

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Masjid sebagai pusat ibadah memerlukan sistem distribusi suara yang jelas dan merata agar audibilitas suara Imam dan kejelasan khutbah dapat diterima dengan baik oleh seluruh jamaah[1]. Namun, pada realitanya, mayoritas masjid (sekitar 93,1%) masih menggunakan sistem pengeras suara terpusat (*centralized*) yang sering kali menghasilkan distribusi suara tidak merata dan munculnya titik mati akustik (*acoustic dead zones*)[2]. Penyesuaian tingkat kekerasan suara di berbagai zona ruangan juga sering kali masih dilakukan secara manual dan tidak responsif terhadap dinamika jumlah jamaah atau kondisi nyata di lapangan[1], [2].

Perkembangan teknologi CPS dan IoT menawarkan solusi melalui integrasi proses komputasi dengan aset fisik melalui jaringan[3]. Dalam konteks orkestrasi audio, setiap zona dapat dikelola sebagai simpul (*node*) terdistribusi yang mampu mengirimkan data pengukuran parameter akustik ke sistem *backend*[4]. *Backend* tersebut kemudian berfungsi mengolah data aliran informasi secara *real-time* untuk mengirimkan kembali perintah pengaturan ke setiap *node* secara terdistribusi dalam kerangka sistem kontrol[5].

Saat ini, sebagian besar implementasi teknologi di masjid masih bersifat parsial dan terbatas. Penelitian sebelumnya menunjukkan fokus aplikasi masjid pintar lebih banyak pada manajemen data administratif seperti jadwal sholat, laporan keuangan, dan inventaris[6] atau kontrol otomasi sederhana seperti pengaturan lampu dan pemantauan intensitas cahaya[7]. Di sisi lain, optimasi kualitas audio masjid umumnya masih bergantung pada simulasi statis atau reposisi perangkat fisik secara manual[1], sehingga belum tersedia kerangka kerja digital dinamis yang mampu menyesuaikan parameter akustik secara otomatis.

Tantangan teknis lainnya adalah ketergantungan pada layanan cloud pihak ketiga yang rentan terhadap latensi data, di mana penggunaan sistem secara *online* terbukti memerlukan waktu respon yang lebih lama dibandingkan sistem lokal[8]. Selain itu, diperlukan implementasi REST API yang mampu mengintegrasikan berbagai platform secara efisien untuk menjamin pengelolaan data yang konsisten dan *real-time*[9]. Banyak sistem pemantauan saat ini juga masih bersifat pasif dan manual, sehingga menghambat tercapainya efisiensi manajemen yang optimal serta respon proaktif terhadap anomali perangkat lapangan[10]. Celah ini menunjukkan urgensi pengembangan *backend* API dan sistem kontrol terdistribusi yang mampu mengoordinasikan banyak *node* IoT untuk manajemen audio multi-zona masjid dalam kerangka CPS yang utuh.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini memfokuskan diri pada pengembangan *backend* API dan sistem kontrol terdistribusi untuk distribusi audio multi-zona masjid berbasis CPS. *Backend* dirancang agar mampu menerima data dari beberapa *node*, menyimpan data ke basis data relasional, dan menyediakan antarmuka API untuk pemantauan serta pengaturan zona secara cerdas oleh pengelola masjid.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan *backend* API yang mampu mengelola data zona, node, pembacaan SPL, dan riwayat tindakan kontrol pada sistem audio multi-zona masjid berbasis CPS?
2. Bagaimana merancang mekanisme kontrol terdistribusi di level *backend* sehingga perintah pengaturan audio (misalnya penyesuaian gain per zona) dapat disalurkan ke node melalui protokol MQTT secara terstruktur?
3. Bagaimana menguji fungsionalitas dan kinerja *backend* API yang dikembangkan, meliputi operasi CRUD data utama, integrasi dengan broker MQTT, serta pencatatan riwayat tindakan kontrol dan peringatan sistem?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pengembangan *backend* API untuk pengelolaan data zona, node, pembacaan SPL, riwayat tindakan kontrol, dan peringatan sistem. Penelitian tidak membahas secara mendalam perancangan perangkat keras audio, sensor SPL, maupun desain akustik bangunan masjid.
2. Mekanisme kontrol terdistribusi yang dikembangkan dibatasi pada implementasi *endpoint backend* dan integrasi dengan protokol MQTT untuk penyaluran perintah kontrol dari server ke node. Penelitian tidak membahas pengembangan algoritma kontrol lanjutan seperti kontrol adaptif, optimasi otomatis SPL real-time, atau kecerdasan buatan.
3. Pengujian sistem difokuskan pada pengujian fungsionalitas dan kinerja *backend* API yang meliputi pengujian fungsional *endpoint*, waktu respons (*response time*) *endpoint*, *throughput* dan *success rate*, latensi komunikasi MQTT *end-to-end*, serta pengujian integrasi MQTT terhadap penyimpanan data SPL pada basis data.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan *backend* API untuk mengelola data zona, node, pembacaan SPL, riwayat tindakan kontrol, dan peringatan sistem pada sistem audio multi-zona masjid berbasis CPS.
2. Mengimplementasikan mekanisme kontrol terdistribusi di level *backend* berupa *endpoint* dan integrasi MQTT untuk penyaluran perintah kontrol dari server ke node zona.
3. Melakukan pengujian fungsional dan kinerja *backend* API, termasuk pengujian operasi CRUD, integrasi MQTT, dan pencatatan log tindakan kontrol.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pengelola Masjid
Menyediakan prototipe sistem *backend* yang dapat menjadi dasar pengembangan sistem distribusi audio multi-zona yang lebih terukur dan mudah dipantau. Memudahkan pemantauan kondisi zona dan penyesuaian penguatan audio melalui antarmuka yang terhubung ke *backend*, baik dilakukan secara manual oleh pengelola maupun oleh sistem lain yang terintegrasi di masa depan.
2. Bagi pengembangan ilmu informatika
Memberikan contoh perancangan *backend* API untuk penerapan CPS pada lingkungan masjid, khususnya dalam konteks distribusi audio multi-zona. Menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang ingin mengintegrasikan kecerdasan buatan, analitik data, atau fitur lanjutan lainnya di atas arsitektur *backend* yang sudah ada.
3. Bagi mahasiswa dan peneliti
Menjadi studi kasus penerapan konsep REST API, basis data relasional, komunikasi MQTT, dan kontrol terdistribusi dalam satu proyek terintegrasi.

F. Kontribusi Penelitian

Kontribusi utama penelitian tugas akhir ini dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Menghasilkan rancangan dan implementasi arsitektur *backend* API untuk sistem audio multi-zona masjid berbasis CPS yang mampu mengelola data zona, node, pembacaan SPL, riwayat tindakan kontrol, dan peringatan sistem secara terstruktur.
2. Mengimplementasikan mekanisme kontrol terdistribusi di level *backend* melalui integrasi REST API dan protokol MQTT untuk penyaluran perintah kontrol dari server ke node zona secara terkoordinasi.
3. Menyediakan hasil pengujian fungsionalitas dan kinerja *backend* API yang meliputi operasi CRUD, integrasi broker MQTT, serta pencatatan log

tindakan kontrol, sebagai validasi bahwa sistem dapat digunakan sebagai fondasi pengembangan sistem kontrol audio multi-zona di masa depan.

G. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian ini terletak pada fokus perancangan *backend* API dan sistem kontrol terdistribusi yang secara khusus ditujukan untuk skenario distribusi audio multi-zona di masjid, dengan pendekatan dan cakupan yang disesuaikan untuk tingkat sarjana. Penelitian-penelitian sebelumnya banyak membahas sistem audio masjid[1], [2], CPS[8], atau arsitektur *backend* secara umum[11], [12], namun belum secara spesifik menggabungkan pengelolaan zona audio masjid, *backend* API, dan komunikasi data sensor.

Selain itu, rancangan *endpoint*, dan struktur basis data disusun dan diimplementasikan sendiri oleh peneliti dengan menyesuaikan kebutuhan kasus penggunaan masjid dan bukan menyalin langsung sistem yang sudah ada. Dengan demikian, penelitian ini memiliki keaslian dalam kombinasi konteks, rancangan, dan implementasi yang dihasilkan.

H. Keterbaruan Penelitian

Keterbaruan (novelty) penelitian ini dapat dilihat dari beberapa aspek berikut:

1. Penerapan konsep CPS dan *backend* API secara terintegrasi pada kasus distribusi audio multi-zona masjid, yang masih relatif jarang dibahas dalam tugas akhir tingkat sarjana di lingkungan universitas setempat.
2. Perancangan *backend* yang sejak awal mempertimbangkan kebutuhan pengelolaan zona dan penerimaan data sensor SPL, siap diintegrasikan dengan prototipe node lapangan.
3. Penyusunan spesifikasi *endpoint* dan skema basis data yang langsung diarahkan untuk mendukung pemantauan dan pengendalian zona audio masjid, bukan sekadar contoh umum layanan web.