

OTOMASI SISTEM RUMAH CERDAS (*SMART HOME SYSTEM*) BERBASIS PROTOKOL ZIGBEE DENGAN *INTERNAL CLOUD SERVER*

Muhammad Sulkhan Arief^{1*}, Wawan Heryawan², Bangbang Hermanto³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Pontianak, Indonesia

ABSTRAK

Protokol komunikasi yang umum digunakan pada lingkungan pendidikan, bisnis, perumahan, dan industri di Indonesia masih didominasi oleh Wi-Fi dan Bluetooth. Penelitian terapan ini berfokus pada protokol Zigbee, yaitu standar IEEE 802.15.4 yang dirancang untuk komunikasi jarak dekat berdaya rendah pada sistem Internet of Things (IoT). Dalam teknologi smart home, konektivitas menjadi hal yang sangat penting. Untuk membangun sebuah sistem Smart home, pengguna harus mempertimbangkan keterhubungan atau komunikasi satu perangkat smart home dengan perangkat yang lain. Jaringan protokol komunikasi perangkat smart home yang saat ini paling familiar dan banyak digunakan adalah WIFI. Namun sekarang juga mulai bermunculan alternatif protokol konektivitas nirkabel, salah satunya adalah Zigbee, yang merupakan salah satu standar dunia untuk jaringan berdaya rendah, berjarak dekat, menawarkan solusi Internet on Thing (IoT) yang lengkap dan dapat dioperasikan untuk rumah serta gedung dengan fitur yang mampu mengatur jaringan sendiri maupun pertukaran data pada jaringan, serta dapat mendukung ratusan alat dan memiliki fitur keamanan yang dapat diandalkan. Didalam penelitian terapan ini monitoring menggunakan protokol zigbee dengan, topologi klaster yang terdiri atas zigbee koordinator dan beberapa perangkat akhir zigbee yang akan dipasang pada lokasi yang berpenghalang dinding maupun yang tanpa penghalangan.

Kata Kunci: Zigbee, IoT, Smart Home

ABSTRACT

Protokol komunikasi umum yang digunakan pada lingkungan pendidikan, bisnis, perumahan, dan industri di Indonesia masih didominasi oleh Wi-Fi dan Bluetooth. Penelitian terapan ini fokus pada protokol Zigbee, yaitu standar IEEE 802.15.4 yang dirancang untuk komunikasi jarak dekat berdaya rendah pada sistem Internet of Things (IoT). Dalam teknologi smart home, konektivitas menjadi hal yang sangat penting. Untuk membangun sebuah sistem Smart home, pengguna harus mempertimbangkan keterhubungan atau komunikasi satu perangkat smart home dengan perangkat yang lain. Jaringan protokol komunikasi perangkat smart home yang saat ini paling familiar dan banyak digunakan adalah WIFI. Namun sekarang juga mulai bermunculan alternatif protokol konektivitas nirkabel, salah satunya adalah Zigbee, yang merupakan salah satu standar dunia untuk jaringan berdaya rendah, jarak dekat, menawarkan solusi Internet on Thing (IoT) yang lengkap dan dapat dioperasikan untuk rumah serta gedung dengan fitur yang mampu mengatur jaringan sendiri maupun pertukaran data pada jaringan, serta dapat mendukung ratusan alat dan memiliki fitur keamanan yang dapat diandalkan. Dalam penelitian terapan ini monitoring menggunakan protokol zigbee dengan, topologi klaster yang terdiri atas koordinator zigbee dan beberapa perangkat akhir zigbee yang akan dipasang pada lokasi yang berpenghalang dinding maupun yang tanpa penghalangan.

Keywords: Zigbee, IoT, Smart Home

1. PENDAHULUAN

Pada era digital, penggunaan smartphone yang semakin meluas telah mendorong perubahan gaya hidup masyarakat menuju pola yang lebih praktis, efisien, dan terotomasi. Kemudahan tersebut tidak terlepas dari meningkatnya konsumsi energi listrik yang digunakan untuk mengoperasikan berbagai perangkat rumah tangga dan perangkat pintar lainnya yang digunakan untuk memberikan kemudahan bagi penggunanya. Tetapi sumber energi listrik yang umumnya masih mengandalkan bahan bakar fosil seperti Batu bara dan bahan bakar minyak (BBM) yang termasuk energy yang kurang ramah lingkungan. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penggunaan energy listrik dituntut agar dapat memiliki kesadaran untuk menghemat penggunaan energy sekaligus menurunkan biaya pemakaian listrik keseharian di lingkungan nya. Solusi yang bisa diawarkan salah satunya adalah bagaimana masyarakat sebagai konsumen energi melakukan penghematan penggunaan energi dengan cara membatasi penggunaan perangkat listrik sesuai dengan kebutuhannya dan sekaligus melakukan pengawasan terhadap penggunaan energi listrik nya. Penelitian terapan ini bertujuan untuk menghadirkan sebuah Aplikasi teknologi berbasis IoT yang dapat membatasi dan mengawasi penggunaan energi listrik yaitu sebuah Sistem Kontrol dan Monitoring parameter listrik 1 phase berbasis internal cloud server dengan menggunakan Protokol Zigbee dengan konfigurasi menggunakan topologi klaster, dengan cloud server tersebut akan menggunakan sebuah Raspberry Pi yang terhubung dengan beban listrik melalui protokol zigbee yang kebutuhan energinya sangat rendah. Sedangkan software yang digunakan pada server raspberry tersebut adalah Home Assistant (HA) berbasis open source yang terhubung dengan jaringan lokal tetapi dapat diakses dari luar jaringan (External network) melalui penggunaan aplikasi zerotier.

Pada dekade ini, perkembangan sistem otomasi dengan memanfaatkan internet untuk tujuan kontrol dan monitoring terus berkembang sangat pesat untuk menghadirkan rumah cerdas (Smart home) untuk menyajikan kemudahan dan sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Otomasi yang berbasis IoT tersebut merupakan lompatan inovatif dalam evolusi sistem otomasi rumah yang mengutamakan kenyamanan, efisiensi, cost efektif (Ubong E. Etuk, et al. 2023)[1]. Didalam sebuah Ekosistem IoT dan Smart home terdapat beberapa standard komunikasi yang dapat digunakan misalnya wifi, bluetooth, Zigbee, dan BLE yang telah didukung oleh ketersediaan perangkat keras yang diproduksi oleh beberapa vendor yang terkenal. Pemilihan standard komunikasi pada smart home dan IoT tergantung pada tujuan yang ingin dicapai, Jika mengutamakan ketersediaan perangkat

yang berdaya rendah maka alternative terbaiknya menggunakan standar komunikasi Zigbee. Secara teknis Zigbee merupakan standar dari IEEE 802.15.4 untuk komunikasi data skala pribadi maupun Bisnis.

ZigBee memiliki kemampuan untuk mengatur jaringan sendiri, maupun mengatur pertukaran data pada jaringan. Kelebihan dari ZigBee lainnya adalah membutuhkan daya rendah, responsif dengan perpindahan (switching) dari mode sleep ke mode aktif hanya membutuhkan waktu sekitar 15 milliseconds. Selain itu ZigBee juga memiliki topologi jaringan mesh sehingga mampu membentuk jaringan yang lebih luas hingga mencapai 65,000 nodes (Ms.Mubeena Begum, et al. 2022) (Yuhan Du, 2024) [2]. Alasan popularitas ZigBee adalah dukungannya terhadap berbagai topologi jaringan, skalabilitas dan memungkinkan perangkat Zigbee terhubung ke jaringan lokal tanpa harus mengorbankan keandalan sehingga Zigbee dapat digunakan untuk keperluan Home Automation dan Smart System sebagai alternatif lain daripada penggunaan Wi-Fi dan Bluetooth (Vishwas K V, et al. 2021)[3].

Jaringan sensor nirkabel (WSN) merupakan gabungan teknologi nirkabel yang digunakan secara luas di berbagai industri, termasuk pertanian, medis, dan militer. Dalam sebagian besar kasus, teknologi ini digunakan untuk memantau parameter lingkungan atau fisik termasuk suara, tekanan, dan suhu. WSN menggunakan berbagai teknologi, termasuk frekuensi radio (RF), Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, dan Z-Wave. Zigbee khususnya memiliki potensi yang lebih besar untuk penghematan energi dalam transmisi jarak jauh dan menjadikannya sebagai sebuah standar yang lebih disukai untuk digunakan dalam WSN. Dalam jaringan yang menggunakan Zigbee terdapat tiga perangkat komunikasi data utamanya yaitu koordinator ZigBee, router, dan node. Perangkat koordinator mengumpulkan, menyimpan, dan memproses data sebelum meneruskannya ke node berikutnya yang sesuai atau stasiun pangkalan. Jumlah lalu lintas data yang diterima tumbuh secara proporsional dengan jumlah router. Sementara data tetap tidak terpengaruh oleh jumlah koordinator. Lalu lintas data yang dikirim tunduk pada aturan yang sama. Ketika jumlah koordinator (dan/atau) router meningkat, jumlah lalu lintas manajemen MAC (Media Access Control layer) yang dikirim berkurang (Naseem K. Baqer, et al. 2024)[4].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Analisa Data.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif melalui pengambilan data eksperimen, yaitu dengan menempatkan Koordinator Zigbee pada lokasi tetap dan menempatkan perangkat akhir pada dua kondisi berbeda End user Zigbee di tempatkan pada lokasi yang bersifat tanpa halangan dan dengan halangan.

2.2 Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem ini meliputi 2 pembahasan, yaitu : Standard komunikasi Zigbee dan Disain Sistem.

2.2.1. Standar Komunikasi Zigbee

Zigbee merupakan standar dari IEEE 802.15.4 untuk komunikasi data pada alat konsumen pribadi maupun skala Bisnis. Zigbee dirancang sebagai standar komunikasi berdaya rendah untuk jaringan personal berskala kecil hingga menengah. Perangkat Zigbee dapat berfungsi sebagai pengendali, sensor, atau aktuator dalam suatu sistem jaringan nirkabel mengendalikan sebuah alat lain maupun sebagai sensor tanpa tanpa kabel (wireless). ZigBee juga memiliki topologi jaringan “mesh” sehingga mampu membentuk jaringan yang lebih luas dan data yang bisa diandalkan. Sebuah perangkat zigbee merupakan sebuah kombinasi dari pada Logika Zigbee (Zigbee logical) dan perangkat fisik (Physical Device) dengan penjelasan sebagai berikut :

A. Perangkat fisik Zigbee (Zigbee Physical Device)

Pada IEEE 802.15.4 Berdasarkan kemampuan pengolahan datanya, perangkat fisik tersebut terdiri dari 2 tipe Full Function Devices (FFD) dan Reduced Function Devices (RFD). Pada FFD perangkat ini dapat melakukan semua fungsi pada standar protocol 802.15.4 diantaranya routing, koordinasi, sensing, coordinator dan fungsi sebagai router, serta perangkat akhir. Pada perangkat FRD melakukan fungsi sebagai protocol standar 802.15.4 dengan kemampuan pengolahan komputasi yang paling ringan. Perangkat ini tidak melakukan routing paket dan selalu berasosiasi dengan sebuah FFD. Tujuan dari RFD adalah untuk menemukan sebuah jaringan yang tersedia untuk mentransfer data dan mengecek apakah masih ada antrian data dan sekaligus melakukan sebuah permintaan data ke Koordinator jaringan. Beberapa perangkat akhir misalnya beberapa sensor, aktuator, yang memiliki fungsi kerja yang terbatas misalnya membaca data temperatur , mengawasi lumen cahaya, atau melakukan pengaturan terhadap perangkat lainnya.

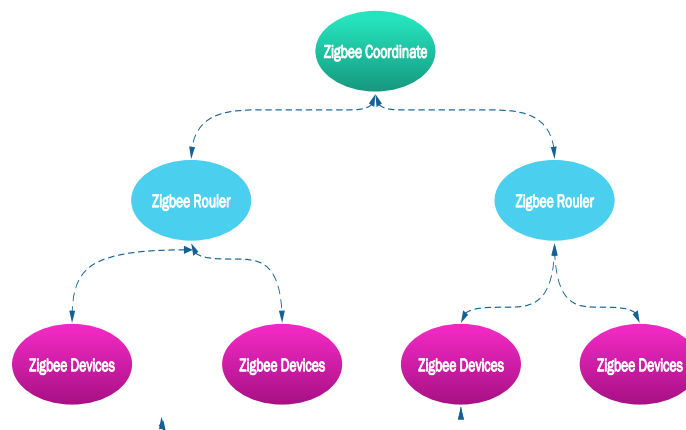
B. ZIGBEE LOGICAL DEVICES

Terdapat tiga perangkat logical zigbee yaitu: Koordinator, Router, dan Perangkat Akhir, seperti ditunjukkan pada gambar 1.

B.1. Koordinator: Perangkat ini membentuk akar pohon jaringan dan mencoba membangun jembatan untuk jaringan lain. Setiap jaringan memiliki tepat satu koordinator. Koordinator mengawasi pemilihan jaringan serta spesifikasinya, seperti saluran frekuensi radio, identitas jaringan, dan lain-lain. Koordinator juga menyimpan informasi kunci keamanan dan jaringan. perangkat perantara dalam jaringan

B.2 Router : Router Zigbee merupakan perangkat dalam jaringan. Perangkat ini merutekan data dari sumber ke tujuan. Router dapat bergabung dengan jaringan yang sudah ada. Dengan bantuan router Zigbee jaringan dapat diperluas, serta router juga dapat menerima koneksi dari perangkat lain dan berfungsi sebagai pemancar ulang jaringan.

B.3 Perangkat Akhir: FFD atau RFD dapat digunakan sebagai perangkat akhir. Sensor dan sakelar menyediakan sekumplan data bagi perangkat tersebut. Perangkat akhir bergantung pada koordinator atau router untuk mengirim data dan tidak dapat menyampaikan data dari perangkat lain. Perangkat ini dapat berupa perangkat berdaya rendah, atau perangkat bertenaga baterai dan memiliki kemampuan komputasi terbatas. Perangkat akhir tidak perlu tetap terjaga (awake) sepanjang waktu, meskipun perangkat dari dua perangkat lainnya harus tetap terjaga. Setiap perangkat ini memiliki 240 simpul akhir, yang masing-masing merupakan aplikasi terpisah dengan rasio yang sama.



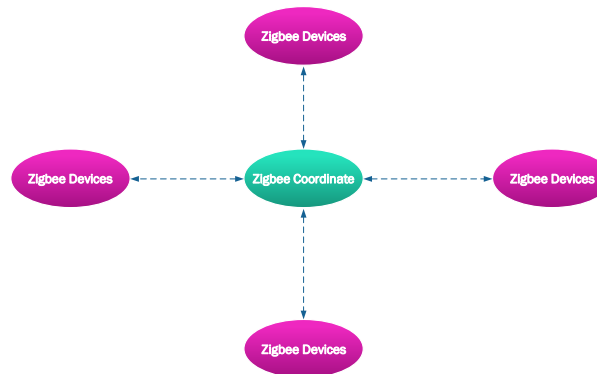
Gambar 1. Perangkat ZigBee.

2.2.2 Topologi Zigbee

Terdapat 3 topologi pada jaringan Zigbee yaitu Star, Mesh dan Cluster Tree.

A. Star Topology :

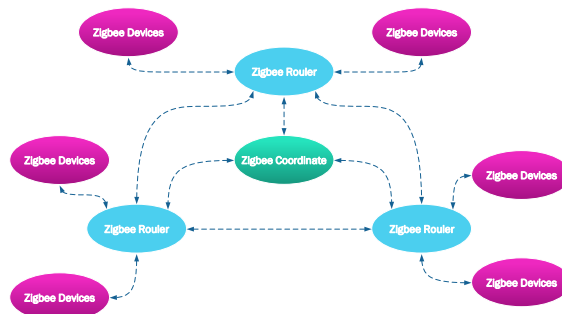
Topologi ini terdiri dari koordinat dan perangkat akhir (gambar 2). Semua perangkat akhir terhubung ke coordinator dan terpisah secara fisik serta elektri. Koordinator harus menangani semua pertukaran paket antara perangkat. Manfaat topologi bintang yaitu mudah dan paket harus melewati dua hop untuk mencapai tujuan nya. Kelemahannya adalah semua paket harus melewati coordinator yang dapat menyebabkan kemacetan, selain itu tidak ada jalur lain dari sumber ke tujuan.



Gambar 2. Topologi bintang (Star)

B. Mesh Topology:

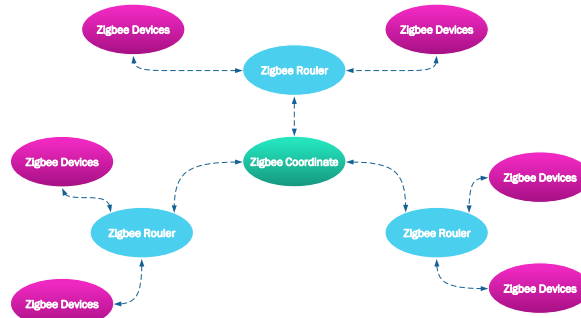
Jaringan Peer to Peer adalah nama lain dari topologi Mesh. Jaringan ini terdiri dari coordinator, serta banyak router dan perangkat akhir (gambar 3). Jaringan ini merupakan perluasan topologi pohon kluster. Topologi Mesh merupakan jaringan multi-hop di mana paket melewati banyak rintangan sebelum tiba di tujuannya. Jika salah satu jalur gagal, paket akan mencoba mencapai target melalui rute lain. Dalam topologi mesh menambahkan atau menghapus perangkat adalah hal yang mudah. Perangkat apa pun dalam jaringan dapat berkomunikasi dengan perangkat lain.



Gambar 3. Topologi Mesh

C. Cluster Toplogy:

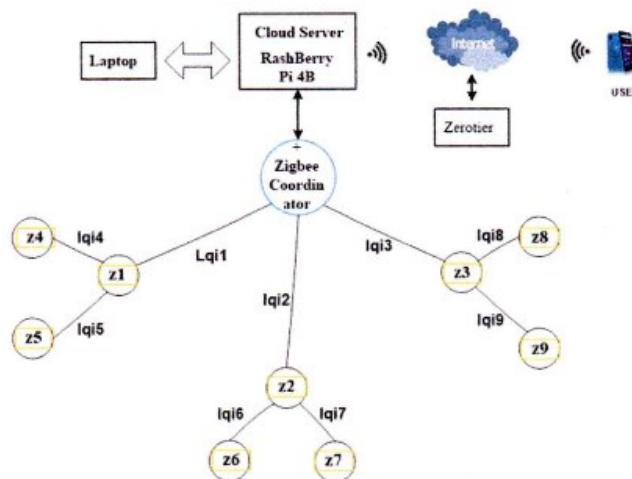
Topologi peer-to-peer, yang merupakan bagian dari topologi pohon disebut sebagai topologi pohon kluster (gambar 4). Sebuah kluster terdiri dari induk dan anaknya, yang masing-masing dikenali oleh ID kluster. Topologi pohon kluster didukung oleh IEEE 802.15.4 tetapi tidak oleh Zigbee. Router meningkatkan jangkauan jaringan, sehingga perangkat akhir tidak harus berada dalam jangkauan koordinator. Perangkat akhir tidak dapat berinteraksi secara langsung satu sama lain, namun, router dapat terhubung dengan router lain dan koordinator.



Gambar 4. Topologi Cluster

2.2.3 Disain Sistem

Disain Sistem atau model yang akan dibuat terdiri atas : Laptop, Cloud server Rashberry, Zigbee Coordinator, Zigbee End user, seperti ditunjukkan pada gambar 5.



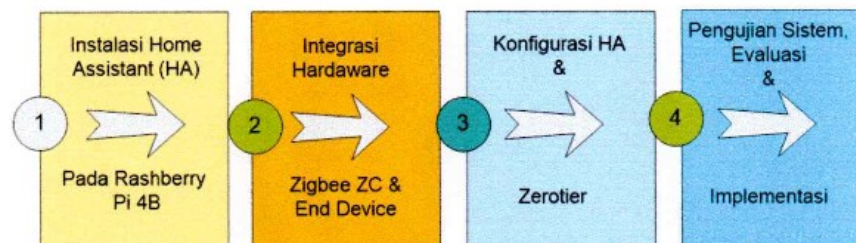
Gambar 5. Disain Sistem

- a) Laptop : berfungsi untuk menginstal perangkat lunak Home Assistant (HA), melakukan konfigurasi HA, konfigurasi Zerotier dan melakukan kontrol serta monitoring parameter listrik pada beban.

- b) Raspberry : Berfungsi sebagai server yang bertanggung jawab melayani permintaan dari sisi eksternal.
- c) Zigbee Coordinator (ZC) : Sebagai kordinator Personal Area Network IEEE 802.15.4 yang bertugas menginterasikan dan menghapus perangkat dari PAN serta menjadi Full-Function Device (FFD)
- d) Zigbee end Device (Z1-Z9) : Mengirim dan menerima data atau perintah ke ZC dan ZR (Zigbee Router) serta masing-masing Zigbee end Device akan terhubung dengan beban listrik satu fasa.
- e) Zerotier : Merupakan solusi jaringan terdistribusi yang mengizinkan pengguna untuk menghubungkan perangkat di berbagai lokasi secara aman, meskipun perangkat tersebut berada dalam jaringan yang sama.

2.3 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian terapan ini ditunjukkan pada gambar 6, yang terdiri atas Instalasi Home Assistant, Integrasi Hardware (Zigbee ZC & End device), Konfigurasi HA & Zerotier, dan diakhiri dengan Pengujian sistem, Evaluasi, dan Implementasi.



Gambar 6 . Tahapan Penelitian

2.3.1 Instalasi Home Assistant (HA) pada raspberry Pi 4B

Instalasi HA diawali dengan mempersiapkan Raspberry Pi Imager, SD card dan sebuah laptop. Kemudian dilanjutkan dengan instalasi HA dengan benar dan membutuhkan waktu 5-10 menit, End Device yang tersebar pada beberapa ruangan, serata menghubungkan ZC dan End Device hubungan star.

2.3.2 Instalasi Hardware Zigbee Coordinator (ZC) dan End device

Instalasi Hardware diawali dengan meletakkan Cloud Server Raspberry pada posisisentrale sehingga sinyal zigbee dapat diterima dengan baik. Kemudian dilanjutkan dengan pemasangan beberapa End Device yang tersebar pada beberapa ruangan dengan menghubungkan ZC dan End Device hubungan star.

2.3.3 Konfigurasi HA dan Zerotier

Konfigurasi HA dilakukan untuk menghubungkan ZC dan End Device sehingga keduanya terkoneksi dengan HA. Tahapan berikutnya melakukan konfigurasi zerotier dengan melakukan pembuatan Network ID dan melakukan koneksi hardware HA. Smartphone, laptop serta perangkat lainnya ke Network ID tersebut. Konfigurasi zerotier tersebut akan membentuk sebuah table yang berisi alamat perangkat serta terkait dengan Network ID yang terdiri beberapa kolom diantaranya : Address Name / Description, Managed Ips, Lastseen, Version dan Physical IP.

2.3.4. Pengujian Sistem

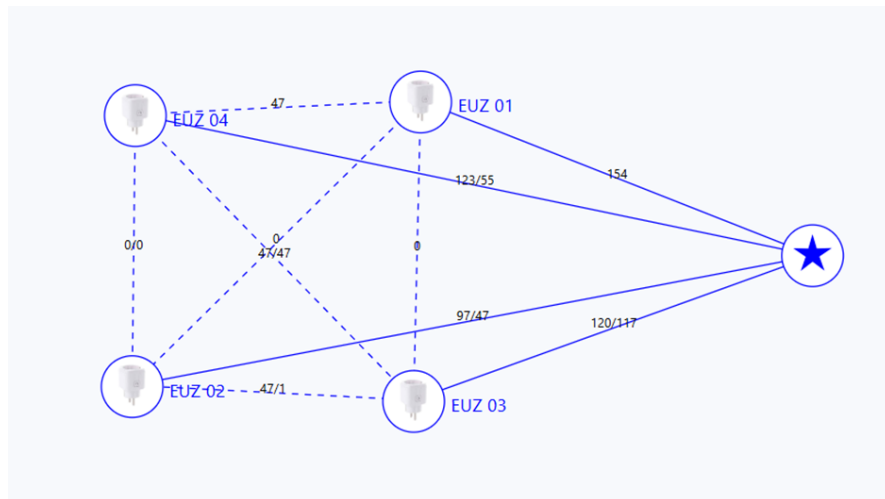
Pengujian sistem ini berkaitan dengan aktifitas control dan monitoring terhadap parameter listrik beban yang terhubung dengan HA pada Cloud Server. Tahapan selanjutnya merupakan evaluasi dan implementasi yang bertujuan untuk menyempurnakan sistem, sehingga aktifitas control dan monitoring dapat di implementasikan secara baik dan benar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

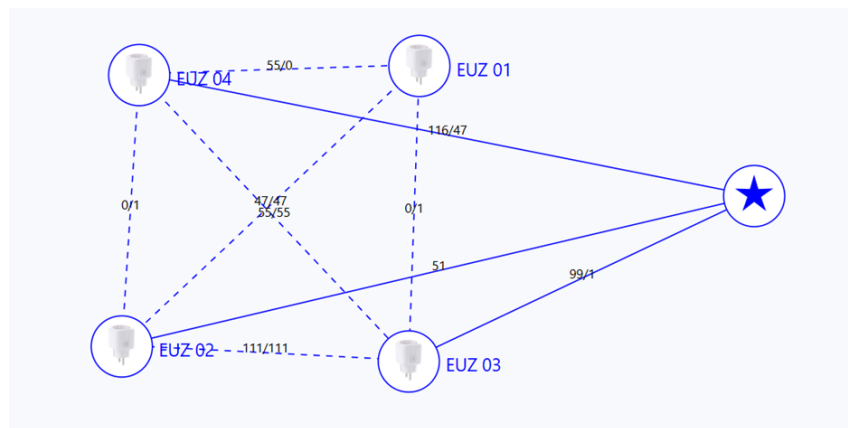
Hasil eksperimen ini berupa sebuah gambar atau peta yang diambil dari sebuah Aplikasi yang diambil dari sebuah Add on pada Home Assistant (HA). Aplikasi tersebut bernama Zigbee2MQTT yang merupakan sebuah “Open-source project” yang berfungsi untuk memberikan kemampuan kepada perangkat Zigbee untuk berkomunikasi dengan HA melalui MQTT (message quering telemetry transport) dan sekaligus user diizinkan untuk melakukan kontrol dan pengawasan beban listrik secara mudah. MQTT adalah protokol pengiriman pesan yang paling umum digunakan untuk Internet of Things (IoT yang dilengkapi dengan seperangkat aturan yang mendefinisikan bagaimana perangkat IoT dapat melakukan aktifitas “Publish dan Subscribe” terhadap data melalui Internet. Penggunaan Zigbee2MQTT menghasilkan sebuah gambar yang menunjukkan hubungan ZC dan Euz baik yang terhubung maupun yang tidak sekaligus menampilkan kuat sinyal dalam satuan Lqi (Link quality) yang bernilai antara 0-255.

A. Penempatan Euz pada Ruangan A

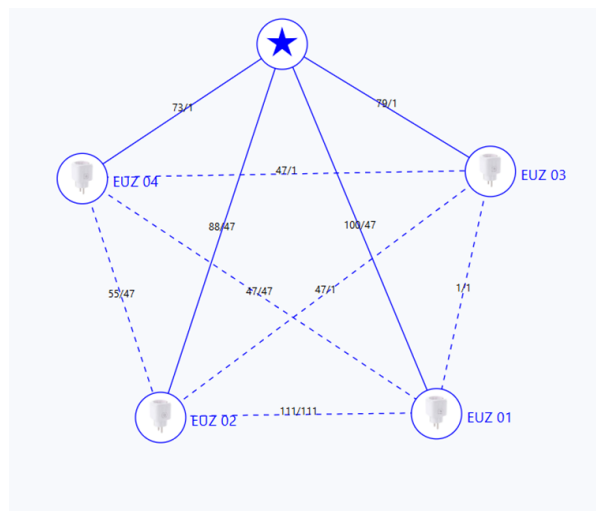
Penempatan Euz ditempatkan di beberapa lokasi yaitu R1,R2,R3,R4,R5,R6, dan R7 dengan beban listrik berupa lampu LED. Melalui Aplikasi Zigbee2MQTT diperoleh beberapa data kualitas koneksi Lqi dan hubungan antar perangkat (ZC dan Euz) seperti ditunjukkan pada gambar 7.



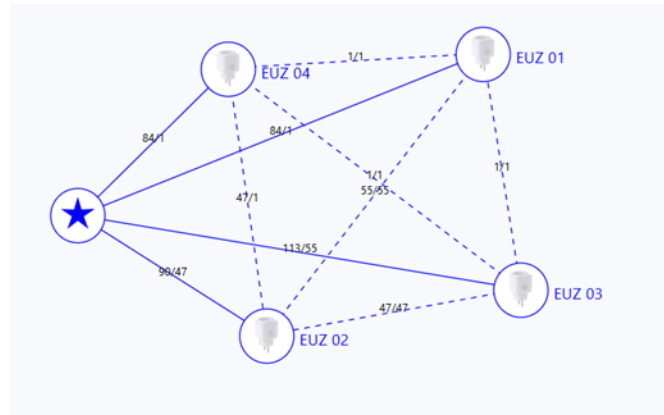
a). Euz I-R1, Euz 2-R2, Euz 3-R3, Euz 4-R4.



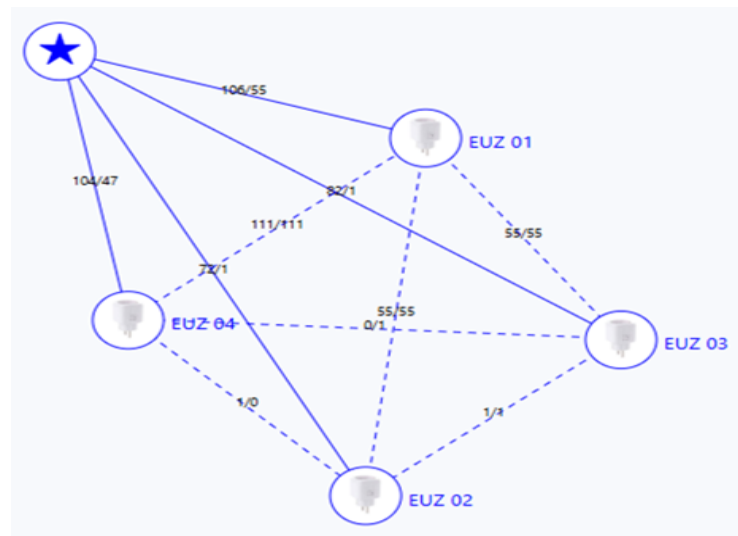
b). Euz4-R4, Euz 3-R5, Euz 2-R6, Euz 1-R7



c). Euz 1-R4, Euz 2-R5, Euz 3-R6, Euz 4-R7



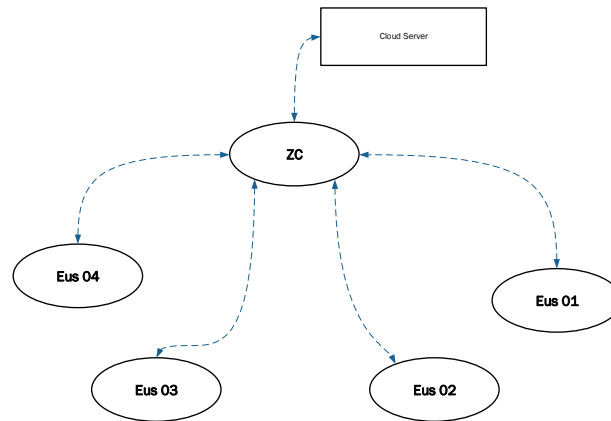
d). Euz 3-R4, Euz 4-R6, Euz 1-R7, Euz 2-R5



e). Euz 1-R5, Euz 2-R6, euz 3-R7, Euz 4-R4,

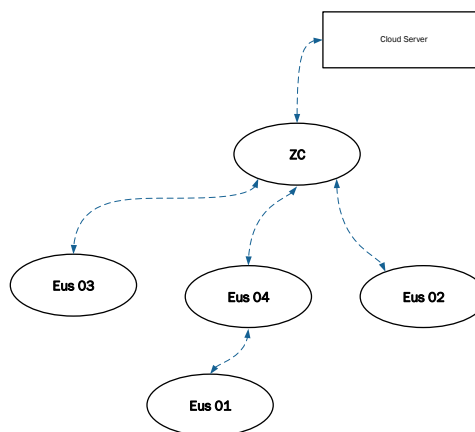
Gambar 7 Koneksitas dan Nilai Lqi pada peta Zigbe2MQTT di ruangan A

Secara garis besar hubungan atau koneksitas tiga hasil eksperimen (gambar 7 a,c,d dan e) antara ZC dan Euz adalah hubungan bintang karena ZC dapat terhubung langsung dengan garis penuh (solid line) pada semua Euz Seperti ditunjukkan pada gambar 8. Kualitas hubungan yang ditandai dengan Lqi masih dalam kategori baik yaitu diatas nilai 100 dari nilai tertinggi 255. Sedangkan nilai Lqi antar Euz adalah sangat bervariasi dan sangat tergantung pada jarak antar perangkat yang nilai lqi nya kurang dari 100.



Gambar 8 Pola hubungan Topologi bintang di ruangan A
(ekperimen a,c,d, dan e)

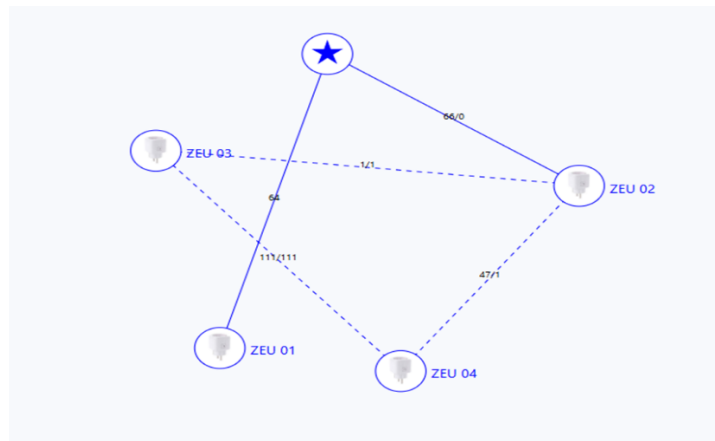
Sedangkan pada gambar 9b, hubungan antara ZC dan EUZ merupakan topologi Semi Cluster, Hubungan Semi Cluster ini terjadi karena terdapat satu buah ZUE yang tidak terhubung langsung dengan ZC, tetapi harus melalui sesama EUZ lainnya untuk mencapai ZC seperti ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9 Pola hubungan Topologi Semi Cluster di ruangan A
(ekperimen b)

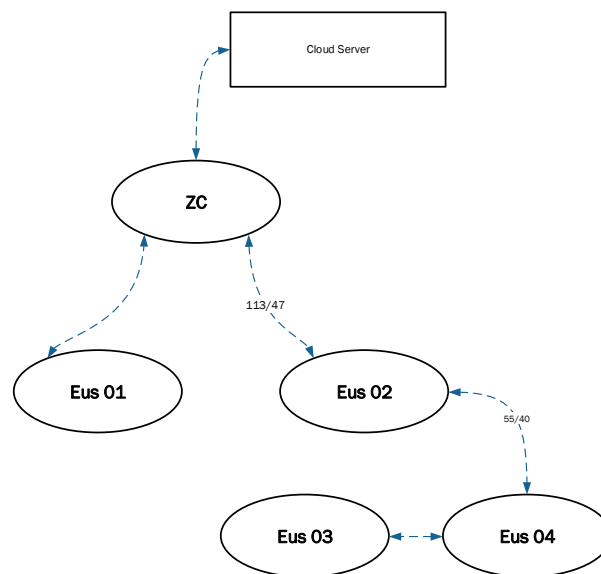
B. Penempatan Euz pada Ruangan B.

Penempatan Euz ditempatkan di beberapa lokasi yaitu R1(R....),R2(R....),R3(...),R4(R...), R5(R....), dan R6(R....) dengan beban listrik berupa lampu LED. Melalui Aplikasi Zigbee2MQTT diperoleh beberapa data kualitas koneksi Lqi seperti ditunjukkan pada gambar 10.



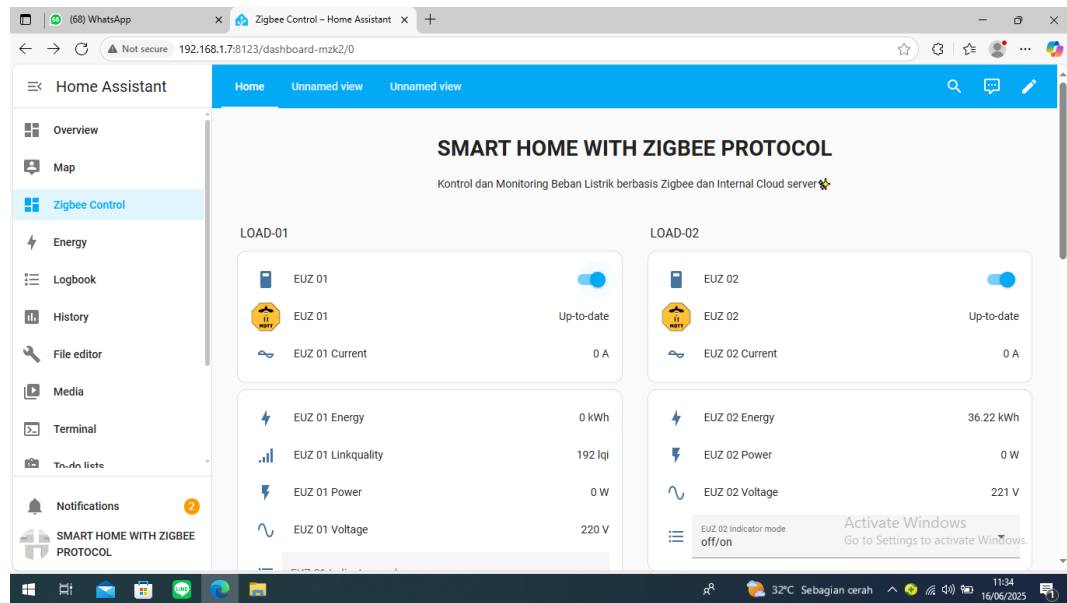
Gambar 10. Nilai Lqi pada peta Zigbee2MQTT di Rungan B

Hubungan atau konektifitas pada gambar 11 menunjukkan bahwa nilai Lqi antara ZC dan Euz dalam kategori relatif lebih kecil dibandingkan dengan penempatan di Laboratorium listrik, hal ini disebabkan karena penempatan ZC dengan Euz terhalang oleh tembok tinggi di Ruangan B. Walaupun demikian semua Euz masih dapat dilayani oleh ZC baik secara langsung atau tidak langsung yaitu melalui perantaraan Euz lainnya yang berdekatan. Hubungan langsung ZC dengan EUZ dan EUZ dengan Euz lainnya membentuk sebuah topologi yang menyerupai Cluster seperti ditunjukkan pada gambar 11.

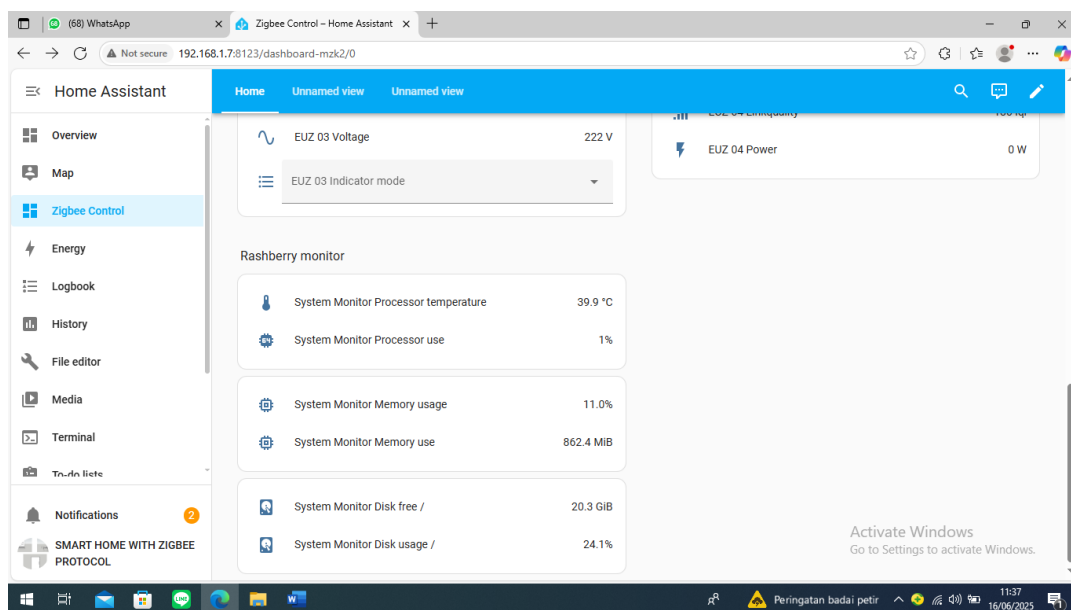


Gambar 11. Pola hubungan Topologi Semi Cluster di ruangan B

Pencapaian pada penelitian ini sebuah Sistem Kontrol dan Monitoring berbasis Protokol Zigbee dengan tampilan Dashboard ditunjukkan pada gambar 12. Sedangkan pengawasan terhadap Internal Cloud server ditunjukkan pada gambar 13.

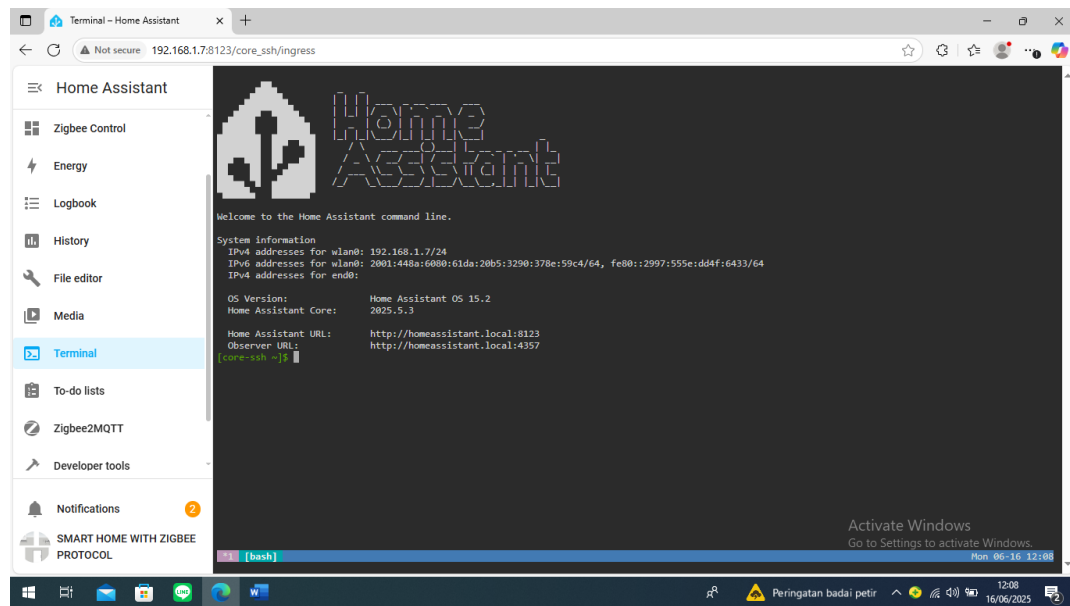


Gambar 12. Tampilan Dashboard Kontrol dan Monitoring Berbasis Zigbee



Gambar 13. Tampilan Monitoring Pada Rashberry sebagai Cloud server

Fasilitas lainnya yang dimiliki oleh Aplikasi kontrol dan monitoring tersebut adalah keberadaan Terminal dan SSH yang berfungsi untuk akses ke Server HA sebagai internal cloud untuk melakukan perubahan-perubahan yang diperlukan, mengetahui dan mengatasi problem-problem yang terjadi dengan tampilan pada gambar 14.



Gambar 14. Tampilan Terminal dan SHH

4. KESIMPULAN

Hasil eksperimen yang telah dilakukan menghasilkan Sistem Kontrol dan Monitoring Smart Home berbasis Protokol Zigbee dengan konfigurasi menggunakan topologi klaster dengan penggunaan Euz Zigbee yang tidak memiliki Lqi yang cukup kuat (kurang dari 55) dapat terhubung ke zigbee koordinator melalui Euz Zigbee yang lain nya yang memiliki Lqi yang lebih kuat (lebih dari 55) terhadap Zigbee Koordinatoor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ubong E. Etuk , Gabriel Omenaru, Saviour Inyang, Imeh Umoren, Towards Sustainable Smart Living: Cloud-Based IoT Solutions for Home Automation, Journal of Information Systems and Informatics, Vol. 5, No. 4, December 2023, pp. 1743-1763, DOI: 10.51519/journalisi.v5i4.62.R. Arulmozhiyal and K. Baskaran, "Implementation of a Fuzzy PI Controller for Speed Control of Induction Motors Using FPGA," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [2] Yuhan Du, Research on Security System of Smart Home Based on ZigBee, International Journal of Computer Science and Information Technology, Volume 4, Number 1, Year 2024, pp.37- 45, DOI: <https://doi.org/10.62051/ijcsit.v4n1.05>.
- [3] Vishwas K V , Abhishek V Tatachar , Shivane Kondur , Amith R, Varun Y C, Dr. Kiran Y C, Zigbee, It's Applications and Comparison with Other Short Range Network Technologies, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 10 Issue 06, June-2021, DOI : 10.17577/IJERTV10IS060412.

- [4] Naseem K. Baqer , Ali W. Abbas, Bassam A.Salih, Data and Management Traffic of IEEE 802.15.4 ZigBee-Based WSN, International Journal of Advanced Science Computing and Engineering, Vol. 6 No. 2, Jul 7 2024, pp. 80-83, DOI : <https://doi.org/10.62527/ijasce.6.2.210>.