

IoT Berbasis NodeMCU ESP8266 Sebagai *Decision Support System* Pengelolaan Energi Gedung Telkomsel Renon

Amien Harist Hardiansyah¹, I Nyoman Satya Kumara², Rukmi Sari Hartati³

[Submission: 29-02-2024, Accepted: 17-04-2024]

Abstract— The Telkomsel Renon Building serves as the regional telecommunications service office for the Bali and Nusa Tenggara area, covering an area of 5072 m² with a PLN power capacity of 555 kVA. PT Telkom is committed to reducing energy consumption by implementing ISO 50001 energy management. Despite this, the use of 14 smart meters is still manually conducted, leading to a lack of real-time energy usage information. PLN data indicates an average energy consumption from 2017 to 2023 of 628.271 kWh, with an average annual cost of Rp. 696.915.017. Factors such as electrical equipment, room size, activities within, and building insulation affect the building's energy consumption. Inappropriate activities relative to room capacity can lead to energy wastage. One solution proposed for accurately monitoring energy usage in real-time involves the development of an Internet of Things (IoT) based application using Blynk. IoT is implemented in large meeting rooms with Central Split Duct AC and small meeting rooms with Split Wall AC. Measurement results indicate significantly higher energy consumption in large meeting rooms, reaching 4207.83 kWh, compared to only 467.06 kWh in small meeting rooms for similar activities. Discussions with users of small meeting rooms revealed their comfort and successful achievement of meeting objectives. By utilizing small meeting rooms, energy consumption can be reduced by up to 88.9%. Based on these findings, recommendations for room usage SOPs have been formulated for the Telkomsel Renon Building to realize energy-efficient practices towards green building standards.

Keywords: Energy Management; Green Building; Internet of Things; Smart Meter

Intisari— Gedung Telkomsel Renon adalah kantor regional pelayanan telekomunikasi untuk wilayah Bali Nusra dengan luas Gedung 5072 m² dengan daya PLN berkapasitas 555 kVA. PT Telkom berkomitmen untuk mengurangi konsumsi energi dengan menerapkan manajemen energi ISO 50001. Penggunaan 14 smart meter masih dilakukan secara manual sehingga kurangnya informasi penggunaan energi secara real-time. Data PLN menunjukkan rata-rata konsumsi energi dari tahun 2017 hingga 2023 sebesar 628.271 kWh dengan biaya rata-rata Rp. 696.915.017 per tahun. Faktor seperti peralatan listrik, luas ruangan, aktivitas di dalamnya, dan selengkap bangunan mempengaruhi konsumsi energi gedung. Aktivitas yang tidak sesuai dengan kapasitas ruangan dapat menyebabkan pemborosan energi. Salah satu solusi untuk memantau penggunaan energi secara akurat dan real time, adalah dengan pengembangan Internet of Things (IoT) berbasis aplikasi Blynk. IoT diterapkan pada ruangan meeting besar dengan AC Central Split Duct dan ruangan meeting kecil dengan AC Split Wall. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa

konsumsi energi pada ruangan meeting besar jauh lebih tinggi mencapai 4207.83 kWh, dibandingkan dengan ruangan meeting kecil yang hanya 467.06 kWh untuk kegiatan yang sama. Hasil diskusi dengan user yang menggunakan ruang meeting kecil, didapat bahwa mereka merasa nyaman dan bisa mencapai tujuan kegiatan dengan baik. Dengan melakukan kegiatan diruangan kecil, konsumsi energi dapat diturunkan sebanyak 88.9 %. Berdasarkan hasil penelitian ini telah disusun rekomendasi SOP penggunaan ruangan di Gedung Telkomsel Renon untuk mewujudkan bangunan yang hemat energi menuju green building.

Kata Kunci: Green Building; Internet of Things; Manajemen Energi; Smart Meter

I. PENDAHULUAN

ISO 50001 merupakan sebuah standar internasional yang memberikan pedoman dan struktur bagi perusahaan dalam mengembangkan, menerapkan, dan menjaga sistem manajemen energi yang efektif. Fokusnya adalah membantu perusahaan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengurangi biaya energi, dan mengelola dampak lingkungan yang terkait dengan konsumsi energi. Aspek kunci dari manajemen energi sesuai dengan ISO 50001 meliputi integrasi sistem manajemen energi ke dalam operasional perusahaan, pengembangan kebijakan energi yang sesuai dengan tujuan dan target perusahaan, perencanaan yang komprehensif, implementasi tindakan sesuai dengan kebijakan energi, pemantauan dan pengukuran kinerja energi secara berkala, audit energi, evaluasi kepatuhan dan tinjauan manajemen, serta penekanan pada perbaikan berkelanjutan untuk mencapai keberlanjutan dalam manajemen energi, meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya operasional, dan mengurangi dampak lingkungan yang terkait dengan energi [1].

Telkom Indonesia telah meraih sejumlah penghargaan bergengsi di bidang *Green Building*, mencerminkan komitmen perusahaan terhadap keberlanjutan lingkungan dan praktik bisnis ramah lingkungan. Salah satu penghargaan utama adalah "*Green Building Award*" dari lembaga independen, mengakui prestasi Telkom Indonesia dalam merancang dan mengelola bangunan canggih dengan teknologi hijau seperti pemanfaatan energi matahari dan manajemen limbah. Penghargaan ini tidak hanya membanggakan perusahaan tetapi juga memberikan dorongan positif bagi industri lain untuk mengadopsi praktik berkelanjutan. Telkom Indonesia juga mendapatkan "*Platinum Certification*" dari *Green Building Council* Indonesia, menegaskan kepatuhan perusahaan terhadap standar tinggi dalam efisiensi energi, penggunaan bahan ramah lingkungan, dan manajemen air. Prestasi Telkom Indonesia bukan hanya tentang mengurangi jejak karbon dan dampak lingkungan,

¹Mahasiswa, Magister Teknik Elektro, Manajemen Energi Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. P.B Sudirman Denpasar-Bali 80234 INDONESIA (tlp: 08122564592; e-mail: amienharisthardiansyah@gmail.com)

^{2,3}Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. P.B Sudirman Denpasar-Bali 80234 INDONESIA (e-mail: satya.kumara@unud.ac.id; rukmisari@unud.ac.id;)



tetapi juga menjadi inspirasi bagi perusahaan lain untuk mengambil langkah serupa [2].

Dengan berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau secara *realtime* dan mengelola penggunaan energi dalam sebuah gedung. Perkembangan instrumen parameter listrik dan sistem perekam data memberikan kontribusi untuk memahami dan meningkatkan infrastruktur pengukuran parameter listrik [3]. Aplikasi IoT dalam manajemen energi, memberikan pemahaman mendalam tentang komponen-komponen yang terlibat dan menunjukkan kontribusi positif teknologi IoT dalam mengoptimalkan penggunaan energi secara efisien [4]. Dengan melakukan evaluasi aplikasi sensor pada sistem *monitoring* dan kontrol berbasis mikrokontroler Arduino, memberikan gambaran komprehensif tentang keragaman sensor yang dapat diintegrasikan dengan Arduino [5]. Implementasi konsep *green building* di Telkom *Landmark Tower*, Jakarta, memberikan rekomendasi untuk peningkatan penerapan *green building* guna meningkatkan kualitas lingkungan dan efisiensi sumber daya di gedung tersebut [2]. Tentunya mencerminkan upaya konkret dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendorong pembangunan berkelanjutan di Indonesia dan sebagai langkah signifikan menuju pembangunan berkelanjutan dengan meminimalkan pengeluaran energi, biaya, dan dampak lingkungan [6],[30]. Pengembangan sistem pemantauan konsumsi daya listrik, memfasilitasi manajemen konsumsi energi listrik yang efisien dan kontrol sambungan listrik dengan pemantauan berbasis IoT, memberikan pemahaman tentang penggunaan energi secara *realtime* dan efisiensi penggunaan energi [7],[8]. Dengan merancang alat pemantauan energi memberikan pemahaman tentang akurasi alat pemantauan yang dapat digunakan untuk pemantauan energi listrik secara *realtime* melalui *smartphone* [9]. Pentingnya efisiensi energi pada operasional bisa menghemat biaya energi. Salah satu pendekatan yang diusulkan adalah dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau konsumsi energi secara *realtime* [10]. Dengan pentingnya penerapan IoT bisa menjadi langkah untuk manajemen energi sebagai *Decision Support System* (DSS) dalam menghadapi peningkatan konsumsi energi dalam ekosistem industri [11].

Dari hasil pengamatan berbagai sumber diatas didapatkan bahwa saat ini sudah ada banyak teknologi yang memantau dengan teknologi *Internet of Things*, tetapi belum ada gedung yang menggunakan teknologi monitor dan mengetahui konsumsi energi pada masing masing komponen peralatan yang ada di suatu gedung tersebut secara spesifik, seperti konsumsi pada komponen yang terhubung stopkontak, penerangan, AC *Split Wall*, AC *Split Duct*, UPS secara kompleks. Konsumsi energi yang ada disuatu gedung biasanya diketahui dari pengukuran manual kemudian pembacaan meteran listrik terpusat secara keseluruhan. sehingga perlu dikembangkan teknologi *Internet of Things* berbasis Blynk yang bisa memonitor keseluruhan konsumsi energi pada masing masing komponen peralatan pada gedung, sehingga bisa lebih detail mengetahui karakteristik penggunaan energi guna mencapai gedung yang hemat energi menuju *green building*.

Penelitian memiliki beberapa tujuan utama, antara lain adalah memahami pola penggunaan energi bangunan, merancang dan

ujicoba penerapan IoT sebagai DSS pengelolaan energi, serta menghasilkan rekomendasi penggunaan ruangan agar konsumsi energi bisa minimum dan tujuan operasional Perusahaan dapat dicapai secara efektif. Pengembangan *Internet Of Things* sebagai *Decision Support System* (DSS) menjadi kesadaran dan partisipasi pengguna gedung dalam praktik hemat energi serta mendorong pengembangan kebijakan internal. Mengadopsi metode pemantauan dan evaluasi yang lebih canggih guna meningkatkan efisiensi energi secara berkelanjutan, termasuk melalui teknologi *monitoring* dan kontrol otomatis serta melalui penelitian dan pengembangan terus-menerus terkait inovasi *green building*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Manajemen Energi

Manajemen energi pada peralatan listrik adalah strategi untuk mengontrol dan mengoptimalkan penggunaan energi listrik dengan mengatur pemakaian peralatan listrik. Kontrol energi melibatkan upaya untuk mengurangi total konsumsi energi dalam satuan kilowatt-hour (kWh) atau kadang-kadang dalam satuan kilovolt-ampere (kVA). Beberapa metode umum kontrol energi termasuk distribusi listrik yang otomatis, penurunan tingkat pencahayaan, pengaturan waktu penggunaan peralatan listrik, dan pengaturan langsung penggunaan peralatan listrik itu sendiri. Dalam konteks ini, manajemen peralatan listrik berfokus pada strategi untuk mengendalikan penggunaan energi listrik secara efisien dengan cara-cara seperti mengotomatiskan distribusi listrik, mengurangi intensitas pencahayaan, mengatur waktu penggunaan peralatan listrik, dan mengontrol langsung penggunaan peralatan tersebut. Ini bertujuan untuk mengurangi total konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik [12].

B. Green Building

Pemerintah Provinsi Bali telah mengeluarkan pedoman teknis untuk bangunan *green building*, yang terintegrasi dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 21 Tahun 2021, bertujuan mendorong implementasi konsep bangunan hijau di wilayah tersebut. Pedoman ini menetapkan standar dan persyaratan teknis yang mencakup efisiensi energi, kualitas udara dalam ruangan, pengelolaan lahan, pengelolaan limbah, dan pelaksanaan konstruksi yang berkelanjutan. Dalam aspek efisiensi energi, pedoman menekankan penggunaan teknologi hemat energi seperti pemanas air tenaga surya dan pencahayaan LED, sambil mendorong desain yang mengoptimalkan penggunaan energi dan meminimalkan limbah energi. Selain itu, pedoman ini memperhatikan kualitas udara dalam ruangan dengan memperkenalkan sistem ventilasi yang efektif, pengaturan suhu yang efisien, dan penggunaan bahan bangunan ramah lingkungan untuk menciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman bagi penghuni [13], [14].

C. Smart Building

Smart building merupakan konsep inovatif dalam arsitektur yang memanfaatkan teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, keamanan, dan keberlanjutan bangunan. Dengan mengintegrasikan sistem seperti pencahayaan, pemanasan, ventilasi, keamanan, dan manajemen energi. *Smart building* dapat dioperasikan secara otomatis atau

jarak jauh melalui *smartphone*. Sensor pintar digunakan untuk mengumpulkan data lingkungan yang berguna untuk mengoptimalkan operasi bangunan, seperti mengatur suhu dan pencahayaan. Selain itu, *smart building* memberikan informasi *real-time* kepada pengelola, seperti cuaca, lalu lintas, atau jadwal transportasi umum, membuatnya menjadi konsep vital dalam arsitektur masa depan. Dalam konteks keamanan, *smart building* juga menonjol dengan sistem keamanan pintar yang dapat mengidentifikasi ancaman atau kejadian mencurigakan serta memberikan respons cepat. Selain itu, konsep ini memiliki dampak positif pada keberlanjutan dengan memanfaatkan sistem manajemen energi yang cerdas untuk mengurangi konsumsi listrik dan air, serta memanfaatkan sumber energi terbarukan [15].

D. Komponen *Internet of Things*

NodeMCU ESP8266 merupakan mikrokontroler yang dapat diprogram dan diintegrasikan dengan komponen elektronika lainnya, dilengkapi dengan fitur konektivitas *WiFi* untuk mendukung *Internet of Things* (IoT). Kemampuan *WiFi* ini memungkinkan pengendalian komponen dari jarak jauh melalui koneksi internet [16], [17], [18], [19], [20].

Sensor PZEM-004T berperan sebagai alat pengukur yang menyediakan fungsi pengukuran tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya pada jaringan listrik, seperti di rumah atau gedung. Keberagaman fungsi yang dimilikinya membuat PZEM-004T menjadi pilihan ideal untuk proyek atau eksperimen yang memerlukan alat pengukur daya. PZEM-004T juga tersedia dalam varian 100 *ampere* dengan model *current transformer split core*, yang memberikan keunggulan kemudahan penggunaan, karena dapat langsung dipasang pada kabel jaringan listrik yang sudah terpasang tanpa perlu melepas kabel tersebut. Kemudahan pemrograman menjadi salah satu fitur unggulannya, di mana modul ini dapat dengan mudah diintegrasikan dengan berbagai jenis *board* mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, STM32, WeMos, NodeMCU, Raspberry Pi, dan sejenisnya, melalui komunikasi serial TTL [21], [22], [23], [24].

Blynk merupakan sebuah *platform* aplikasi yang ditujukan untuk sistem operasi *mobile* seperti iOS dan Android. Tujuannya adalah untuk mengendalikan modul Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan modul sejenisnya melalui internet. Aplikasi ini menyediakan wadah kreatifitas dengan memungkinkan pembuatan *interface* grafis untuk proyek dengan metode *drag and drop widget*. Penggunaannya sangat sederhana, memungkinkan pengaturan yang efisien dalam waktu kurang dari 5 menit. Blynk tidak terikat pada papan atau modul tertentu, memungkinkan pengendalian dari jarak jauh kapanpun dan di mana pun, selama terhubung dengan internet melalui koneksi yang stabil, menciptakan sistem *Internet of Things* [25], [26], [27], [28], [29].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian manajemen energi di Gedung Telkomsel Renon dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti yang ditunjukkan dalam skematik Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1: Flowchart Penelitian

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa penelitian dimulai dengan studi pendahuluan dan pengumpulan data sekunder untuk mendapatkan informasi tentang Gedung Telkomsel Renon dan konsumsi energinya dari data PLN tahun 2017-2023. Langkah berikutnya adalah pengumpulan data primer melalui observasi konsumsi energi menggunakan 14 *smart meter* dan wawancara untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi konsumsi energi yang besar di dalam Gedung Telkomsel *Smart Office* Renon. Setelah itu dikembangkan *Internet of Things* yang menggunakan sensor PZEM004t berbasis aplikasi Blynk untuk membandingkan konsumsi energi penggunaan ruang *meeting* besar dengan AC *Split Duct* dan ruang *meeting* kecil dengan AC *Split Wall*. Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif dan komparatif, yang menghasilkan efisiensi energi setelah penerapan manajemen energi penggunaan ruang *meeting* besar dan ruang *meeting* kecil sesuai kapasitas *user*. Hasil analisis tersebut digunakan untuk merumuskan kesimpulan dan rekomendasi *Standard Operating Procedure* (SOP) penggunaan ruangan, dengan tujuan mencapai gedung dengan kategori hemat energi dan bisa mendukung *green building* di Gedung Telkomsel *Smart Office* Renon Denpasar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kondisi Eksisting

Gedung Telkomsel Renon telah menerapkan beberapa langkah untuk mengurangi konsumsi energi, termasuk manajemen energi sesuai dengan standar ISO 50001 dan penggunaan *smart meter*. Namun, kelemahan terjadi karena pembacaan data dilakukan secara manual dan tidak *realtime*, menyebabkan pengelola bangunan sulit untuk mengidentifikasi penggunaan energi yang tinggi secara tepat waktu. Data konsumsi energi rata-rata dari 2017 hingga 2023 menunjukkan bahwa konsumsi energi pada bangunan ini terpengaruh oleh berbagai faktor, termasuk peralatan listrik, luas ruangan, dan aktivitas di dalamnya. Penggunaan IoT berbasis aplikasi Blynk berguna untuk memantau konsumsi energi secara *realtime* pada ruangan *meeting* besar dan *meeting* kecil guna mengetahui konsumsi energi dan membantu penurunan energi yang signifikan.



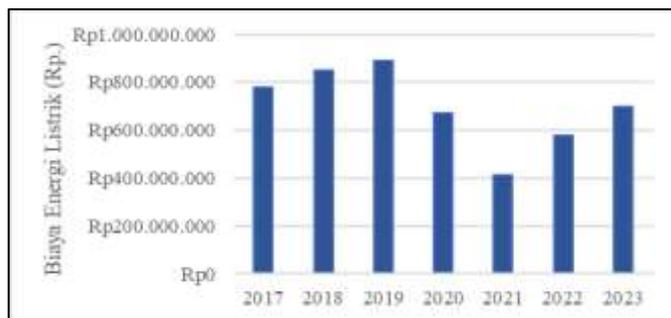
B. Konsumsi Energi Berdasarkan Data PLN 2017-2023

Dibawah ini adalah Tabel 1 tentang riwayat data pertahun konsumsi energi listrik dengan data PLN tahun 2017-2023 sebagai berikut:

TABEL I
DATA KONSUMSI ENERGI GEDUNG TELKOMSEL 2017-2023

No	Tahun	Energi (kWh)	Luas Gedung (m ²)	Biaya Energi
1	2017	697.140	5072	Rp777.797.794
2	2018	775.780	5072	Rp848.977.077
3	2019	814.660	5072	Rp890.719.011
4	2020	605.180	5072	Rp671.851.287
5	2021	361.800	5072	Rp414.597.040
6	2022	515.900	5072	Rp577.022.668
7	2023	627.440	5072	Rp697.440.245

Pada Tabel 1 dilihat bahwa dalam kurun waktu 2017 hingga 2023, terdapat perubahan signifikan dalam konsumsi energi gedung Telkomsel Renon. Pada tahun 2017, konsumsi energi mencapai 697.140 kWh dengan biaya energi sekitar Rp777.797.794. Namun, tahun demi tahun, terjadi fluktuasi yang cukup mencolok. Pada tahun 2018, terjadi peningkatan signifikan dalam konsumsi energi menjadi 775.780 kWh dengan biaya energi mencapai Rp848.977.077. Peningkatan ini dapat dipahami sebagai dampak dari pertumbuhan atau perubahan dalam operasional gedung tersebut. Namun, pada tahun 2019, meskipun konsumsi energi tetap tinggi sebesar 814.660 kWh, terjadi peningkatan biaya energi menjadi Rp890.719.011. Hal ini mungkin disebabkan oleh kenaikan tarif energi atau perubahan dalam strategi efisiensi energi. Pada tahun 2020, terjadi penurunan yang cukup drastis dalam konsumsi energi menjadi 605.180 kWh dengan biaya energi Rp671.851.287. Penurunan ini disebabkan oleh *Work From Home* (WFH) sebagian karyawan karena pandemi COVID-19. Tren penurunan ini berlanjut pada tahun 2021, di mana konsumsi energi menjadi 361.800 kWh dengan biaya energi Rp414.597.040. Penyebabnya adalah karena masih berlanjutnya kegiatan WFH semua karyawan pada masa pandemi. Namun, pada tahun 2022, terjadi kenaikan konsumsi energi menjadi 515.900 kWh dengan biaya energi Rp577.022.668. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan atau perubahan dalam kebutuhan operasional dan mulainya WFO (*Work From Office*). Pada tahun 2023, konsumsi energi kembali meningkat menjadi 627.440 kWh dengan biaya energi mencapai Rp697.440.245. Penyebabnya tentunya karena karyawan sudah bekerja secara normal dan pandemi COVID-19 sudah berakhir.



Gambar 2: Biaya Konsumsi Energi TSO Renon Data PLN

Pada Gambar 2 Bisa dilihat tren peningkatan dan penurunan konsumsi energi listrik Gedung Telkomsel. Peningkatan ini bisa menjadi fokus evaluasi untuk memastikan bahwa upaya efisiensi energi terus dijaga. Secara keseluruhan, analisis tersebut mencerminkan dinamika kompleks konsumsi energi Gedung Telkomsel Renon dari tahun 2017 hingga 2023, dengan beberapa tahun mengalami peningkatan dan penurunan. Evaluasi terus menerus dan perbaikan dalam efisiensi energi mungkin diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi biaya operasional.

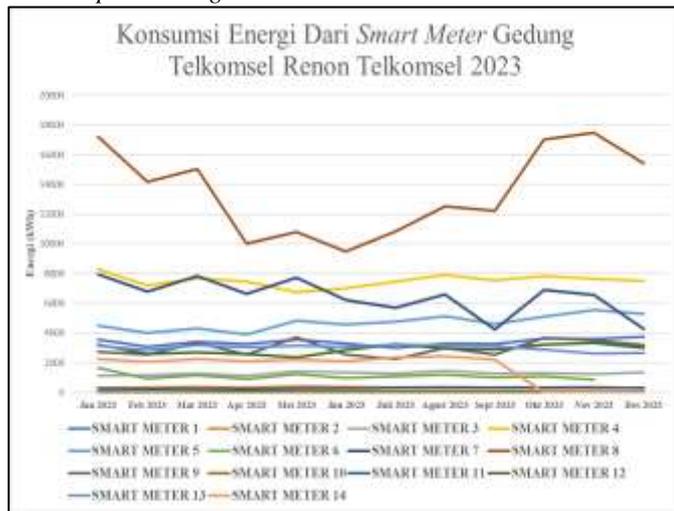
C. Konsumsi Energi Dari Data Smart Meter Secara Manual

Sebelum melakukan pengembangan *monitoring* konsumsi energi listrik menggunakan *Internet of Things*, terlebih dahulu mengetahui penyebab konsumsi energi listrik yang tinggi. Sebelumnya sudah dijelaskan bahwa di Gedung Telkomsel Renon telah dipasang 14 *smart meter* untuk semua komponen peralatan yang ada di dalam Gedung. Penerapan pemasangan 14 *smart meter* ini sebelumnya belum pernah ada diterapkan di dalam gedung manapun, penerapan ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja masing-masing peralatan dan bisa lebih cepat melakukan evaluasi untuk melakukan penghematan. Dengan adanya *smart meter* ini, identifikasi permasalahan dan penyebab penggunaan konsumsi energi yang tidak efisien dengan cepat bisa diketahui. Berikut Tabel 2 adalah penjelasan pembagian masing-masing *smart meter* dan lokasinya:

TABEL II
ALOKASI 14 SMART METER TELKOMSEL RENON

Nomor Smart Meter	Lokasi	Peralatan
Smart Meter 1	Basement Lantai 1	Lampu, Dispenser, Kulkas, Laptop, FAP, CCTV & AC Split Wall, Hand Dryer
Smart Meter 2	Lantai 2	Lampu, Dispenser, Kulkas, Laptop, & AC Split Wall, Hand Dryer
Smart Meter 3	Lantai 3	Lampu, Dispenser, Laptop, & AC Split Wall, Hand Dryer
Smart Meter 4	Lantai 1	Lampu, Dispenser, Kulkas, Laptop, Perangkat Server, mesin fotocopy
Smart Meter 5	Lantai 2	Lampu, Dispenser, Kulkas, Laptop, AC Split Wall, Perangkat Server Hub, mesin fotocopy
Smart Meter 6	Lantai 3	Lampu, Dispenser, Kulkas, Laptop, AC Split Wall, Perangkat Server Hub, mesin fotocopy
Smart Meter 7	Lantai 1	AC Central Split Duct
Smart Meter 8	Lantai 2	AC Central Split Duct
Smart Meter 9	Lantai 3	AC Central Split Duct
Smart Meter 10	Lantai 3	Perangkat Lift Barang
Smart Meter 11	Lantai 3	Perangkat Lift Office / Passenger
Smart Meter 12	Lantai 1 Lantai 2 Lantai 3	AC Perangkat Server 1, 2 dan 3
Smart Meter 13	Lantai 1	Perangkat Rectifier UPS
Smart Meter 14	RoofTop	Tower BTS Gedung TSO

Pada Tabel 2 dapat dikelompokkan bahwa beragam peralatan yang membutuhkan sumber listrik, seperti laptop, mesin fotokopi, kulkas, dan pemanas air, termasuk dalam kategori yang terhubung ke stopkontak. Untuk menjaga keamanan dan efisiensi energi, pada malam hari, peralatan yang menggunakan stopkontak secara berkala dilepas. Sementara itu, penerangan di seluruh lantai Gedung Telkomsel Renon terdiri dari berbagai jenis lampu. Berikut adalah grafik besaran konsumsi energi Gedung Telkomsel Renon yang di catat melalui *smart meter* dimasing-masing lantai:



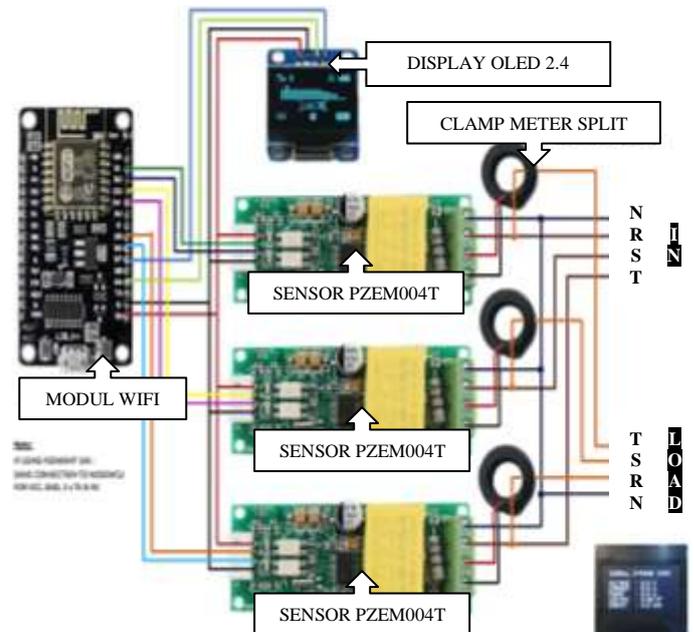
Gambar 3: Observasi Konsumsi Energi Dari 14 Smart Meter

Secara umum dari data grafik pada Gambar 3 di atas bisa dilihat bahwa konsumsi energi perbulan yang dicatat secara manual sebanyak 2 kali sehari pada pukul 07:00-18:00 WITA, konsumsi energi yang paling besar adalah konsumsi yang dicatat oleh smart meter 8. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa smart meter 8 mengukur energi dari AC Central Split Duct yang berada dilantai 2. Gedung lantai 2 merupakan ruang kerja dengan aktifitas yang sangat konsisten dengan jumlah karyawan yang banyak lembur dibandingkan dengan ruang kerja lantai 3, sedangkan penggunaan AC Split Duct lantai 1 digunakan secara konsisten oleh pelayanan Grapari dan area loby resepsionist dengan 3 buah AC Central Split Duct 15 PK. Pemasangan 14 smart meter tidak menunjukkan kapan terjadinya pemborosan, karena smart meter tidak dilengkapi pemantauan realtime, sehingga dibuatlah rancangan IoT yang dapat menunjukkan kapan terjadi pemborosan dengan mengetahui karakteristik konsumsi energi pada masing-masing komponen peralatan di Gedung secara lebih akurat dan realtime.

D. Desain IoT Sebagai Alat Monitor Energi Real Time

Gedung Telkomsel Renon memiliki sistem kelistrikan dengan beban trafo 555 kVA dan genset cadangan 600 kVA untuk menjaga keberlanjutan pasokan listrik. Dalam upaya meningkatkan pengelolaan, Gedung Telkomsel telah mengadopsi solusi monitoring dengan teknologi Internet of Things (IoT) secara realtime. Melalui teknologi ini, pengelola gedung dapat memantau kondisi beban trafo dan performa genset secara akurat, memungkinkan identifikasi gangguan atau kebutuhan perawatan dengan cepat untuk mendukung kehandalan dan efisiensi sistem kelistrikan. Pengamatan ini bertujuan untuk membandingkan menggunakan metode komparatif deskriptif mengenai sistem kinerja AC Central Split Duct pada ruang meeting besar dan AC Split Wall pada ruang meeting kecil melalui pemantauan menggunakan Internet of Things (IoT) dengan aplikasi Blynk secara realtime. Melibatkan teknologi terkini, eksperimen ini tidak hanya mencakup pengukuran konsumsi energi dan efisiensi, tetapi juga memfokuskan pada kemampuan pemantauan yang tepat waktu. Dengan interface aplikasi Blynk, data pemantauan Amien Harist Hardiansyah: IoT Berbasis NodeMCU ESP8266...

dapat diakses secara langsung, memungkinkan analisis kinerja AC secara langsung dan mendalam. Eksperimen ini memberikan wawasan yang berharga sebagai Decision Support System (DSS) untuk mendukung pemilihan pendingin yang optimal sesuai dengan kebutuhan energi dan efisiensi operasional. Berikut adalah rancangan IoT sebagai monitoring energi Gedung Telkomsel Renon:



Gambar 4: Skematik Monitoring 3 Fase 3 Sensor PZEM004t Wirelles IoT

Pada Gambar 4 terdapat satu buah sensor NodeMCU ESP8266 sebagai modul WiFi, sensor PZEM004t sebanyak 3 buah sebagai pembaca energi (kWh) serta 3 buah clamp meter pada masing masing fasa pada panel dan display pada OLED 2.4 Inchi sebagai monitoring.

Dalam Tabel 3 disajikan spesifikasi teknis komponen IoT yang digunakan dalam penelitian ini:

TABEL III
 KOMPONEN IoT

No	Komponen	Spesifikasi
1	NodeMCU ESP8266	Mikrokontroler ESP8266 dengan modul WiFi, 4MB Flash, 80MHz CPU, 32MB RAM.
2	Sensor PZEM004t 100 Amper	Sensor arus AC dengan rentang pengukuran hingga 100 ampere, akurasi tinggi, komunikasi serial.
3	Split Core Clamp 100 Amper	Klip pembagi dengan kemampuan membuka untuk memudahkan pemasangan pada kabel listrik hingga 100 amper masing-masing fasa
4	Capit Buaya R,S,T	Klem penyambung untuk menghubungkan sensor PZEM004t dengan NodeMCU ESP8266, dengan konektor yang sesuai.
5	LM2595 Step Down DC	Regulator tegangan step-down dengan input 3.2V - 40V dan output yang dapat diatur hingga 1.25V - 37V.
6	Display OLED TFT 2.4 Inchi	Layar OLED TFT dengan resolusi 128x64 piksel, ukuran 2.4 inci, dengan kemampuan tampilan warna.
7	Aplikasi Blynk	Aplikasi mobile untuk monitoring dan kontrol IoT dengan antarmuka pengguna yang dapat disesuaikan.
8	Arduino Uno	Mikrokontroler ATmega328P dengan 14 pin input/output digital, 6 pin input analog, 16 MHz clock speed.



Berikut Gambar 5 adalah tampilan perangkat IoT pada *display* OLED 2.4 inci dan pada *interface* Aplikasi Blynk:



(a)



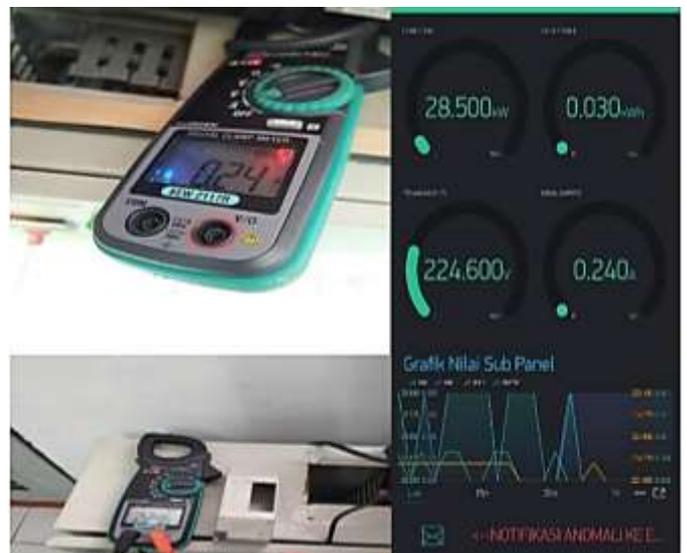
(b)



(c)

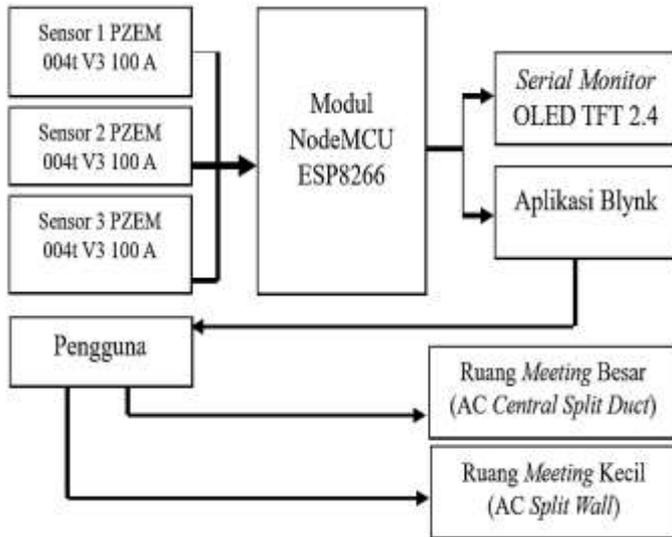
Gambar 5: (a) *Display* OLED TFT 2.4, (b) Purwarupa IoT, (c) *User Interface* Blynk

Pada Gambar 5a tampilan data *monitoring* bisa dilihat secara keseluruhan, kemudian pada Gambar 5b purwarupa yang sudah dirancang akan dipasang pada panel listrik Gedung untuk melakukan perekaman data secara *realtime*, sedangkan pada Gambar 5c data yang ditampilkan untuk *monitoring* pada aplikasi blynk yang menampilkan data sesuai dengan *display* pada *prototipe* dan bisa memilih data yang akan digunakan sebagai bahan penelitian, dalam hal ini data konsumsi energi (kWh). Pada Gambar 5c bisa dilihat bahwa grafik energi (kWh) pada pengukuran AC *Split* yang terlihat fluktuatif, itu dipengaruhi oleh jumlah karyawan dan juga suhu luar ruangan yang mempengaruhi kinerja kompresor AC. Alat *monitoring* konsumsi energi ini, dirancang dan dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things (IoT)* dan aplikasi Blynk, bertujuan untuk memberikan pemantauan *realtime* terhadap konsumsi listrik AC 1 *Phase* (220V) dan AC 3 *Phase* (380V/400V). Dengan menggunakan komponen utama seperti *Box Clear*, modul NodeMCU ESP8266, dan layar TFT Color 2.4 inci, serta sensor PZEM-004T untuk AC 3 *Phase*, alat ini dapat memberikan pembacaan konsumsi energi yang akurat dan dapat diandalkan. Selain pemantauan *online* melalui jaringan internet, *WiFi*, atau 4G, alat ini menyediakan layar *display* langsung untuk memantau konsumsi energi, memberikan visibilitas tinggi terhadap penggunaan listrik. Dengan kemampuan monitor arus, tegangan, daya, frekuensi, dan energi pada aplikasi Blynk, alat ini tidak hanya memberikan informasi terperinci tetapi juga berfungsi sebagai alat efektif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mendukung praktik berkelanjutan dan ramah lingkungan. Sebelumnya, dilakukan pengujian manual menggunakan tang amper untuk kalibrasi alat agar menghasilkan data yang akurat. Pada pengukuran, seluruh fitur bisa terlihat secara langsung sebagai monitor, memungkinkan identifikasi pola penggunaan energi yang tidak efisien dan pengambilan langkah korektif. Alat ini tidak hanya memberikan informasi tentang konsumsi energi tetapi juga berperan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mendukung praktik yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan pada sistem AC 3 *Phase* 380V/400V. Berikut adalah tampilan kalibrasi pada aplikasi Blynk yang dilakukan di Gedung Telkomsel Renon:



Gambar 6: Kalibrasi Sistem IoT dengan Tang Amper KEW 2117R

Pada Gambar 6. sebelum menggunakan alat *Internet of Things*, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu secara manual menggunakan tang amper Kyoritsu KEW 2117R yang memiliki spesifikasi sangat lengkap untuk membandingkan IoT sesuai dengan alat manual supaya hasil yang didapatkan akurat. Untuk penelitian ini data yang dipakai hanya data konsumsi energi (kWh). Pada saat pengukuran semua fitur bisa langsung terlihat pada *display*. Sehingga bisa diketahui hasil pengukuran keseluruhan dan juga memilih dan mengambil data yang diperlukan sesuai kebutuhan. Dari perencanaan dan rancangan tersebut. Tahapan system monitoring dengan IoT dapat dijelaskan dalam diagram Gambar 7.



Gambar 7: Diagram Blok Pemantau Konsumsi Energi

Pada Gambar 7 diagram blok di atas dapat dijelaskan bahwa modul NodeMCU ESP8266 dikombinasikan dengan 3 buah sensor PZEM004t dan ditampilkan didalam *interface* Blynk dan juga OLED TFT 2.4 inci. Alat ini dipasang untuk memantau dan membandingkan penggunaan ruang *meeting* besar & ruang *meeting* kecil untuk kapasitas penggunaan ruangan lembur yang mencakup pendingin ruangan.

E. Monitoring Konsumsi Energi Berbasis IoT

Setelah IoT selesai dirancang, diuji coba, dan dikalibrasi, dilakukan eksperimen untuk memonitor konsumsi energi pada ruang *meeting* besar dan kecil di Gedung Telkomsel Renon. Konsumsi energi pada ruang *meeting* besar dilengkapi dengan AC *Central Split Duct* dan ruang *meeting* kecil dilengkapi dengan AC *Split Wall* dipantau selama 4 minggu pada jam lembur antara pukul 18:00-22:00 WITA pada akhir Oktober dan awal November 2023. Berikut Tabel 4 adalah hasil pemantauan menggunakan *Internet of Things* penggunaan ruangan:

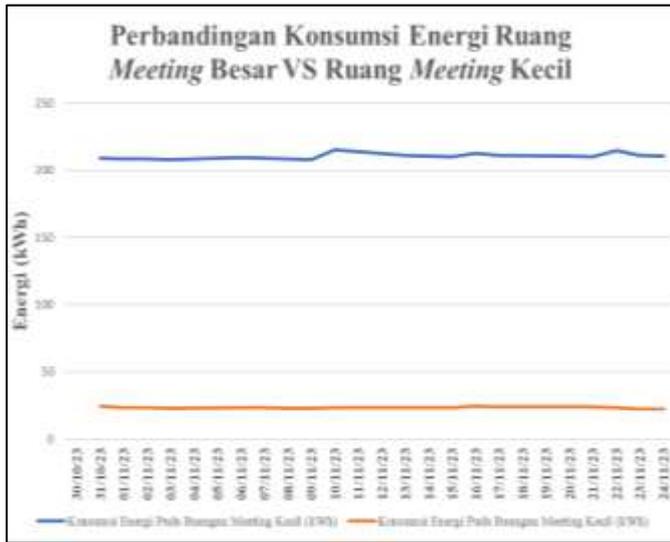
TABEL IV
 HASIL PEMANTAUAN KONSUMSI ENERGI JAM 18:00-22:00 WITA
 PADA RUANG *MEETING* BESAR & KECIL

Tanggal Pengamatan	Suhu	Jumlah Jam Lembur	Konsumsi Energi Pada Ruang Meeting Besar (kWh)	Konsumsi Energi Pada Ruang Meeting Kecil (kWh)	Selisih Energi (kWh)	Penurunan Energi (%)
30/10/2023	22 °C	4 Jam	209,13	24,32	184,81	88,37%
31/10/2023	23 °C	4 Jam	208,67	23,2	185,47	88,88%
01/11/2023	24 °C	4 Jam	208,33	23,14	185,19	88,89%
02/11/2023	25 °C	4 Jam	207,92	23,07	184,85	88,90%
03/11/2023	22 °C	4 Jam	209,33	23,26	186,07	88,89%
06/11/2023	23 °C	4 Jam	208,93	23,19	185,74	88,90%
07/11/2023	24 °C	4 Jam	208,47	23,11	185,36	88,91%
08/11/2023	25 °C	4 Jam	208,07	23,05	185,02	88,92%
09/11/2023	22 °C	4 Jam	215,33	23,58	191,75	89,05%
10/11/2023	23 °C	4 Jam	211,07	23,49	187,58	88,87%
13/11/2023	24 °C	4 Jam	210,6	23,42	187,18	88,88%
14/11/2023	25 °C	4 Jam	210,2	23,34	186,86	88,90%
15/11/2023	22 °C	4 Jam	212,67	24,22	188,45	88,61%
16/11/2023	23 °C	4 Jam	211,23	24,13	187,1	88,58%
17/11/2023	24 °C	4 Jam	210,7	24,05	186,65	88,59%
20/11/2023	25 °C	4 Jam	210,31	23,94	186,37	88,62%
21/11/2023	22 °C	4 Jam	214,73	23,37	191,36	89,12%
22/11/2023	23 °C	4 Jam	211,11	22,43	188,68	89,38%
23/11/2023	24 °C	4 Jam	210,68	22,37	188,31	89,38%
24/11/2023	25 °C	4 Jam	210,35	22,3	188,05	89,40%
TOTAL PERBULAN			4207,83	466,97	3740,85	88,90%

Berdasarkan Tabel 4 data pengamatan konsumsi energi pada ruang *meeting* besar dengan AC *Central Split Duct* dan ruang *meeting* kecil dengan AC *Split Wall* pada rentang suhu 22 hingga 25 derajat celsius, terlihat bahwa ada perbedaan konsumsi energi yang signifikan pada ruang *meeting* kecil dengan ruang *meeting* besar untuk melakukan kegiatan operasional usaha yang sama. Pada hari senin 30 Oktober 2023 dengan pengaturan suhu 22 derajat celsius, terlihat konsumsi energi pada ruang *meeting* kecil hanya sebesar 24.32 kWh, sementara ruang *meeting* besar mencapai 209.13 kWh. Selisih energi antara keduanya mencapai 184.81 kWh, yang setara dengan penurunan energi sebesar 88.37%. Data pada tanggal-tanggal berikutnya juga menunjukkan tren yang serupa. Hasil eksperimen dengan total keseluruhan hari selama 4 minggu menunjukkan bahwa konsumsi energi pada ruang *meeting* besar dengan AC *Central Duct* adalah 4207.83 kWh, sedangkan pada ruang *meeting* kecil dengan AC *Split Wall* hanya 467.06 kWh untuk kegiatan yang sama dengan penurunan konsumsi energi sebesar 88.9 % dalam satu bulan.

Konsumsi energi penggunaan ruang *meeting* kecil dengan AC *Split Wall* secara signifikan lebih rendah daripada ruang *meeting* besar dengan AC *Central Split Duct* untuk kegiatan yang sama pada jam lembur yang dapat dilihat dalam grafik Gambar 8 dibawah ini :





Gambar 8: Selisih Konsumsi Energi Pada Kegiatan Yang Sama

Pada Gambar 8. perbandingan penurunan konsumsi energi pada ruang *meeting* kecil dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, ukuran ruangan yang lebih kecil menyebabkan suhu lebih cepat tercapai dan dipertahankan, mengurangi beban kerja sistem pendingin. Selain itu, kemungkinan adanya perbedaan dalam efisiensi sistem pengatur suhu antara ruang *meeting* besar dan kecil juga bisa menjadi faktor penyebab. Dalam konteks ini, pengaturan suhu antara 22 hingga 25 derajat celsius mungkin lebih efektif pada ruang *meeting* kecil, memberikan kondisi yang nyaman untuk pengguna tanpa memerlukan konsumsi energi yang tinggi. Dari analisa dan pengamatan yang sudah dilakukan pada Tabel 4. di atas, dapat disusun rekomendasi penggunaan ruangan antara ruang *meeting* besar dan ruang *meeting* kecil di Gedung Telkomsel Renon Denpasar.

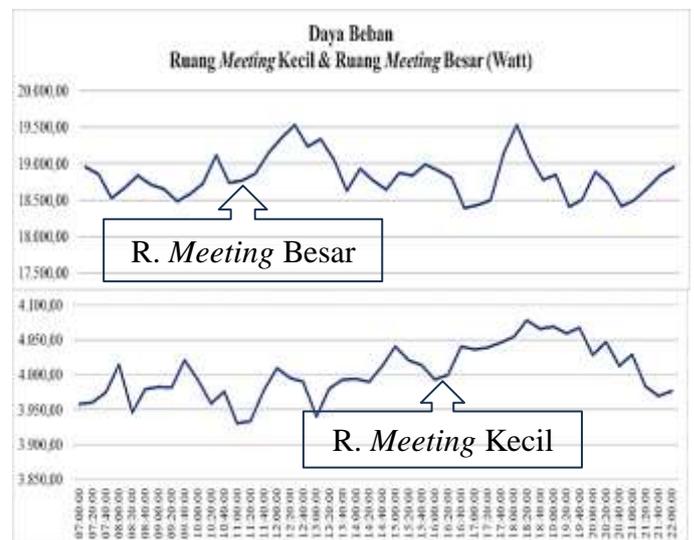
Dari analisa besaran konsumsi energi, dilakukan juga *monitoring* terhadap daya beban penggunaan ruangan *meeting* besar dan kecil yang dibuat pada Tabel 5 sebagai berikut:

TABEL V
DAYA BEBAN PADA RUANG MEETING BESAR & KECIL
MONITORING TANGGAL 3 APRIL 2024

Jam	Daya Beban R. Kerja Kecil (Watt)	Daya Beban R.Kerja Besar (Watt)
07:00:00	3.957,75	18.954,07
07:20:00	3.960,87	18.856,33
07:40:00	3.974,19	18.524,28
08:00:00	4.014,86	18.668,59
08:20:00	3.945,86	18.839,33
08:40:00	3.979,47	18.713,27
09:00:00	3.982,45	18.651,78
09:20:00	3.981,70	18.482,38
09:40:00	4.021,43	18.584,19
10:00:00	3.993,26	18.732,70
10:20:00	3.958,67	19.116,55
10:40:00	3.976,48	18.738,71
11:00:00	3.930,31	18.772,85
11:20:00	3.933,81	18.862,73
11:40:00	3.978,00	19.150,63
12:00:00	4.009,93	19.355,94
12:20:00	3.995,77	19.526,86
12:40:00	3.990,28	19.231,41

13:00:00	3.940,07	19.335,73
13:20:00	3.980,07	19.057,30
13:40:00	3.993,01	18.631,07
14:00:00	3.994,29	18.931,85
14:20:00	3.989,74	18.770,36
14:40:00	4.012,43	18.642,05
15:00:00	4.040,55	18.874,49
15:20:00	4.020,85	18.835,22
15:40:00	4.014,06	18.991,33
16:00:00	3.992,98	18.907,48
16:20:00	3.999,70	18.806,40
16:40:00	4.040,46	18.390,92
17:00:00	4.036,27	18.431,80
17:20:00	4.039,14	18.499,43
17:40:00	4.046,30	19.151,31
18:00:00	4.054,23	19.530,83
18:20:00	4.078,23	19.087,83
18:40:00	4.065,91	18.783,90
19:00:00	4.069,59	18.848,35
19:20:00	4.059,36	18.408,10
19:40:00	4.067,19	18.508,97
20:00:00	4.028,07	18.886,72
20:20:00	4.047,09	18.730,26
20:40:00	4.012,85	18.413,67
21:00:00	4.029,07	18.503,86
21:20:00	3.983,35	18.669,08
21:40:00	3.969,47	18.850,52
22:00:00	3.976,79	18.956,33

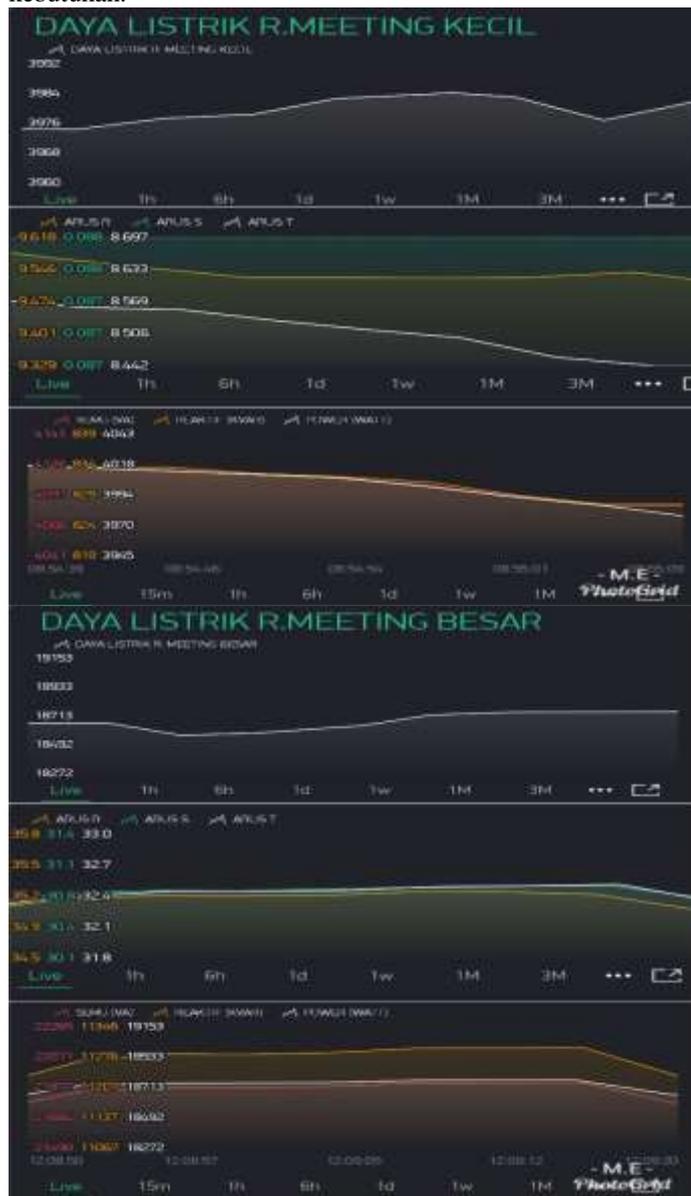
Pada Tabel 5 bisa dijelaskan bahwa data konsumsi daya listrik bisa diunduh pada aplikasi blynk. Pembacaan dilakukan selama periode yang diinginkan, pada Tabel 5. Diatur untuk rekam data pada rentang 20 menit. Data yang tersimpan pada *cloud* aplikasi Blynk bisa bertahan selamanya selama memori tercukupi dan bisa *backup* ke email dalam bentuk file CSV. Data pada Tabel 5. menjelaskan bahwa penggunaan ruang *meeting* besar pada saat lembur dengan pengguna ruangan yang sedikit, sangat berpotensi dalam pemborosan konsumsi energi di Gedung Telkomsel Renon. Perbandingan daya beban antara ruang *meeting* kecil dan besar terlihat pada Gambar 9. sebagai berikut:



Gambar 9: Perbandingan Karakteristik Daya Penggunaan R. Meeting Besar & Kecil Secara Realtime

Pada Gambar 9 dijelaskan berdasarkan data *monitoring*, dengan menggunakan data yang *realtime* dalam pemantauan kondisi kelistrikan didalam Gedung Telkomsel, kita bisa mengetahui karakteristik atau pola dari masing masing daya beban yang terbaca secara lebih akurat sebagai argumen terhadap penggunaan ruangan lembur di Gedung Telkomsel. Dari data pada Tabel 5 terlihat karakteristik perbedaan daya beban antara penggunaan ruang *meeting* besar dan kecil selama periode pukul 07:00-22:00 WITA. Secara umum, ruang *meeting* besar memiliki daya beban yang lebih tinggi daripada ruang *meeting* kecil pada setiap jam yang diamati. Hal ini menunjukkan bahwa ruang *meeting* besar tidak efektif jika digunakan saat jam lembur dengan karyawan yang sedikit, karena mengonsumsi daya yang lebih tinggi tanpa memanfaatkan kapasitas penuhnya. Sebaliknya, ruang *meeting* kecil dapat menjadi pilihan yang lebih efisien dalam situasi tersebut, karena menggunakan daya yang lebih rendah sesuai dengan kebutuhan.

Gambar 10 menampilkan tren konsumsi listrik yang dimonitor menggunakan aplikasi Blynk yang telah dirancang khusus untuk tujuan memberikan argumen data kepada karyawan tentang pentingnya efisiensi penggunaan ruangan pada saat jam lembur. Keunggulan utama dari aplikasi ini adalah kemampuannya untuk memberikan informasi yang komprehensif dalam satu tampilan, termasuk arus, daya, tegangan, energi, frekuensi, dan faktor daya masing-masing fasa pada panel listrik. Dari data *monitoring* tersebut, terlihat bahwa konsumsi daya rata-rata ruangan *meeting* kecil adalah sebesar 3992 Watt, sementara ruangan *meeting* besar mencapai 18931 Watt, yang merupakan enam kali lipat lebih tinggi dibandingkan ruangan kecil. Analisis ini memberikan landasan yang kuat untuk mengajukan argumen kepada pihak tenant terkait penerapan manajemen energi sesuai standar ISO 50001, khususnya dalam hal penggunaan ruangan *meeting* kecil selama jam lembur. Dengan memanfaatkan data tersebut, langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan meminimalkan pemborosan di lingkungan kerja.



Gambar 10: Tren Pada Saat Monitoring Beban Listrik Ruangn Kecil & Besar
 Amien Harist Hardiansyah: IoT Berbasis NodeMCU ESP8266...



Gambar 11: Monitoring Beban Perfasa Pada Ruangn Kecil & Besar

Pada Gambar 11 menampilkan keunggulan dari rancangan pembacaan konsumsi listrik yang belum tersedia pada rancangan manapun atau bahkan pada *smart meter* yang umumnya terpasang dalam gedung-gedung seperti Gedung Telkomsel. Keunggulan utama dari rancangan ini adalah kemampuannya untuk memberikan pembacaan yang sangat detail pada masing-masing kabel fasa pada panel listrik. Dengan menggunakan aplikasi Blynk, kita dapat memantau konsumsi listrik secara *real-time* dan memahami seluruh karakteristik dan dinamika kelistrikan yang terjadi di Gedung Telkomsel. Kemampuan ini memberikan keuntungan yang signifikan, terutama dalam mengambil langkah perbaikan ketika terjadi kerusakan atau masalah yang tidak diinginkan yang dapat merugikan pengguna Gedung. Dengan memiliki

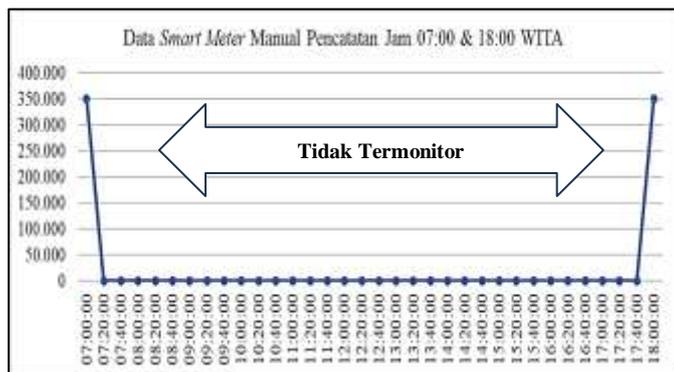


akses ke data historis konsumsi daya listrik, pengelola Gedung dapat mengidentifikasi pola-pola atau anomali yang muncul seiring waktu, memungkinkan kita untuk mengambil tindakan preventif atau korektif secara tepat waktu. Hal ini tidak hanya membantu dalam menjaga efisiensi penggunaan energi, tetapi juga meningkatkan keandalan sistem kelistrikan secara keseluruhan. Dengan demikian, rancangan IoT ini tidak hanya memberikan visibilitas yang lebih baik terhadap penggunaan energi, tetapi juga memberikan alat yang sangat berharga dalam upaya pemeliharaan dan manajemen fasilitas.



Gambar 12: Smart Meter 8 yang Tercatat Manual Tanggal 3 April 2024 Setiap Jam 07:00 & 18:00 WITA

Gambar 12 adalah tampilan dari smart meter 8 yang terpasang didalam Gedung Telkomsel sebanyak 14 unit (Keterangan alokasi pada Tabel 2) yang masing-masing membaca konsumsi energi dari komponen peralatan gedung, namun masih memerlukan pencatatan manual seperti yang dijelaskan dalam Tabel 2. Kekurangan utama dari penggunaan smart meter ini adalah ketidakmampuannya untuk memberikan informasi yang memadai ketika terjadi permasalahan, seperti kerusakan pada peralatan listrik atau langkah efisiensi pada setiap peralatan. Hal ini karena penggunaan smart meter masih terbatas pada pembacaan konsumsi energi secara umum, tanpa memberikan detail tentang kondisi atau performa masing-masing peralatan. Terutama untuk gedung yang memiliki peralatan vital yang sensitif terhadap kerusakan dan memerlukan pemantauan yang lebih ketat seperti yang dimiliki oleh Gedung Telkomsel. Smart meter belum mampu memberikan informasi yang memadai. Karena itu, penggunaan rancangan IoT dengan aplikasi Blynk menjadi sangat penting karena dapat mengintegrasikan data dari 14 smart meter yang sudah ada di Gedung Telkomsel dengan perangkat IoT yang dirancang sebagai Decision Support System (DSS). Integrasi ini memungkinkan pemantauan yang lebih detail dan real-time terhadap kondisi peralatan, memungkinkan identifikasi penyebab masalah dengan lebih cepat dan akurat serta memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih efektif terkait efisiensi dan pemeliharaan peralatan listrik dalam gedung tersebut.



Gambar 13: Grafik Pembacaan Manual Konsumsi Energi Smart Meter

Gambar 13 mengungkapkan kelemahan pada pola pencatatan konsumsi energi dalam smart meter Gedung Telkomsel Renon. Pencatatan manual hanya dilakukan pada jam 07:00 dan 18:00 WITA, menyisakan celah informasi pada periode di luar waktu tersebut. Ketiadaan dokumentasi ini sangat krusial mengingat Gedung Telkomsel merupakan infrastruktur vital dengan peralatan yang tak terhitung banyaknya, termasuk data center dan peralatan lain yang kritis. Dalam situasi masalah kelistrikan, argumentasi dan data yang akurat sangat diperlukan untuk mengambil tindakan tepat. Untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi, implementasi teknologi IoT dalam konsep smart building menjadi semakin penting. Dengan pemantauan real-time, sistem smart building dapat secara otomatis mendeteksi dan merespons perubahan dalam konsumsi energi serta keadaan peralatan. Ini memungkinkan pengelola gedung untuk mengambil tindakan proaktif untuk mengatasi masalah sebelum menjadi lebih serius. Pemantauan real-time juga memungkinkan analisis data yang lebih cepat dan akurat, membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan gedung secara keseluruhan. Dengan demikian, integrasi IoT dalam smart building bukan hanya menjadi sebuah kemajuan teknologi, tetapi juga menjadi kebutuhan mendesak untuk menjaga infrastruktur yang vital di Gedung Telkomsel Renon.

F. Penyusunan Rekomendasi Penggunaan Ruang

Sebelum membuat rekomendasi penggunaan ruangan, pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa realita penggunaan ruangan di Gedung Telkomsel yang terbaca oleh sensor IoT pada saat jam lembur jam 18:00-22:00 WITA tidak memperhatikan dampak konsumsi energi, dikarenakan pada ruangan kerja sales (ruang meeting besar) dengan luas ruangan 648,51 m² menggunakan 3 AC Central selama 4 jam. Hal ini dapat menyebabkan pemborosan listrik, dari hasil monitoring konsumsi energi secara realtime sebesar 125,4 kWh sehingga tidak sesuai dengan luas ruangan dan jumlah karyawan lembur.

TABEL VI
DATA MONITOR PENGGUNAAN RUANGAN PADA JAM LEMBUR

Nama Ruangan	Kapasitas Ruangan	Jumlah Karyawan Lembur	Luas Ruang (m ²)	Tugas Karyawan	Konsumsi Selama 4 Jam Lembur
R. Kerja Sales	89 Orang	5 Orang	648,51	Project Digital	125,4 kWh
R. Kerja GA	50 Orang	4 Orang	222,84	Finance	83,65 kWh
R. Kerja Senggigi	20 Orang	by Request	53,6	Lembur	24,32 kWh

Pada Tabel 6 terlihat bahwa ruang sales (meeting besar) lantai 2 paling besar dalam konsumsi energi selama 4 jam lembur yang menjadi penyebab pemborosan konsumsi pendingin AC sesuai dengan catatan grafik pada Gambar 3, dijelaskan juga dari hasil monitor konsumsi energi pada ruangan kerja Senggigi (ruang meeting kecil) yang berkapasitas maksimal 20 orang bisa digunakan pada saat jam lembur dengan kapasitas yang sesuai dengan jumlah karyawan lembur, jika dilihat pada Tabel 6. Jumlah karyawan lembur yang menggunakan ruangan kerja yang besar rata-rata hanya 4-5 orang. Sehingga efektifitas penggunaan ruangan serta konsumsi energi pada saat jam lembur bisa diturunkan secara signifikan dalam hal penggunaan pendingin ruangan. Pemantauan menggunakan IoT secara

realtime sangat penting jika terintegrasi keseluruhan *smart meter* berguna sebagai *Decision Support System (DSS)* dalam membantu argumentasi terhadap karyawan untuk pengambilan keputusan penggunaan ruangan pada jam lembur di Gedung Telkomsel.

Dari analisis data yang sudah dilakukan melalui *monitoring* konsumsi energi dengan IoT, pada Tabel 7 dapat disusun rekomendasi penggunaan ruangan sebagai berikut:

TABEL VII
 REKOMENDASI PENGGUNAAN RUANGAN

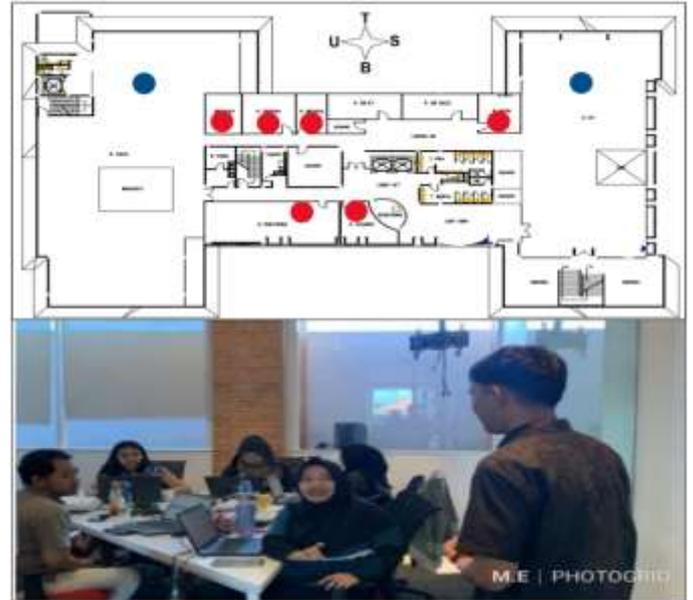
NO	Jenis Ruangan	Perlengkapan	Kapasitas	Rekomendasi Penggunaan
1.	Ruangan Meeting Besar	AC Central Split Duct	82 Orang	Direkomendasikan untuk pertemuan dengan jumlah peserta lebih dari 20 orang
	Luas Ruangan: 648,51 m ² & 222,84 m ²	Hindari penggunaan pada kegiatan dengan jumlah peserta yang sedikit atau jika ruangan tidak sepenuhnya terisi.		
	Kapasitas Pendingin : 15 PK & 8 PK	Pastikan semua peralatan dan AC dimatikan setelah penggunaan untuk menghindari pemborosan energi.		
	Konsumsi Energi Perbulan : 4207,83 kWh	Evaluasi kebutuhan AC sesuai dengan jumlah peserta dan aktivitas yang berlangsung		
		Monitoring konsumsi energi secara berkala untuk identifikasi dan perbaikan lebih lanjut.		
2.	Ruangan Meeting Kecil	AC Split Wall	20 Orang	Direkomendasikan untuk pertemuan dengan jumlah peserta 20 orang
	Luas Ruangan: 33,71 m ² & 19,89 m ²	Pastikan ruangan hanya digunakan jika kapasitasnya sesuai dengan jumlah peserta dan aktivitas.		
	Kapasitas Pendingin : 2 PK	Aktivitas yang sesuai dengan kapasitas ruangan untuk mengoptimalkan penggunaan energi.		
	Konsumsi Energi Perbulan : 466,97 kWh	Selalu matikan peralatan dan AC setelah penggunaan untuk mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu.		

Dari Tabel 7 di atas bisa dilihat bahwa dengan memanfaatkan luas ruangan dan juga kapasitas pendingin yang sesuai maka akan didapatkan penurunan konsumsi energi yang sangat signifikan sebesar 88,9 % dengan lama pemakaian selama 4 jam diwaktu lembur dengan asumsi penurunan selama satu bulan. Penggunaan ruang *meeting* kecil digunakan pada saat jam lembur pada jam 18:00-22:00 WITA dengan kapasitas ruangan sebesar 8 orang sampai dengan 12 orang. Penggunaan ruang *meeting* kecil ini biasa digunakan untuk mengalihkan karyawan yang masih bekerja lembur diruangan *meeting* besar dengan jumlah peserta yang sangat sedikit sebesar 5 orang sampai 8 orang. Penggunaan ruangan *meeting* besar dengan kapasitas peserta *meeting* yang kurang dari kapasitas sebenarnya bisa menyebabkan penggunaan konsumsi energi pada AC *Split Duct* akan sangat besar sehingga menjadi tidak efisien. Dengan mengalihkan karyawan ke ruang *meeting* kecil bisa menurunkan konsumsi energi di Gedung Telkomsel Renon sebesar 3740,85 kWh. Dengan demikian penggunaan ruang *meeting* kecil untuk waktu kerja lembur sangat efisien untuk

membantu menurunkan konsumsi energi untuk menjadikan Gedung Telkomsel Renon menjadi gedung yang hemat energi.

G. Survey Penggunaan Ruangan

Untuk mengetahui bagaimana kondisi *tenant* atau *user* selaku pengguna ruangan dalam melakukan aktifitas yang sama pada ruangan *meeting* besar dan ruangan *meeting* kecil, maka dilakukan *survey* atau wawancara. Berikut adalah dokumentasi pada saat *survey* tentang manajemen energi penggunaan ruangan bersama peserta *meeting* yang menggunakan ruang *meeting* kecil:



Gambar 13: Survey Kenyamanan Penggunaan Ruang Meeting Besar (titik biru) & Ruang Meeting Kecil (titik merah)

Pada Gambar 13 wawancara dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan. Pertanyaan yang diajukan dalam serangkaian diskusi dengan para *user* pengguna ruang *meeting* kecil adalah seputar kenyamanan mereka terkait dua hal utama yakni pengaturan suhu ruangan dan kapasitas ruangan. Pertanyaan pertama adalah apakah mereka merasa nyaman dengan suhu ruangan yang diatur pada 25 derajat celsius. Ini bertujuan untuk mengetahui apakah suhu yang dipilih sudah mencapai tingkat kenyamanan bagi para peserta. Suhu yang tidak terlalu panas atau dingin dapat mempengaruhi kenyamanan fisik dan konsentrasi peserta dalam kegiatan pertemuan. Pertanyaan kedua mengenai kapasitas ruangan bertujuan untuk mengetahui apakah ukuran ruangan sudah memadai untuk menampung semua peserta dengan nyaman. Ini penting karena ruangan yang terlalu kecil atau terlalu besar dapat mengganggu interaksi antara peserta, serta mempengaruhi dinamika dan efektivitas pertemuan. Dengan mengetahui apakah peserta merasa nyaman dengan kapasitas ruangan, pengelola gedung dapat menyesuaikan penggunaan ruangan atau memilih ruang yang lebih sesuai untuk kegiatan mendatang. Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas *user* yang berpartisipasi dalam serangkaian diskusi di ruang *meeting* kecil merasa sangat nyaman dengan kondisi ruangan. Mereka secara konsisten menyatakan kepuasan mereka terhadap



pengaturan suhu ruangan yang dijaga pada 24-25 derajat celsius, serta kapasitas ruangan yang memadai untuk kebutuhan pertemuan mereka. Kenyamanan yang diberikan oleh pengaturan suhu yang stabil dan optimal pada 24-25 derajat celsius dikaitkan dengan atmosfer yang kondusif untuk fokus dan konsentrasi. Para peserta merasa bahwa suhu yang nyaman membantu mereka tetap terjaga dan terlibat aktif dalam diskusi tanpa terganggu oleh perasaan kepanasan atau kedinginan. Hal ini secara langsung berkontribusi pada produktivitas dan kualitas hasil pertemuan. Selain itu, kapasitas ruangan yang memadai juga dinilai sangat positif oleh peserta. Dengan ruang yang cukup untuk mengakomodasi semua peserta tanpa merasa terlalu sesak atau terbatas, mereka dapat bergerak dengan bebas dan berinteraksi dengan nyaman. Kebebasan bergerak ini juga menghasilkan suasana yang lebih terbuka dan kolaboratif, memungkinkan ide-ide berkembang dengan lebih baik dan memberikan kesempatan bagi semua peserta untuk berkontribusi secara maksimal. Keseluruhan, hasil survei ini menegaskan bahwa kenyamanan fisik yang diberikan oleh pengaturan suhu dan kapasitas ruangan pada ruang *meeting* kecil memiliki dampak positif yang signifikan terhadap produktivitas, kualitas pertemuan, dan kesuksesan mencapai tujuan kegiatan yang dijalankan di dalam ruang *meeting* kecil tersebut.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang manajemen energi di Gedung Telkomsel maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut. Gedung Telkomsel Renon menerapkan strategi manajemen energi sesuai ISO 50001 dengan 14 *smart meter*, tetapi konsumsi energi masih tinggi karena implementasi belum optimal. Sebagai Solusi telah dilakukan perancangan IoT berbasis Blynk digunakan untuk memonitor konsumsi energi secara *real-time* pada ruangan *meeting*. Purwarupa sistem monitoring energi menggunakan komponen seperti Box Clear, NodeMCU ESP8266, layar TFT Color 2.4 inci, dan sensor PZEM-004T. Uji coba penerapan purwarupa IoT untuk memonitor konsumsi energi pada ruangan di Gedung Telkomsel. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa penyesuaian penggunaan fasilitas atau ukuran ruang *meeting* dengan jumlah peserta *meeting* dapat menghasilkan penghematan energi yang signifikan. Kegiatan *meeting* dengan menggunakan ruang *meeting* kecil menggunakan pendingin AC *Split Wall* 2 PK menunjukkan efisiensi energi hingga 88.9% dibandingkan dengan ruangan *meeting* besar yang dilengkapi dengan AC *Central Split Duct*. Pemanfaatan IoT sebagai *Decision Support System* (DSS) membantu menyusun kebijakan penerapan SOP penggunaan ruangan. Rekomendasi termasuk pengaturan suhu ruangan, pemilihan ruangan berdasarkan jumlah pengguna, dan penggunaan peralatan energi secara bijaksana untuk mendukung hemat energi dan ramah lingkungan. Gedung Telkomsel Renon potensial menjadi contoh bangunan hemat energi dan ramah lingkungan di lingkungan PT Telkom Indonesia atau bagi bangunan di Indonesia secara umum.

REFERENSI

- [1] Badan Standardisasi Nasional (BSN), “SNI 03-6196- 2000, Prosedur audit energi pada bangunan gedung” 2000, ICS 91.040.01, Jakarta, Indonesia Badan Standardisasi Nasional (BSN), “SNI 03-6390- 2000, Konservasi energi sistem tata udara” 2000, CS 91.160.01, Jakarta, Indonesia
- [2] Evaluasi *Green Building* pada Telkom *Landmark Tower* Berdasarkan *GreenShip Rating Tools New Building*”, Peneliti : Michael, Frans and Prof. Dr. Ir. Bambang Suharto., MS and Dr. Ir. J. Bambang Rahadi W., MS (2021) <http://repository.ub.ac.id/eprint/189876>
- [3] Agus Satrya Wibawa, I Nyoman Satya Kumara, Wayan Sukerayasa, “*Instruments and Data Logger for Measuring Electrical Parameters: Indonesian Market Review and Research Direction*” Februari 2020 *Journal of Electrical Electronics and Informatics* 4(1):20
- [4] Ida Bagus Gede Purwana, I Nyoman Satya Kumara, Made Sudarma, “*Application of IoT-Based System for Monitoring Energy Consumption*” Desember 2020. *International Journal Of Engineering And Emerging Technology*.
- [5] Anantajaya, I. M. R. A., Kumara, I. N. S., Divayana, Y. “*Review Aplikasi Sensor Pada Sistem Monitoring Dan Kontrol Berbasis Mikrokontroler Arduino*” Desember 2021. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 8, No. 4.
- [6] Yuswono Hadi, Tabitha Azaria, Purnomo, Novenda K. Putrianto, Teguh Oktiarsa, Yurida Ekawati, Sunday Noya (2020). “*Analisis Kenyamanan Termal Ruang Kuliah*”. *Jurnal Metris*
- [7] Achmad Furqon, Agung Budi Prasetyo, Eko Didik Widiyanto (2019) “*Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android*”. *Jurnal Electroteknika*.
- [8] Arif Wisaksono, Yanik Purwanti, Novia Ariyanti, Masruchin (2020). “*Rancang Bangun Pemantauan dan Pengendalian Penggunaan Energi Pada Gedung Bertingkat berdasarkan IoT*”. *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*
- [9] Syaiful Bahri, Muhammad Jumnahdi, Wahri Sunanda (2022). “*Rancang Bangun Alat Pemantau Arus, Tegangan dan Daya Berbasis Blynk (Studi di Gedung Dharma Penelitian Universitas Bangka Belitung)*”. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*
- [10] Fadi Shrouf, Giovanni Miragliotta, “*Energy management based on Internet of Things: practices and framework for adoption in production management*”. *Journal of Cleaner Production* Volume 100, 1 August 2015, Pages 235-246
- [11] Jiwen Li, Jiapeng Dai, Alibek Issakhov, Sattam Fahad Almojil, Alireza Souri. “*Towards decision support systems for energy management in the smart industry and Internet of Things*”. *Computers & Industrial Engineering* Volume 161, November 2021, 107671
- [12] Alghifary Dzar. A. M. “*Perancangan Perangkat Manajemen dan Kendali Beban Listrik Berbasis Internet of Things*.” *Buku Tugas Akhir*. Bandung, 2020. e-Proceeding of Engineering : Vol.7, No.1 April 2020
- [13] <https://www.mediabali.id/read/bali-menuju-energi-bersih-terbitkan-pedoman- teknis-bangunan-gedung-hijau> (diakses tanggal 3 Desember 2023)
- [14] <https://bali.tribunnews.com/2023/02/28/ini-maksud-implementasi-gedung-hijau-di-bali-pemprov-terbitkan-pedoman-teknis-pergub> (diakses tanggal 3 Desember 2023)
- [15] Roja Eini, Lauren Linkous, Nasibeh Zohrabi, Sherif Abdelwahed (2021), “*Smart building management system: Performance specifications and design requirements*”. *Journal of Building Engineering* Volume 39, July 2021, 102222
- [16] A. Ma’ruf, R. Purnama, and K. E. Susilo, “*Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, dan Faktor Daya Berbasis IoT*,” *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*, vol. 5, no. 1, hal. 81–86, Sep. 2021
- [17] Nega M, Susanti E, Hamzah A. 2019. *Internet Of Things (Iot) Kontrol Lampu Rumah Menggunakan Nodemcu Dan Esp-12e Berbasis Telegram Chatbot*. *J. Scr.* 7: 88–99 *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*
- [18] Computer.2. Wicaksono Mochamad Fajar. “*Implementasi Modul Wifi NodeMCU ESP8266 Untuk Smart Home*”. *Jurnal Teknik Komputer Unikom*. 2017
- [19] NodeMCU ESP8266 Pinout, Specifications, Features & Datasheet (components101.com)
- [20] D. Handarly dan J. Lianda, “*Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)*,” *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, vol. 3, no. 2, pp. 205-208, 2018.
- [21] S. Hudan Et Al., “*Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet Of Things (Iot) Tri Rijianto Abstrak*,” *Univ. Negeri Surabaya*, Vol. 0, No. April, Pp. 91–99, 2018. *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika* 18(02):93-104
- [22] Hafipudin, “*Perancangan dan Sistem Pengendalian Switch Breaker pada Jaringan Listrik Berbasis IOT (Internet of Things)*,” 2019.

- [23] Husnawati, H., Passarella, R., Sutarno, S. and Rendyansyah, R. (2013), "Perancangan dan Simulasi Energi Meter Digital Satu Phasa Menggunakan Sensor Arus ACS712", Jnteti, Vol. 2 No. 4, pp. 307–315.
- [24] Alipudin, M.A. and et. al. (2019), "Rancang bangun alat monitoring biaya listrik terpakai berbasis internet of things (IOT)", Jurnal Engineering, Vol. 3 No. 1, pp. 1–11.
- [25] M. Hayaty and A. R. Mutmainah, "IoT Based electricity usage monitoring and controlling system using Wemos and Blynk application," Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, vol. 7, no. 4, hal. 161–165, Jul. 2019
- [26] M. F. Pela and R. Pramudita, "Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet Of Things pada Rumah dengan Menggunakan Aplikasi Blynk," Infotech: Journal of Technology Information, vol. 7, no. 1, hal. 47–54, Jun. 2021
- [27] F. Istighfar, R. Kurniawan, and M. Y. Puriza, "Rancang Bangun Alat Pengendali dan Monitoring Konsumsi Pemakaian Listrik Berbasis Arduino dan Aplikasi Blynk" In *PROCEEDINGS OF NATIONAL COLLOQUIUM RESEARCH AND COMMUNITY SERVICE* , Vol. 3, hal. 109- 112, 2019
- [28] Serikul, P., Nakpong, N., & Nakjuatong, N. (2018, November). *Smart farm monitoring via the Blynk IoT platform: case study: humidity monitoring and data recording*. In 2018 16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE) (pp. 1-6). IEEE.
- [29] Kurniawan, "Sistem Pengendali Peralatan Rumah Tangga Berbasis Aplikasi BLYNK dan Node MCU SP8266," 2017.
- [30] Soegiono, Y.Y.H., & Hadi, Y. 2018. Perhitungan dan analisis efisiensi penggunaan Air conditioner pada gedung kuliah bhakti persada Universitas Ma Chung, SPEKTRUM INDUSTRI; Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Penerapan Teknik Industri, 16 (2): 111-225



{Halaman ini sengaja dikosongkan}