

## 1. Pendahuluan

Penggunaan aplikasi mobile Internet of Things (IoT) untuk pengontrol telah meningkat secara signifikan, meningkatkan kenyamanan dan konektivitas melalui sistem pintar seperti pencahayaan rumah [1, 2]. Sistem-sistem ini ditandai oleh interkoneksi, heterogenitas, perubahan dinamis, skalabilitas, keamanan, dan konektivitas [3]. Memastikan jaminan kualitas untuk sistem IoT menjadi tantangan karena kompleksitas dan sifat dinamisnya. Pendekatan pengujian yang khusus sangat diperlukan untuk menjaga fungsionalitas, keamanan, dan skalabilitas sistem dalam berbagai aplikasi. Jaminan kualitas yang efektif sangat penting untuk mengelola kerumitan perangkat yang saling terhubung, berbagai teknologi, dan pertukaran data waktu nyata.

Tantangan interkoneksi muncul dari beragam perangkat yang terlibat, sementara heterogenitas memperumit protokol komunikasi dan kemampuan perangkat. Perubahan dinamis menambah kompleksitas karena bertambahnya perangkat dan fitur, meningkatkan kompleksitas interaksi, pertimbangan perilaku waktu nyata, dan kebutuhan akan pengujian ad hoc. Masalah skalabilitas menjadi semakin menonjol dengan bertambahnya jumlah perangkat, yang mempersulit manajemen dan pengujian. Keamanan menjadi sangat penting karena perangkat IoT menangani data sensitif, sehingga memerlukan pengujian keamanan yang mendalam untuk mengidentifikasi kerentanan. Masalah konektivitas juga sering terjadi, sehingga diperlukan validasi kestabilan koneksi jaringan dalam berbagai kondisi [3, 4, 5]. Di antara semua tantangan ini, perubahan dinamis sangat menonjol karena melibatkan kompleksitas interaksi, perilaku waktu nyata, dan kebutuhan akan pengujian ad hoc [4, 5].

Perubahan dinamis ini menjadi salah satu tantangan paling menarik dan menuntut dalam pengujian jaminan kualitas sistem IoT. Mengatasi perubahan dinamis ini secara efektif sangat penting untuk memastikan keandalan dan efisiensi sistem IoT dalam lanskap teknologi yang berkembang pesat [4, 5].

Teknik pengujian yang ada untuk sistem IoT memiliki keterbatasan yang signifikan. Pengujian Berbasis Simulasi, meskipun berguna untuk mereplikasi lingkungan fisik, kesulitan dalam menangkap seluruh spektrum interaksi antara perangkat lunak dan perangkat dalam sistem IoT [6]. Metode ini gagal menangani perilaku dan interaksi perangkat lunak IoT yang rumit, sehingga mengurangi kemampuannya untuk mengidentifikasi masalah potensial. Pengujian Ad Hoc, yang ditandai dengan pendekatan informal dan tidak terstruktur, melibatkan pengujian acak yang tidak direncanakan, sehingga kurang cocok untuk kompleksitas sistem IoT dan sering kali mengabaikan interaksi kritis dan kasus edge [7].

Mempertimbangkan keterbatasan dari metodologi pengujian tradisional, Pengujian Berbasis Model (MBT) merupakan solusi yang layak untuk mengatasi tantangan ini secara efektif. MBT, seperti yang dijelaskan dalam penelitian oleh Mauldito Dwinandana, memiliki kesamaan dengan penelitian ini, terutama dalam konteks pengujian aplikasi mobile menggunakan MBT sebagai metodologi [8].

Pemilihan MBT didasarkan pada sifatnya yang sistematis, yang kontras dengan pendekatan pengujian ad hoc yang lebih arbitrer. Salah satu keunggulan utama MBT adalah kemampuannya untuk menyediakan kerangka kerja yang efisien dan komprehensif untuk pengujian perangkat lunak, yang sangat bermanfaat bagi sistem kompleks seperti Internet of Things (IoT) [9]. Implementasi MBT dapat memanfaatkan berbagai model, termasuk mesin keadaan (state machines), bagan alir (flowcharts), dan diagram Unified Modeling Language (UML), yang dapat secara akurat mensimulasikan perilaku waktu nyata dari sistem yang sedang diuji (System Under Test atau SUT) [9].

Berbagai model MBT telah dievaluasi untuk mengatasi kompleksitas sistem IoT. Mesin Keadaan Terbatas (Finite State Machine atau FSM) kurang memiliki fungsionalitas guard yang diperlukan untuk transisi bersyarat [8, 10], sementara Rantai Markov (Markov Chain), yang menggunakan pendekatan probabilistik, kurang tepat untuk skenario yang membutuhkan interaksi pengguna yang spesifik [11]. Mesin Keadaan Terbatas yang Diperluas (Extended Finite State Machine atau EFSM) lebih disukai, karena memperluas FSM dengan menggabungkan guard yang penting untuk mengelola kondisi antara keadaan dan transisi. Guard ini sangat penting untuk System Under Test (SUT), sebuah aplikasi mobile pengontrol IoT, yang memerlukan pengguna untuk mengikuti urutan tertentu, seperti memastikan lampu mati sebelum menyalakannya atau melakukan login sebelum menambahkan perangkat baru. Fungsi guard EFSM secara efektif mengelola kondisi ini, memastikan model tersebut secara akurat mensimulasikan persyaratan aplikasi, dan menguji semua interaksi pengguna dan keadaan sistem [8, 9, 10].

System Under Test (SUT) dalam penelitian ini adalah aplikasi Wiz Connected, sebuah aplikasi pengontrol IoT untuk sistem pencahayaan pintar, yang memiliki fungsi seperti mengubah mode pencahayaan, menambahkan lampu, menyalakan/mematikan lampu, dan menjadwalkan otomatisasi. Pengujian dilakukan menggunakan

TestOptimal, sebuah alat MBT yang menggunakan algoritma Postman Problem untuk penentuan jalur optimal, meningkatkan cakupan pengujian dan memastikan evaluasi yang komprehensif terhadap fungsionalitas SUT [9].

### **Topik dan Batasannya**

Topik penelitian ini berfokus pada penerapan Pengujian Berbasis Model (Model-Based Testing/MBT) untuk menjamin kualitas aplikasi mobile pengontrol IoT, dengan studi kasus aplikasi Wiz Connected yang digunakan untuk sistem pencahayaan pintar. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan yang sering muncul dalam pengujian sistem IoT, seperti interkoneksi, heterogenitas, perubahan dinamis, skalabilitas, keamanan, dan konektivitas. Dengan menggunakan model Extended Finite State Machine (EFSM), penelitian ini mengevaluasi efektivitas pengujian interaksi dan perilaku sistem secara waktu nyata dalam konteks aplikasi tersebut.

Batasan penelitian ini terletak pada fokusnya yang hanya mencakup aplikasi Wiz Connected sebagai System Under Test (SUT), sehingga hasilnya mungkin tidak dapat langsung diterapkan pada aplikasi IoT lainnya di luar konteks pencahayaan pintar. Selain itu, penelitian ini mengutamakan pendekatan MBT menggunakan model EFSM, sehingga efektivitas model pengujian lain seperti FSM atau Markov Chain tidak dibahas secara mendalam. Pengujian dibatasi pada fungsi-fungsi tertentu dari aplikasi, seperti mengubah mode pencahayaan, menambah perangkat, menyalakan/mematikan lampu, dan menjadwalkan otomatisasi. Di sisi lain, pelaksanaan MBT dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat TestOptimal, yang mungkin memiliki keterbatasan yang memengaruhi cakupan serta pendekatan pengujian.

### **Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menerapkan metode Pengujian Berbasis Model (Model-Based Testing/MBT) guna mengatasi tantangan yang kompleks dalam pengujian aplikasi mobile pengontrol IoT, khususnya aplikasi Wiz Connected. Penelitian ini bertujuan untuk menguji fungsionalitas, keamanan, dan skalabilitas aplikasi tersebut dengan menggunakan pendekatan MBT yang sistematis, memanfaatkan Extended Finite State Machine (EFSM) untuk mengelola transisi bersyarat dalam berbagai skenario penggunaan. Melalui pengujian ini, diharapkan dapat diperoleh cakupan pengujian yang komprehensif, terutama dalam menghadapi dinamika interaksi pengguna dan perangkat, serta untuk memastikan keandalan dan efisiensi sistem IoT di lingkungan yang berkembang pesat.