

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan memiliki peran yang sangat vital dalam pembangunan bangsa dan peningkatan kualitas hidup masyarakat (Maula dkk, 2023). Sebagai institusi pendidikan formal, sekolah merupakan tempat utama di mana proses belajar-mengajar berlangsung (Hermanto, Marini, dan Sumantri, 2021). Lingkungan yang sehat dan nyaman adalah prasyarat bagi terciptanya kondisi belajar yang optimal (Peters dan D’Penna, 2020; Wayan Maba, 2022). Salah satu aspek yang sangat mempengaruhi dalam menciptakan lingkungan belajar yang nyaman adalah kualitas udara pada ruangan (Ma dkk, 2021). Udara merupakan campuran berbagai jenis gas dengan perbandingan tak tentu tergantung suhu, tekanan udara, dan lingkungan (Hidayati dkk, 2020). Kualitas udara yang buruk dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan kenyamanan siswa dalam belajar yang pada akhirnya dapat mempengaruhi proses belajar-mengajar (Jia dkk, 2021; Sadrizadeh dkk, 2022).

Dampak kualitas udara yang buruk dapat mengganggu proses belajar-mengajar bahkan jika anak-anak terpapar polusi udara dalam jangka panjang tentunya dapat mempengaruhi kesehatan hingga prestasi akademiknya (Sadrizadeh dkk, 2022). Hal ini disebabkan oleh beragam faktor, seperti gangguan konsentrasi, kelelahan, dan peningkatan penyakit yang berhubungan dengan polusi udara. Artinya kualitas udara kelas memegang peranan penting dan mempunyai hubungan yang kuat dengan hasil belajar siswa di sekolah (Munjirin dan Iswinarti, 2023; Kabirikopaei dkk, 2021). Kualitas udara di lingkungan sekolah sering kali dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk polusi dari kendaraan bermotor, kegiatan industri di sekitar sekolah, dan aktivitas internal sekolah seperti penggunaan bahan kimia dalam kegiatan laboratorium (Branco dkk, 2024). Studi lain juga yang dilakukan oleh As’ari (2022) menunjukkan bahwa peningkatan paparan terhadap polutan seperti PM_{2.5} dan PM₁₀, berkorelasi dengan meningkatnya keluhan *dyspnea* atau

sesak nafas pada warga Desa Lakardowo, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur.

Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang menyebutkan terdapat tiga persyaratan kualitas udara di dalam ruangan yaitu Kualitas Fisik yang terdiri dari parameter suhu, pencahayaan, kelembapan, laju ventilasi, PM_{2.5}, dan PM₁₀. Kedua yaitu Kualitas Kimia yang terdiri dari parameter sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), carbon monoksida (CO), carbon dioksida (CO₂), timbal (Pb), asbestos, formaldehida (HCHO), *Volatile Organic Compound* (VOC), dan *Environmental Tobacco Smoke* (ETS). Ketiga yaitu Kualitas Biologi yang terdiri dari parameter bakteri, dan jamur. Dari ketiga persyaratan diatas terdapat kadar standar yang telah dipersyaratkan pada setiap parameternya sehingga semua hal tersebut apabila mencapai pada kadar standar maka kualitas udara yang ada di dalam rumah sudah sesuai standar kesehatan Republik Indonesia. Kemudian pada penelitian Setiati, dkk. (2022) disebutkan terdapat sebelas rekomendasi parameter beserta ambang batas kualitas udara yang dapat mempengaruhi kenyamanan kelas yaitu temperatur udara, kelembapan relatif, karbon dioksida (CO₂), laju ventilasi udara segar, kecepatan udara, karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), OZON (O₃), formaldehida, PM_{1.0}, dan PM_{2.5}. Baik dari Permenkes atau penelitian yang telah dilakukan, apabila nilai dari parameter yang disebutkan melewati ambang batas yang telah ditentukan maka akan mempengaruhi kenyamanan pada ruangan khususnya di kelas.

Salah satu upaya untuk pencegahan resiko kualitas udara yang buruk adalah dengan cara pemantauan kualitas udara yang dilakukan secara *real-time* (Abiduzzaman dkk, 2021). *Internet of Things* (IoT) adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, memungkinkan mereka untuk berkomunikasi dan bertukar data (Nugraha dkk, 2024). Konsep ini berawal dari perkembangan teknologi sensor dan komunikasi yang memungkinkan objek-objek fisik, seperti perangkat rumah tangga, kendaraan, dan mesin industri, untuk terhubung dan berbagi informasi (Adani dan Salsabil, 2020). Dengan

memberikan beberapa sensor yang diperlukan serta adanya koneksi internet, pengguna dapat bertukar informasi terkait dengan kualitas udara sehingga dapat mengetahui tingkat kenyamanan ruang kelas sesuai dengan parameter yang telah disebutkan sebelumnya. Dalam mengirimkan data dari sensor melalui perangkat IoT ke server dibutuhkan sebuah protokol komunikasi agar data dapat terkirim. Berdasarkan Survei IoT & Edge Eclipse Foundation tahun 2023, protokol komunikasi populer yang digunakan dalam IoT adalah MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) dan HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) (Nugraha dkk, 2024). MQTT adalah protokol *publish-subscribe* yang digunakan untuk komunikasi IoT (Bender dkk, 2021). Protokol MQTT dirancang untuk fokus pada meminimalkan penggunaan bandwidth jaringan dan sumber daya perangkat untuk memastikan pengiriman yang handal (Mishra dan Kertesz, 2020). Sedangkan HTTP merupakan protokol yang menjadi dasar model client-server yang digunakan pada website (Nikolov, 2020).

Studi yang dilakukan oleh Nugraha, dkk. (2024) yang berjudul *A Comparative Study of HTTP and MQTT for IoT Applications in Hydroponics* yang menjelaskan tentang uji beban pada protokol HTTP dan MQTT berbasis *Internet of Things* dengan menggunakan broker pihak ketiga yaitu EMQX yang diakses secara gratis pada layanan *online*. Kemudian menggunakan *virtual machine* menggunakan layanan online Google Cloud Platform dengan spesifikasi CPU 1 core, HDD sebesar 10 GB, dan RAM sebesar 3.75 GB diperoleh hasil berupa protokol MQTT lebih unggul dari HTTP dari aspek kecepatan waktu pengiriman data. Dari aspek penggunaan *resource* CPU, MQTT menggunakan 22.63% CPU dan HTTP menggunakan 87% penggunaan CPU. Namun dari aspek tingkat penerimaan pesan HTTP lebih unggul dibandingat MQTT, HTTP menerima 100% dari pengiriman yang dilakukan, sedangkan MQTT hanya menerima 5.6% dari pesan yang dikirimkan dalam satu waktu. Terdapat juga studi yang dilakukan oleh Nikolov (2020) yang berjudul *Research of MQTT, CoAP, HTTP and XMPP IoT Communication protocols for Embedded Systems* menjelaskan tentang kelebihan dan kekurangan yang didapatkan pada beberapa protokol termasuk MQTT dan HTTP dengan mengirimkan data hasil pembacaan sensor suhu. Hasil dari penelitian

yang dilakukan yaitu baik protokol MQTT dan HTTP dapat digunakan pada jaringan GPRS, 2G, dan 3G dengan sangat baik. MQTT dapat menggunakan sumber daya yang kecil, sedangkan HTTP menggunakan sumber daya yang besar sehingga protokol MQTT sangat cocok diterapkan pada daerah dengan sumber daya yang terbatas. Kemudian studi yang dilakukan oleh Eni Dwi Wardihani, dkk. (2024) yang berjudul Pemantauan dan Pengendalian Parameter *Greenhouse* Berbasis IoT Dengan Protokol MQTT menjelaskan tentang pemantauan dan pengendalian *greenhouse* berbasis IoT dengan menggunakan protokol MQTT. Dari hasil studi yang dilakukan, pengujian *data loss* pada sistem pemantauan didapatkan hasil rata-rata sebesar 10.6%, rata-rata *delay* pada sistem pemantauan yang didapatkan sebesar 1.9 detik, sedangkan rata-rata *delay* yang didapatkan dari proses kontrol menghasilkan sebesar 7.1 detik.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat hal yang dapat dilakukan pengembangan secara secara lanjut. Pada studi pertama, broker yang digunakan menggunakan broker pihak ketiga (EMQX) yang mungkin tidak sepenuhnya merepresentasikan kinerja protokol dalam lingkungan yang lebih terkontrol dan tanpa ketergantungan pada layanan eksternal. Sehingga apabila terdapat gangguan pada broker maka akan mempengaruhi kualitas pada pengiriman data, maka perlu menguji kembali kinerja protokol MQTT dengan menggunakan broker lokal dengan menggunakan server yang dapat dikontrol sepenuhnya (*dedicated server*). Kedua, spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam studi tersebut masih tergolong kecil baik dari RAM dan HDD yang digunakan, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut bagaimana kinerja protokol-protokol ini dapat berbeda dengan spesifikasi perangkat keras yang lebih tinggi. Ketiga, perlunya dilakukan penelitian secara lanjut untuk mengevaluasi pengaruh QoS pada performa pengiriman data khususnya pada QoS level 0 dengan menggunakan protokol MQTT dan HTTP.

Dari uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berfokus pada *Internet of Things* (IoT) dengan judul “Perbandingan Kinerja Protokol MQTT dan HTTP pada Sistem Pemantauan Kenyamanan Ruang Kelas Berbasis *Internet*

of Things.” Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan membandingkan efektivitas dan efisiensi dua protokol komunikasi yaitu MQTT dan HTTP dalam konteks sistem pemantauan kenyamanan ruang kelas. Penelitian ini penting dilakukan karena dalam sebuah sekolah umumnya terdapat lebih dari satu ruang kelas, sehingga perangkat IoT beserta sensor yang digunakan berpotensi bertambah sesuai dengan jumlah kelas yang dipantau. Oleh karena itu, perlu diteliti lebih lanjut protokol yang lebih andal dalam menangani pemrosesan data yang tinggi seiring dengan peningkatan jumlah perangkat yang terhubung ke server. Dengan demikian, dapat ditentukan protokol yang paling optimal untuk mendukung sistem pemantauan kenyamanan ruang kelas.

Fokus utama dari penelitian ini meliputi perancangan, pembangunan, implementasi, dan perbandingan protokol MQTT dan HTTP pada sistem pemantauan kenyamanan ruang kelas yang dilihat dari aspek kualitas udara di ruang kelas menggunakan kedua protokol tersebut. Adapun parameter kualitas udara yang digunakan dalam penelitian ini yaitu suhu, kelembapan, CO, CO₂, PM_{2.5}, dan PM₁₀. Aspek yang diuji pada penelitian ini untuk membandingkan kinerja kedua protokol yaitu dengan membandingkan parameter pengujian seperti penggunaan CPU pada *server*, waktu pengiriman pesan (*transfer time*), dan tingkat penerimaan pesan (*data loss*). Penelitian ini menggunakan spesifikasi perangkat keras yang lebih besar pada server MQTT dan HTTP dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hal ini bertujuan untuk memastikan hasil yang lebih akurat dan representatif. Selain itu, broker lokal Mosquitto digunakan pada protokol MQTT dan *server* yang dapat dikontrol secara penuh (*dedicated server*) akan digunakan dalam sistem pada server untuk membandingkan kedua protokol, artinya server yang digunakan dalam penelitian ini tidak menggunakan pihak ketiga sehingga dapat memberikan keleluasaan dalam melakukan pengaturan *server* dalam penelitian ini. Kemudian penelitian ini dilakukan di ruang kelas pada lingkungan sekolah khususnya pada jenjang SD, dimana penulis akan menguji dan membandingkan hasil yang diperoleh dari perangkat IoT ketika dalam Proses Belajar Mengajar (PBM) dan ketika waktu selesai sekolah. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk membandingkan kedua protokol dari segi kinerja, tetapi juga membandingkan

keadaan dari hasil data pengujian sensor yang digunakan berdasarkan kondisi ruang kelas dalam hal ini pada saat Proses Belajar Mengajar (PBM) dan ketika waktu selesai sekolah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang sebelumnya, maka rumusan masalah yang menjadi penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun, dan mengimplementasikan protokol MQTT dan HTTP pada sistem pemantau kenyamanan kelas berbasis *Internet of Things*?
2. Bagaimana hasil dari perbandingan kinerja dari protokol MQTT dan HTTP pada sistem pemantauan kenyamanan ruang kelas?
3. Bagaimana dampak pemilihan protokol MQTT atau HTTP terhadap kualitas data pemantauan kenyamanan ruang kelas yang didasarkan pada parameter kualitas udara?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka yang menjadi tujuan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Merancang, dan mengimplementasikan protokol MQTT dan HTTP pada sistem pemantau kenyamanan kelas berbasis *Internet of Things*.
2. Menganalisis serta membandingkan kinerja protokol MQTT dan HTTP dalam konteks sistem pemantauan kenyamanan ruang kelas.
3. Menilai dampak pemilihan protokol komunikasi baik MQTT maupun HTTP terhadap kualitas data yang dihasilkan dari pemantauan kenyamanan ruang kelas, yang didasarkan pada parameter kualitas udara.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dengan menganalisis kinerja kedua protokol, penelitian ini dapat membantu dalam menentukan protokol komunikasi yang lebih efisien antara perangkat IoT dan server.
2. Penelitian ini menambah literatur ilmiah dalam bidang IoT, khususnya dalam studi perbandingan protokol komunikasi. Hal ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi dan inovasi di bidang IoT yang semakin berkembang pesat.
3. Dalam konteks ruang kelas, penelitian ini dapat membantu dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih nyaman dan sehat dengan sistem pemantauan yang lebih efektif, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan kualitas pendidikan.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup dan batasan masalah yang ada pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan pemantauan kenyamanan kelas dari aspek kualitas udara.
2. Pemantauan kualitas udara pada penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bireuen khususnya di Sekolah Sukma Bangsa Bireuen.
3. Kualitas udara yang dilakukan pemantauan yaitu CO, CO₂, suhu, kelembapan, PM_{2.5}, dan PM₁₀.
4. *Quality of Service* yang digunakan pada penelitian ini yaitu level 0.