pembacaan / pemindaian suatu sensor setiap 1 – 3 detik dan disimpan setiap 10 menit di kirim ke server dan ke data logger (Gambar 4).

Data-data yang telah didapat oleh logger akan dikirimkan ke stasiun pengamatan cuaca terpusat (server) memanfaatkan teknologi GPRS sebagai media komunikasi data di BMKG dengan format yang telah ditentukan. Format data pada tabel 1 adalah contoh untuk tipe data dari stasiun pengamatan cuaca yang menggambarkan ukuran dan jumlah data yang dikirim dengan penambahan data waktu pengamatan.



Gambar 4. Proses pembacaan data di stasiun pengamatan cuaca (BMKG)

Tabel 1. Format data AWS (BMKG)

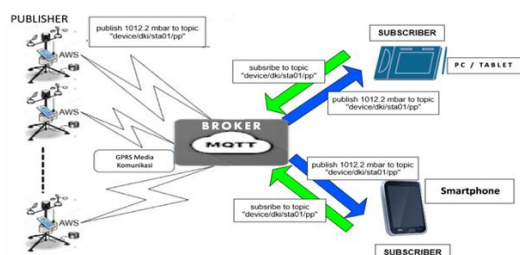
No	Sensor	Parameter	Satuan
1.	Kecepatan angin	WS_average_10mnt	m/s
2.	Kecepatan angin	WS_max_10mnt	m/s
3.	Arah angin	WD_average_10mnt	°
4.	Suhu udara	TT_average_10mnt	°C
5.	Suhu udara	TT_max_10mnt	°C
6.	Suhu udara	TT_min_10mnt	°C
7.	Kelembaban udara	RH_average_10mnt	%RH
8.	Tekanan Udara	PA_average_10mnt	mbar
9.	Curah hujan	RR_acc_24jam	mm
10.	Radiasi Matahari	SR_average_10mnt	W/m2
11.	Radiasi Matahari	SR_Max_10mnt	W/m2

Model komunikasi protokol FTP dan MQTT. Protokol merupakan peraturan atau prosedur untuk mengirimkan sebuah data untuk terjadinya komunikasi sebuah komputer dengan komputer lainnya menggunakan sebuah protokol yang telah ditentukan sebelumnya. Beberapa jenis protokol, seperti UDP, FTP, TCP, ICMP, HTTP dan MQTT. Data olahan pada penelitian ini merupakan hasil penyimpanan data hasil pengamatan cuaca selama tahun 2020 yang terdapat pada server pusat. Data tersebut terdiri data dari stasiun pengamatan cuaca menggunakan model komunikasi dengan protokol FTP dan MQTT.

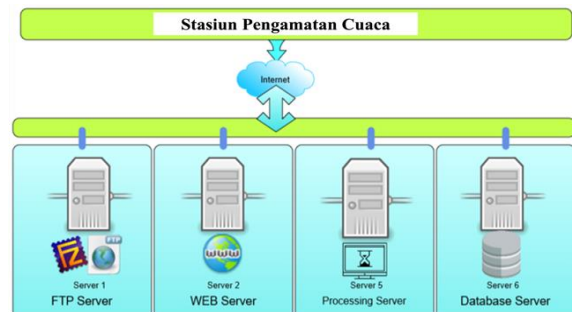
Gambar 4 mengilustrasikan sistem server pada sistem klien sebagai pemantau cuaca yang bertugas memberikan layanan pengiriman atau tukar menukar data kepada pengguna (*user*) dengan menggunakan protokol FTP untuk mendapatkan informasi dengan cara melakukan permintaan (*request*) terlebih dahulu kepada server. Sedangkan server akan mendapatkan data-data dari setiap stasiun pengamatan cuaca yang tersebar di seluruh Indonesia menggunakan protokol FTP juga.



Gambar 4. Sistem komunikasi Protokol FTP (BMKG)



Gambar 5. Sistem komunikasi Protokol MQTT (BMKG)



Gambar 6. Rancangan topologi jaringan server pengamatan cuaca (BMKG)

Arsitektur model komunikasi data dengan protokol MQTT terdiri dari *publish* atau *subscribe* dengan rancangan sistem *open-scourse* sehingga dapat memudahkan merealisasikan, serta memiliki kemampuan melayani pengguna (*user*) yang sangat banyak hanya pada sebuah server [17]. MQTT dapat mengurangi penggunaan data yang besar pada sistem jaringan yang digunakan. Selain itu, MQTT membutuhkan pemakaian sumber daya yang sangat kecil pada setiap perangkat jaringan saat mengirimkan data. Dengan sifat - sifat yang dimiliki oleh protokol MQTT tersebut sangat tepat diterapkan dalam mengkoneksikan sebuah mesin dengan mesin lainnya (M2M) atau sejenisnya seperti perangkat pada seluruh stasiun pengamatan cuaca di BMKG.

Analisa sistem pengamatan cuaca dengan metode PIECES. Performance (Kinerja) dari sistem pengiriman data yang ada saat ini dari monitoring stasiun pengamatan cuaca dengan evaluasi kinerja dari proses yang dapat meningkatkan kinerjanya dan mengukur kehandalan suatu sistem informasi mengeksekusi prosesnya. Pada penganalisaan variabel untuk domain kinerja diukur berdasarkan:

a. Throughput

Throughput merupakan penganalisaan suatu sistem berdasarkan parameter nilai suatu proses yang dihasilkan atau deliverables yang mendapatkan hasil yang dianalisa pada suatu waktu yang ditentukan. Akurasi data pengamatan cuaca, penyajian informasi, dan ketepatan waktu data dan informasi merupakan aspek penting dalam suatu konsep komunikasi dalam mengukur perkiraan cuaca di lokasi tersebut. Stasiun pengamatan cuaca eksisting melakukan pengiriman data melalui modem komunikasi GPRS menggunakan protokol FTP menuju ke server utama yang ditunjukkan pada gambar dalam 6.

Sistem eksisting untuk pengamatan cuaca dari stasiun pengamatan hingga terkirim ke server pusat diilustrasikan secara alur sebagai berikut:

1. Stasiun pengamatan cuaca akan melakukan pemindaian atau scanning dari sensor-sensor cuaca dan disimpan pada file .txt. Penentuan interval waktu setiap 10 menit akan membaca file yang tersimpan sebelum dipindahkan atau

dikirimkan ke server utama untuk dilakukan pengolahan data.

2. FTP Server dengan menggunakan aplikasi pengambilan data seperti Filezilla sebagai media *user interface* dengan stasiun pengamatan cuaca untuk menerima data-data hasil pengamatan cuaca. File-file akan diterima dan disimpan dalam folder yang sudah ditentukan dengan tipe file .txt.
3. File yang tersimpan di FTP server secara berkala (5-10 menit) dipindahkan ke *Processing Server*.
4. *Processing Server* berfungsi untuk melakukan proses *open file* dan di parsing ke database server.
5. *Database Server* mengumpulkan dan menyimpan data-data dari stasiun pengamatan cuaca.
6. Web server untuk menampilkan data – data yang di database dalam tampilan website sebagai informasi ke pengguna.

Protokol MQTT lebih ringan dalam proses komunikasi data dibandingkan dengan protokol FTP sehingga cocok pada perangkat berdaya rendah ketika mengirimkan dan menerima data dengan ukuran sekecil mungkin.

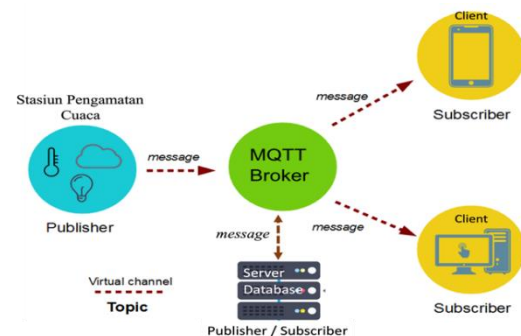
Rancangan stasiun pengamatan MQTT pada gambar 7 mengilustrasikan model paradigma yang digunakan oleh protokol MQTT yaitu *publish/subscribe*. Menurut [18], pengguna (*user*) yang melakukan pengiriman sebuah data berupa pesan atau proses *publish*, maka proses data yang dikirimkan akan terpisah dengan pengguna (*user*) yang menerima data atau pesan sebagai *subscribe*. Selain itu, konsep MQTT berlaku bagi setiap pengguna (*user*) tidak membutuhkan alamat jaringan untuk mengetahui alamat pengguna (*user*) lainnya. Setiap pengguna (*user*) cukup mengirimkan pesan dengan publikasikan pesan pada tipe data tertentu (yang kemudian disebut *topic*) hanya ditujukan pada pengguna (*user*) yang berhak atau tujuan menerima data yang telah mempublikasikan *topic* tersebut. Sistem pengiriman data dalam model komunikasi dengan paradigma *publish* dan paradigma *subscribe* sangat membutuhkan sebuah agen distribusi disebut sebagai *broker*, atau juga dinamai server. Pengguna (*user*) disebut *publisher* akan saling terhubung dengan *broker* saat akan terjadi komunikasi data pesan akan dikirim ke tujuan atau *broker*. Sedangkan *broker* berfungsi untuk menyaring data yang diterima oleh *broker* dan kemudian *broker* akan melanjutkan pengiriman data tersebut ke tujuan yaitu klien penerima data-data tersebut. Sedangkan pengguna (*user*) yang belum diregister pada server MQTT tidak akan dikirimkan data-data oleh *broker*. Klien yang telah melakukan pendaftaran pada *broker*, selanjutnya disebut sebagai *subscriber*.

b. Response time

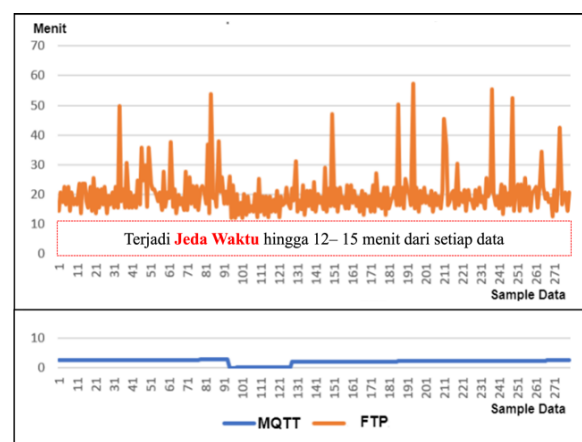
Response time adalah penganalisaan terhadap waktu yang dibutuhkan oleh suatu sistem dalam satuan waktu tertentu untuk menyelesaikan sebuah rutin proses yang mendapatkan suatu hasil keluaran

(*deliverables*). Dari sistem monitoring eksisting dengan teknik komunikasi FTP bahwa data dan informasi yang dapat diakses oleh pengguna, mengalami waktu tunda yang cukup lama. Hal ini terlihat setiap data yang ingin didapat oleh pengguna rata-rata butuh waktu 25 menit, dimana respon waktu tidak *real-time* menyebabkan jeda waktu yang ditunjukkan pada gambar 8. Asumsi terjadinya jeda waktu mengakibatkan data belum berhasil diterima oleh pengguna, disebabkan proses pengolahan data pada beberapa server sebelum sampai ke Web server.

Perbedaan respon waktu suatu sistem untuk mendapatkan informasi terhadap perubahan dari pengirim dengan metode FTP prosesnya bergantung dengan waktu proses antrian di server dan alur perpindahan data antar server. Sistem pengaturan pengiriman pada stasiun pengamatan cuaca dengan protokol FTP adalah setiap 10 menit akan membuat koneksi baru dan sesi koneksi sampai data terkirim berulang kali, atau kemungkinan gagal dan pengiriman diperlukan beberapa kali, mengakibatkan ketersediaan data yang terkirim kurang baik, sedangkan sistem monitoring yang menggunakan teknologi IoT utamanya protokol MQTT mampu menampilkan data secara cepat dan *real-time*.



Gambar 7. Rancangan topologi jaringan server pengamatan cuaca (BMKG)



Gambar 8. Hasil analisa kinerja terhadap terjadi jeda waktu pada Protokol FTP dan MQTT

Kinerja yang dihasilkan pada komunikasi data dari sistem pengamatan cuaca menunjukkan hasil kinerja protokol MQTT lebih meningkat dibandingkan hasil kinerja dengan menggunakan protokol FTP.

Information (Data dan Informasi) dari sistem monitoring stasiun pengamatan cuaca otomatis dapat memberikan hasil evaluasi berdasarkan prosedur mendapatkan informasi untuk dikirimkan, diolah atau menghasilkan suatu informasi yang memiliki kualitas informasi yang semakin baik dan berguna.

Pengujian pada tipe AWS, penulis melakukan perbandingan ketersediaan data dan keberhasilan pengiriman data dari stasiun pengamatan cuaca untuk tipe stasiun AWS. Data sampel yang digunakan terdiri dari 76 stasiun pengamatan cuaca, dimana mengambil data sampel pada lokasi-lokasi tertentu dari 4 (empat) provinsi selama tahun 2020. Keempat provinsi adalah DKI Jakarta, Banten, Jawa Barat dan Jawa tengah.

Sebanyak 76 stasiun pengamatan cuaca otomatis yang menjadi pengambilan uji data sampel berdasarkan presentase ketersediaan data. Server pengamatan cuaca dapat menunjukkan bahwa ketersediaan data-data dari stasiun AWS ditabel 2.

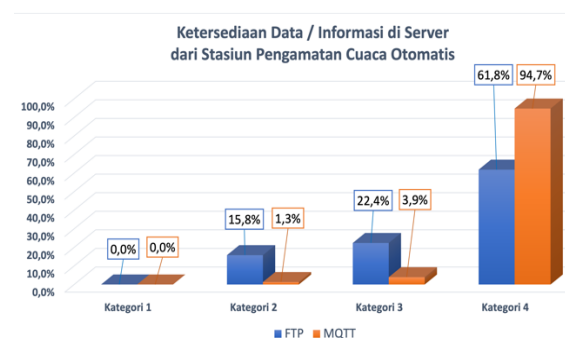
Kategori 1 terlihat bahwa dari kedua protokol mendapatkan nilai 0 yang artinya tidak ada satupun stasiun pengamatan cuaca mendapatkan nilai persentase 0 – 25 % saat pengiriman data. Untuk range dari kategori 2 adalah 26 – 50%, dimana persentasi stasiun hanya berhasil mengirimkan data pada protokol MQTT terdeteksi hanya 1 stasiun selama pengiriman. Namun pengiriman data dengan protokol FTP ditemukan 12 stasiun pengamatan cuaca termasuk pada kategori 2. Pada kategori 3, protokol MQTT masih lebih baik dalam pengiriman data. Dimana hanya 3 stasiun pengamatan cuaca dibandingkan dengan protokol FTP terdeteksi sebanyak 17 stasiun pengamatan cuaca yang masuk dalam kategori ketersediaan data pada range 51-75% berhasil dalam pengiriman datanya. Pada kategori terakhir range 76 – 100%, dimana sejumlah stasiun pengamatan cuaca berhasil mengirimkan data selama tahun 2020. Protokol FTP hanya berhasil 47 stasiun pengamatan cuaca, sedangkan dengan protokol MQTT sebanyak 72 stasiun pengamatan cuaca berhasil mengirimkan datanya. Hasil dari 4 kategori menunjukkan protokol MQTT memiliki hasil terbaik, dimana dari seluruh stasiun pengamatan cuaca berhasil mengirimkan data secara sempurna, sehingga ketersediaan data di server selalu lengkap.

Tabel 2. Klasifikasi ketersediaan data berdasarkan persentase setiap stasiun berhasil mengirimkan data selama tahun 2020

Protokol	Kategori				Total stasiun pengamatan cuaca otomatis
	1	2	3	4	
FTP	0	12	17	47	76
MQTT	0	1	3	72	76

Tabel 3. Konsumsi daya di stasiun pengamatan cuaca

	FTP	MQTT
Pengiriman Data	2,85 Watts	1,75 Watts
Idle / Stand by	1,50 Watts	1,50 Watts
Selish Daya	1,35 Watts	0,25 Watts



Gambar 9. Hasil uji terhadap ketersediaan data antara protokol FTP dan MQTT

Berdasarkan hasil uji yang terdapat pada gambar 9, maka protokol MQTT memiliki tingkat keberhasilan 95% pada kategori 4 (berhasil kirim data sebesar 76-100%) termasuk suatu prosedur metode komunikasi data dan model pengiriman data untuk diolah untuk menghasilkan kualitas informasi yang tepat dan baik. Sedangkan FTP pada kategori yang sama data yang dikirim dari stasiun pengamatan cuaca hanya memiliki tingkat keberhasilan hanya 62%. Sehingga protokol FTP dalam menghasilkan kualitas informasi yang tidak baik, hal ini disebabkan oleh terjadi *packet lost* data selama proses pengiriman data dari stasiun pengamatan cuaca hingga ke server utama.

Economics (bernilai ekonomis) merupakan suatu ukuran dan penilaian terhadap variabel evaluasi dalam penganalisaan untuk prosedur peningkatan manfaat suatu sistem dengan biaya rendah. Pada sistem monitoring perangkat pengamatan cuaca yang telah mengimplementasikan teknologi IoT menggunakan protokol MQTT. Keuntungan protokol MQTT adalah penggunaan *bandwith* yang kecil dan konsumsi daya yang rendah dimana perangkat MQTT mengkonsumsi 170 kali lebih rendah pada jaringan 3G dengan protokol FTP, sehingga protokol MQTT dalam mengkonsumsi daya yang sangat rendah dibandingkan dengan protokol FTP (lihat tabel 3).

Tabel 3 merupakan hasil pengujian pada modul GSM yang berada di stasiun pengamatan cuaca sebagai media komunikasi pengiriman data ke server. Pengujian mengukur konsumsi data saat melakukan pengiriman dan tidak melakukan pengiriman. Pengujian selama 1 detik menunjukkan hasil terjadi perbedaan konsumsi daya sebesar 1,35 watts dengan protokol FTP, sedangkan pada protokol MQTT lebih kecil, dimana hanya membutuhkan 0,25 Watts saat melakukan pengiriman data ke server.

Indikator yang bernilai ekonomi lainnya adalah proses *bandwith* pada komunikasi dari stasiun pengamatan cuaca ke server. Protokol FTP mengirimkan datanya membutuhkan 8000 Byte dalam memberikan header, sedangkan protokol MQTT hanya membutuhkan 2 Byte untuk data headernya. Protokol FTP saat pengiriman membutuhkan kapasitas lebar data yang lebih besar dibandingkan dengan protokol MQTT. Sehubungan dengan pengiriman data yang memanfaatkan kuota data, maka makin besar data yang dikirim mengakibatkan biaya pulsa data akan makin besar dibutuhkan.

Selain itu protokol FTP menggunakan format file berekstensi TXT, sedangkan protokol MQTT tidak menggunakan sebuah file dalam pengiriman data sehingga cukup mengirimkan datanya yang disertai header data sangat ringan, serta nilai ekonomis dari proses kemampuan server melakukan *publish* dan *subscribe* dengan cepat dan tepat saat terjadi komunikasi datanya.

Berdasarkan hasil pengujian diatas, maka kebutuhan sumber daya dan *bandwith*, maka analisa pada suatu nilai ekonomis pada suatu sistem berdasarkan peningkatan kinerja memberikan suatu hasil deskriptif, dimana protokol MQTT lebih ekonomis dibandingkan protokol FTP.

Control (Kendali) merupakan proses yang dianalisa pada variabel pengukuran prosedur pengendalian untuk mendeteksi kesalahan atau keamanan data. Kontrol akses adalah mekanisme keamanan penting untuk mengamankan stasiun pengamatan cuaca. Penerapan berbasis IoT merupakan solusi terhadap kendali data yang dapat memberikan suatu keamanan terhadap ekosistem IoT yang terdiri dari komputasi awan (*cloud*) dan layanan bersama dengan perangkat pintar. Penelitian yang dilakukan oleh [19] mengusulkan sebuah pengembangan model kontrol akses berbasis atribut (ABAC) atau dikenal dengan model *Attribute-Based Access Control*. Model tersebut mengaktifkan kontrol akses dengan memperbaiki data yang mengandung derau untuk mengatasi keterbatasan model kontrol akses serta kebutuhan yang mendesak sehingga model kontrol akses fleksibel dan dinamis untuk mengamankan

perangkat pintar, data, dan sumber daya dalam arsitektur IoT yang diaktifkan *cloud*.

Sistem protokol MQTT pada stasiun pengamatan cuaca membutuhkan pengamanan dan kendali datanya yang dikirim telah diterima. Namun protokol FTP mengirim data ditentukan per 10 menit dengan jumlah data cukup besar setiap stasiun. Akibatnya komunikasi ke server akan mengalami beban jika seluruh stasiun pengamatan cuaca dalam waktu bersamaan melakukan pengiriman data yang cukup besar. Hal lain kendali data diakses oleh pengguna tidak secara *real-time* ketika menggunakan protokol FTP. FTP menggunakan metode autentikasi standar yaitu *username* dan *password* dalam bentuk tidak terenkripsi. FTP juga sering mengalami masalah dengan adanya *firewall* dan tidak support dengan *native proxy*. Hasil pengujian pada penelitian yang penulis lakukan ditahap kendali akses data yang ditunjukkan pada tabel 4 dari 72 stasiun pengamatan cuaca otomatis berdasarkan kategori 4 pada tabel 2 dan gambar 9. Pada MQTT mendapatkan kesalahan 5,26%, sedangkan dengan FTP kesalahan yang didapatkan dari pengujian sebesar 38.16%.

Hasil analisa terhadap kendali pada suatu sistem terimplementasi dengan baik dan kualitas data yang akurat, sehingga data yang didapat lebih terkendali dalam penerimaan data cuaca dinamik dari berbagai stasiun pengamatan cuaca. Selain itu, penelitian menunjukkan data dapat diterima secara *real-time* saat menggunakan teknologi IoT dengan protokol MQTT dibandingkan protokol FTP.

Efficiency (efisiensi) merupakan proses pengukuran dalam menganalisa penilaian suatu prosedur sistem mencapai peningkatan efisiensi dalam pengoperasian otomatis lebih baik dari sistem sebelumnya.

Sistem monitoring pada stasiun pengamatan cuaca beroperasi secara otomatis dan berjalan dengan baik. Selain itu, evaluasi terhadap dari pengguna sistem monitoring eksisting, dimana protokol FTP pengiriman hasil data pengamatan cuaca diset per 10 menit, sehingga hasilnya mengalami keterlambatan dalam prosedur memprediksi cuaca dan tidak *real time*. Sedangkan protokol MQTT kestabilan pengiriman hasil data pengamatan cuaca dapat dilakukan secara *real-time*, hal ini ditunjukkan dari gambar 8 memiliki respon time rata-rata 1 menit telah berhasil memberikan informasi ke user/server.

Tabel 4. Hasil pengukuran kesalahan penerimaan data

Kendali akses data	Kesalahan	
	FTP	MQTT
AWS ke Server	38,16%	5,26%

Penelitian ini menyimpulkan bahwa analisa terhadap evaluasi pada domain efisiensi suatu sistem, dimana penerapan teknologi IoT dengan protokol MQTT sangat efisien dibandingkan protokol FTP, dimana dengan protokol MQTT secara umum peralatan yang digunakan di stasiun pengamatan cuaca baik dalam prosedur pengiriman secara otomatis dan data hasil pengamatan cukup kecil dengan titik lokasi kerapatan pengamatan sangat banyak untuk mendapatkan hasil prakiraan cuaca lebih akurat dan *real-time*.

Service (layanan) merupakan proses analisa dengan mengukur penilaian suatu prosedur sistem, dimana layanan pengamatan cuaca dapat menginformasi data-data cuaca berfungsi memperbaiki kualitas data pelayanan dalam meningkatkan ketersediaan data. Indikator pencapaian layanan sistem pengamatan cuaca yang memiliki nilai layanan yang bermutu dan pengoperasian yang *user friendly* bagi pengguna. Pelayanan dari suatu sistem akan dikategorikan baik dan berkualitas, layanan akan tergantung dari cara mendesain proses dari setiap tahapan layanan.

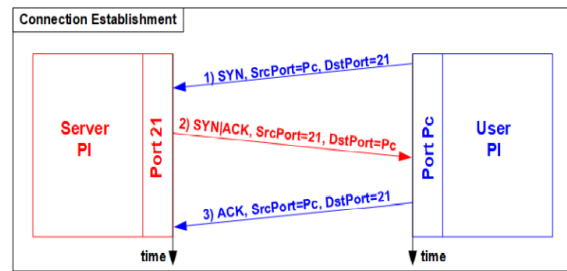
Model protokol FTP pada sistem pengamatan cuaca di BMKG, dimana protokol TCP dimana keamanan membutuhkan negosiasi dari TLS dan tanggung jawab server terhadap *Protokol Interpreter* (server-PI) dan pengguna (user-PI) kemudian setelah terbentuk koneksi maka melalui sesi *handshaking* pengiriman data antara *Server Data Transfer Process* (server-DTP) dan pengguna (user-DTP), dimana model komunikasi.

Proses komunikasi antara pengguna dan server dengan protokol FTP memerlukan sebuah sesi komunikasi dan autentikasi pengguna sebelum proses komunikasi untuk terjadinya pengiriman atau penerimaan data seperti pada gambar 10.

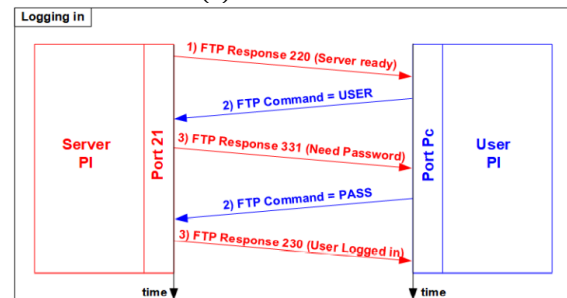
Setelah koneksi telah saling terhubung dengan cara pengguna melakukan autentikasi dengan username password. Server akan melayani permintaan dari pengguna (*user*) dengan respon membuka sesi baru, dimana perintah STOR dikirim oleh pengguna ketika akan melakukan *upload* file untuk disimpan di server. File dikirim oleh pengguna (*user*) dengan nama file yang sudah ditetapkan dan di decode untuk disimpan. Hal yang sama jika pengguna membutuhkan informasi dengan protokol FTP, dimana proses awal dibutuhkan saling terhubung dengan pelayan autentikasi sehingga data akan dikirimkan oleh server ke pengguna (lihat gambar 11).

Keamanan pada protokol MQTT support dengan TLS/SSL untuk enkripsi koneksi antara device dengan server. Protokol MQTT untuk komunikasi data dapat memastikan pesan sampai ke tujuan dengan pilihan QoS (*Quality of Service*) dengan 3 level sesuai kebutuhan. Contohnya adalah pengguna dapat mengakses informasi cuaca untuk lokasi

tertentu dan pada lokasi pengguna mudah platform smartphonenya (lihat gambar 7).

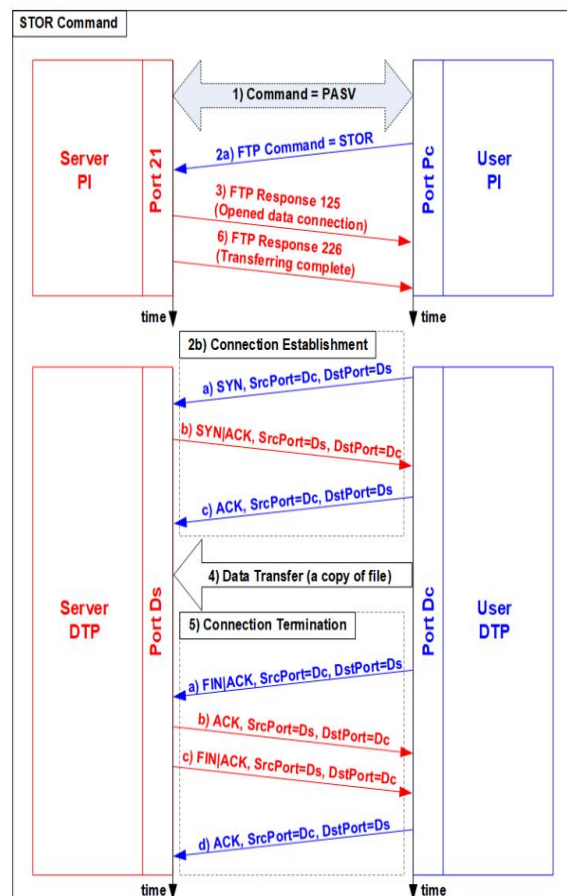


(a). Sesi Koneksi

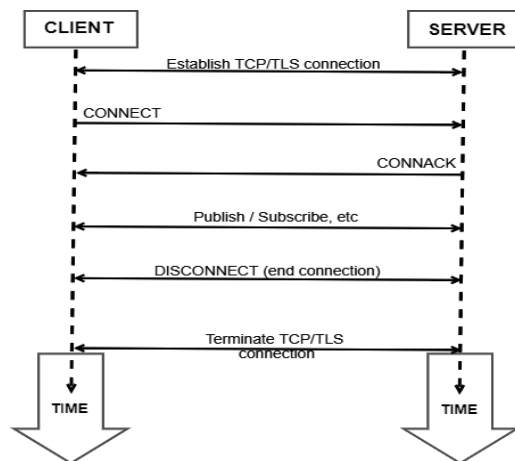


(b). Autentikasi User

Gambar 10. Layanan awal pada protokol FTP



Gambar 11. Layanan pengiriman atau penerima antar pengguna dan server



Gambar 12. Layanan protokol MQTT

Gambar 12 merupakan proses pelayanan untuk user atau pengguna dengan metode protokol MQTT, dimana pengguna memastikan hubungan dengan broker/server akan terhubung. Proses hubungan tersebut dilakukan hanya pada pertama kali untuk terhubung dengan mengirim pesan request CONNECT ke broker atau server. Broker atau server akan menjawab pesan request dari pengguna dengan sinyal CONNACK sebagai tanda telah terhubung dengan server. Pengiriman data bisa publish kapanpun dan selama koneksi tidak diputuskan atau disconnected, apabila tidak dibutuhkan koneksi dapat disconnect secara otomatis.

Berdasarkan kedua analisa dalam menganalisa suatu layanan dari sebuah sistem komunikasi data yang terjadi setiap protokol FTP dan MQTT, secara proses komunikasi data maka berdasarkan analisa deskriptif protokol MQTT tidak membutuhkan layanan yang kompleks dibandingkan protokol FTP.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan suatu kesimpulan berdasarkan pengujian dan analisa terhadap model komunikasi data secara deskriptif terhadap protokol FTP dan protokol MQTT berbasis IoT menggunakan metode PIECES. Hasil penganalisaan dari ke enam kriteria dari PIECES menunjukkan bahwa suatu sistem komunikasi data dengan protokol MQTT merupakan metode yang dapat meningkatkan sistem komunikasi data dari stasiun pengamatan cuaca hingga dari/ke server dan server dari/ke pengguna.

Daftar Pustaka

[1] H. Sugeru, P. Musa, and M. E. E. Miska, "Design and implementation of ecobolistic vertiminaponic with automated control and internet of things based monitoring system for sustainable urban farming," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 457, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/457/1/012063.

[2] T. R. Clancy, "The internet of things," in *Emerging Technologies for Nurses: Implications for Practice*, 2020.

[3] P. Musa, H. Sugeru, and H. F. Mufza, "An intelligent applied Fuzzy Logic to prediction the Parts per Million (PPM) as hydroponic nutrition on the based Internet of Things (IoT)," 2019, doi: 10.1109/ICIC47613.2019.8985712.

[4] E. McGRATH, N. Mahony, N. Fleming, and B. Donne, "Is the FTP Test a Reliable, Reproducible and Functional Assessment Tool in Highly-Trained Athletes?," *Int. J. Exerc. Sci.*, 2019.

[5] C. S. Park and H. M. Nam, "Security Architecture and Protocols for Secure MQTT-SN," *IEEE Access*, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3045441.

[6] B. Mishra and A. Kertesz, "The use of MQTT in M2M and IoT systems: A survey," *IEEE Access*, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3035849.

[7] K. Ioannou, D. Karampatzakis, P. Amanatidis, V. Aggelopoulos, and I. Karmiris, "Low-cost automatic weather stations in the internet of things," *Information (Switzerland)*. 2021, doi: 10.3390/info12040146.

[8] D. Angela, A. T. Nugroho, B. Gultom, and Y. Yonata, "Perancangan Sensor Kecepatan dan Arah Angin untuk Automatic Weather Station (AWS)," *J. Telemat.*, vol. 12, no. 1, pp. 97–106, 2017.

[9] World Meteorological Organization, *WMO-No. 8 - Guide to meteorological instruments and methods of observation*. 2012.

[10] WMO, *Guide to meteorological instruments and methods of observation; WMO-No. 8: Measurement of Meteorological Variables*. 2018.

[11] BMKGKOTIM, "Peralatan Meteorologi," *BMKG Kota Waringin Timur*, 2021. <https://bmgkotim.info/peralatanmeteo/>.

[12] I. Hakala and X. Tan, "A statecharts-based approach for WSN application development," *J. Sens. Actuator Networks*, 2020, doi: 10.3390/JSAN9040045.

[13] D. Fathurrochman, P. Musa, D. D. Wimananda, and O. B. Lestari, "Remote sensing system of odometry and telemetry data in real-time," in *3rd International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/IAC.2018.8780484.

[14] N. P. Windryani, N. B. A. K, and R. Mayasari, "Analisa Perbandingan Protokol Mqtt Dengan Http Pada Iot Platform Patriot," *e-Proceeding Eng. Vol.6, No.2 Agustus 2019*, 2019.

[15] A. Fatoni, K. Adi, and A. P. Widodo, "PIECES Framework and Importance Performance Analysis Method to Evaluate the Implementation of Information Systems," 2020, doi: 10.1051/e3sconf/202020215007.

- [16] Wukil Ragil, "Metode PIECES adalah metode analisis sebagai dasar untuk memperoleh pokok pokok permasalahan," *2010*, 2010.
- [17] I. D. Gheorghe-Pop, A. Kaiser, A. Rennoch, and S. Hackel, "A Performance Benchmarking Methodology for MQTT Broker Implementations," 2020, doi: 10.1109/QRS-C51114.2020.00090.
- [18] L. M. Pham and X.-T. Hoang, "An Elasticity Framework for Distributed Message Queuing Telemetry Transport Brokers," *VNU J. Sci. Comput. Sci. Commun. Eng.*, 2021, doi: 10.25073/2588-1086/vnucsce.267.
- [19] S. Bhatt, T. K. Pham, M. Gupta, J. Benson, J. Park, and R. Sandhu, "Attribute-Based Access Control for AWS Internet of Things and Secure Industries of the Future," *IEEE Access*, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3101218.