

Fitur Protokol IoT Dalam Komunikasi Jaringan Cerdas

Ashabi Tohir¹⁾, Akhmad Febriyo Febriyansyah²⁾, Winda Istiana³⁾

^{1,2,3)}Teknik Komputer

*¹⁾ashabi2002@gmail.com

Abstrak

Pendekatan baru ini mendefinisikan persyaratan komunikasi baru dan persyaratan karakteristik protokol IoT yang lebih khusus. Namun, sejumlah terbatas dari studi yang ada telah mempertimbangkan persyaratan karakteristik protokol IoT dari jaringan cerdas dan jaringannya struktur kontrol baru. Dalam makalah ini, kami awalnya menyelidiki persyaratan komunikasi smart grid dan perkenalkan semua protokol IoT dan spesifikasinya. Kami menganalisis protokol IoT karakteristik dan performa dalam smart grid melalui kajian literatur berbasis smart grid persyaratan komunikasi. Dalam pendekatan ini, kami menyoroti titik lemah dari pembuatan praktik ini mereka gagal mendapatkan pedoman holistik dalam memanfaatkan protokol IoT yang tepat yang dapat memenuhi kecerdasan persyaratan interaksi lingkungan jaringan. Menggunakan fasilitas yang ada, Internet publik, kami ikuti pengaturan persyaratan komunikasi penetrasi tinggi yang hemat biaya untuk struktur baru smart grid, yaitu MAS dan multi-micro grid. Dalam hal ini, kami mempertimbangkan Kualitas protokol IoT Persyaratan Layanan (QoS), terutama dalam hal keamanan dan keandalan, untuk memuaskan pemangku kepentingan, yaitu utilitas dan prosumer. Mengatasi elemen yang efektif dalam menerapkan IoT di smart grid.

Kata Kunci: jaringan pintar; IoT, perangkat kendala, kualitas layanan, IEC 61850.

PENDAHULUAN

Selama era belakangan ini, banyak konsep baru seperti RES, smart grid, Energy Storage Systems (ESS), Electric Vehicles (EV), dan pasar listrik telah terkena jaringan listrik tenaga (Ahdan & Susanto, 2021), (Hariadi et al., 2022), (F. Kurniawan & Surahman, 2021), (Andraini et al., n.d.; Andraini & Ismail, 2022; *Comparison of Support Vector Machine and Naïve Bayes on Twitter Data Sentiment Analysis*, 2021; Sartika & Pranoto, 2021). Perlunya pemantauan dan pengendalian jaringan listrik merevolusi satu arah jaringan listrik ke jaringan dua arah untuk arus listrik dan informasi yang disebut smart grid (Oktaviani et al., 2020), (AS & Baihaqi, 2020), (Amarudin & Silviana, 2018). Meningkatnya konsumsi listrik dan pembakaran bahan bakar fosil mendorong pemanasan global yang terus meningkat dan pencemaran lingkungan, memperkenalkan RES sebagai pasokan bebas emisi dan tak terbatas (Ulinuha & Widodo, 2018), (Wantoro, 2017), (Anantama et al., 2020). Sejak ESS dapat mengimbangi ketiadaan dalam durasi sumber daya berbasis alam, itu diterapkan dalam kekuasaan sistem untuk mengatasi sifat intermiten RES (Wibowo et al., 2012), (Wantoro et al., 2021), (Nugrahanto et al., 2021). Hasil lain dari RES adalah prosumer, yang berarti pelanggan jaringan listrik di jaringan pintar tidak hanya menjadi konsumen tetapi juga menjadi produsen dengan menjual surplus

produksi listriknya ke jaringan listrik(Rekayasa & Elektro, 2007),(Susanto et al., 2019),(Utami Putri, 2022). Hasil ini membutuhkan pasar listrik untuk menawarkan harga listrik kepada pemegang saham(Suaidah, 2021). Infrastruktur komunikasi yang kuat membutuhkan koordinasi dan integrasi elemen smart grid yang heterogen(Arrahman, 2022),(Prasetyawan et al., 2021). Usaha untuk menemukan bahasa yang sama dalam lingkungan yang kompleks ini dapat menerbitkan banyak standar dan protokol. Pada tahun 1964, pembentukan Technical Committee 57 Working group di IEC adalah upaya pertama untuk mendefinisikan standar untuk telekomunikasi dalam sistem tenaga. Biasanya protokol yang digunakan, yaitu Profibus, Modbus, Distributed Network Protocol 3 (DNP3), dan IEC 60870, adalah komunikasi serial dan Substation Automation Systems (SAS) yang mengalami respon rendah waktu untuk komunikasi real-time(Pratama et al., 2021),(Andraini, 2022).

Selain itu, menjadi solusi berorientasi vendor dan bukan roadmap komprehensif adalah masalah lain yang menyebabkan protokol lama tidak dapat dioperasikan sistem lain. Meskipun protokol lama disematkan di dalam Kontrol Transmisi Protocol (TCP)/IP, pada tahun-tahun berikutnya, standar IEC 61850 dikembangkan pada tahun 2003 berdasarkan pada Utility Communications Architecture 2.0 (UCA2.0) untuk mengatasi kelemahan warisan protokol(Puspaningrum et al., 2017),(Setiawan & Pasha, 2020),(Novian et al., 2019)(Sarasvananda et al., 2021). Edisi kedua standar diterbitkan pada tahun 2007 sejak komunikasi antara gardu ke gardu, dan gardu ke pusat kendali diabaikan pada edisi sebelumnya. Ini edisi memperluas cakupannya ke semua otomatisasi daya, termasuk jaringan mikro, EV, dan distribusi otomatisasi, dan tidak terbatas pada otomatisasi gardu induk seperti pada edisi pertama. Oleh karena itu, IEC 61850 tidak hanya mengatasi keterbatasan pendahulunya, tetapi juga mencerminkan pesatnya perkembangan teknologi, terutama aspek komunikasi, aspek definisi split data, dan metode pertukaran data untuk mengatasi keragaman solusi komunikasi yang dibutuhkan oleh domain target baru, sementara mempertahankan model data yang sama. Protokol IEC 61850 menggunakan komunikasi klien-server berdasarkan IEC 61850-8-1 yang dipetakan pada MMS, yang berlaku di LAN [15]. Sejak RES perlahan menjadi elemen jaringan listrik khusus, IEC 61850-7-420 dan IEC 61850-90-7, yang menentukan model informasi untuk Sumber Daya Energi Terdistribusi (DER), telah diterbitkan sebagai bagian baru dari standar. Selain itu, sejumlah besar sensor dan aktuator diterapkan pada daya grid berupa Intelligent Electronic Devices (IED), seperti switchgear, recloser, breaker, Phasor Unit Pengukuran (PMU), dan smart meter(Bangun et al., 2018).

IoT adalah teknologi yang membantu smart grid untuk mengumpulkan, memantau, dan menganalisis status jaringan listrik dan kinerja, serta mengeluarkan sinyal kontrol(Isnain et al., 2021),(Ahdan et al., 2019),(Sintaro et al., 2021). Pada tahun 2018, IEC 61850-8-2, pemetaan baru informasi berdasarkan XMPP diterbitkan untuk mendukung integrasi smart grid dan IoT, yang membutuhkan komunikasi dalam WAN(Samsugi et al., 2023),(Samsugi & Wajiran, 2020). Namun, komunikasi smart grid membutuhkan perbedaan karakteristik, termasuk latensi, gelisah, bandwidth, dan keamanan, berdasarkan aplikasi. Besar sejumlah protokol

lain telah dinominasikan untuk komunikasi di smart grid melalui publik jaringan dalam literatur. Yang paling menonjol adalah Arsitektur Broker Permintaan Objek Umum (CORBA), Open Platform Communications United Architecture (OPC UA), Layanan Distribusi Data (DDS), Angkutan Telemetri Antrean Pesan (MQTT), Protokol Aplikasi Terkendala (CoAP), Advanced Message Queuing Protocol (AMQP), dan Zero Message Queue (ZeroMQ), semuanya bisa diselidiki berdasarkan fitur mereka di smart grid dan pro dan kontra untuk memfasilitasi smart persyaratan komunikasi aplikasi jaringan(Wajiran et al., 2020),(Persada Sembiring et al., 2022).

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian Internet Of Things

Internet of things merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti sensor dan software dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet(Samsugi, 2017)(D. E. Kurniawan et al., 2019),(Sugara et al., 2021). IoT memiliki hubungan yang erat dengan istilah machine-to-machine atau M2M(Amelia et al., 2022),(Puspa, 2019). Seluruh alat yang memiliki kemampuan komunikasi M2M ini sering disebut dengan perangkat cerdas atau smart devices. Perangkat cerdas ini diharapkan dapat membantu kerja manusia dalam menyelesaikan berbagai urusan atau tugas yang ada(Ferdiana, 2020),(Jafar Adrian et al., 2022).

Pengertian Jaringan Pintar

Sensor dan perangkat yang terhubung dan dikomunikasikan bersama melalui infrastruktur Internet of Things mungkin perlu memperbarui tren atau fiturnya agar sesuai dengan perubahan lingkungan sekitarnya. Internet of Things adalah infrastruktur cerdas yang dapat memproses data yang dikumpulkan dan membuat keputusan yang diperlukan untuk meningkatkan dirinya sendiri dan untuk mengubah tren atau fitur perangkat yang terhubung untuk mengakomodasi perubahan lingkungan sekitarnya(Utami Putri et al., 2022),(Pratama Zanofa & Fahrizal, 2021). Internet of Things adalah teknologi pintar yang membantu semua perangkat yang terhubung untuk memperbarui diri mereka sendiri sesuai dengan perubahan di lingkungan sekitarnya dan untuk dapat diadopsi dan bekerja di lingkungan aneh lainnya dengan akurasi tinggi(Dita et al., 2021),(Selamet et al., 2022). Hasilnya, sistem yang terhubung dengan cerdas dapat diproduksi jika infrastruktur cerdas dirancang dengan baik untuk menangani data yang dikumpulkan dari perangkat dengan benar, untuk membuat keputusan yang diperlukan(Samsugi, Neneng, et al., 2021),(Sintaro et al., 2022).

Pengertian IEC 61850

IED atau Intelligent Electronic Device merupakan peralatan elektronik yang digunakan untuk menjalankan fungsi telesignal, telemeter, telekontrol pada suatu bay dan mampu menggabungkan fungsi proteksi dan kontrol(Nurkholis et al., 2022),(Sulistiani et al., 2021). Analogi yang digunakan pada IEC 61850 adalah satu physical device (IED) mencakup beberapa logical device yang terdiri dari logical device untuk fungsi proteksi, kontrol, dan recording(Dinasari et al., 2020),(Prabowo & Damayanti, 2021). Dari masing-masing logical device dapat dirinci lagi menjadi beberapa logical node yang mendeskripsikan salah satu bagian peralatan bay, misalnya circuit breaker, disconnecting switch, dan sebagainya. Kemudian dari logical node dapat dirinci menjadi data object yang dirinci lebih lagi melalui attribute. Misalnya untuk logical node circuit breaker, salah satu data object-nya adalah position dari circuit breaker itu sendiri, dimana memiliki attribute position open dan close. Jadi urutan mulai dari physical device, logical device, logical node, data object, attribute dapat kita analogikan sebagai folder yang bisa kita lihat pada menu windows explorer dimana terdapat folder yang dirinci menjadi beberapa subfolder dan seterusnya(Andraini & Bella, 2022),(Nuraini & Ahmad, 2021).

METODE PENELITIAN

Menerapkan IoT membantu integrasi elemen smart grid ke dalam daya konvensional sistem, yang menjadi area penelitian populer di smart grid. Survei terkait terbaru Setelah investigasi komunikasi karakteristik protokol dan persyaratan komunikasi aplikasi smart grid. merencanakan struktur IoT untuk smart grid dengan memberikan alamat IP ke masing-masing interaktif elemen smart grid menggunakan protokol 6LoWPAN(Puspitasari & Budiman, 2021),(Kristiawan et al., 2021). Meskipun mempertimbangkan kekuasaan pemantauan jaringan, pengukuran cerdas, dan rumah pintar sebagai aplikasi utama IoT di perangkat pintar. grid, upaya lain mengenali rumah pintar sebagai aplikasi utama IoT di jaringan cerdas. Penulis mengimplementasikan layanan smart grid, seperti harga dinamis, Energi Sistem Manajemen (EMS), dan otomatisasi rumah, dengan menerapkan protokol IoT, termasuk XMPP dan Representational State Transfer (RESTful) HTTP(Informatika et al., 2023),(Riski et al., 2021),(Priandika & Riswanda, 2021),(Putro et al., 2021). Mereka juga menyajikan perbandingan singkat di antara Protokol IoT, seperti XMPP, RESTful HTTP, MQTT, dan CoAP.Berkonsentrasi pada masalah keamanan dan privasi yang terkait dengan aplikasi IoT di smart grid. Itu penulis dalam mengklasifikasikan masalah ke dalam tiga ruang lingkup, termasuk informasi dan komunikasi, pelanggan, dan grid, sementara peneliti di memberikan referensi statistik yang komprehensif dari IoT literatur masalah keamanan. Selain itu, Ref menyajikan arsitektur IoT, termasuk aplikasi, jaringan, agregasi, dan lapisan penginderaan(Samsugi, Ardiansyah, et al., 2018),(Samsugi, Nurkholis, et al., 2021),(Astuti et al., 2022).

Survei ini memberikan pencapaian baru, termasuk melakukan EMS, pemantauan transmisi sistem tenaga, metering pintar, dan manajemen aset sebagai aplikasi smart grid, yang dapat

dibantu oleh IoT(Samsugi, Neneng, et al., 2018),(Technology et al., 2023). referensi benar-benar mengklarifikasi kepatuhan implementasi smart grid, menyarankan konversi koneksi kepemilikan ke alokasi IP untuk semua elemen jaringan listrik(Alat Pemberi Pakan Dan et al., 2022),(Rahman Isnain et al., 2021). Dalam, penulis memvisualisasikan smart grid yang komprehensif bahwa IoT diaktifkan. Grid berisi penekanan pada keamanan karena ini adalah tantangan utama IoT, termasuk fokus pada perolehan energi, fusi data, kemacetan, dan masalah lain yang terkait dengan tren ini(Ahmad et al., 2022),(Imani & Ghassemian, 2019). Menyoroti peran IoT dalam membuat kecerdasan sistem tenaga dan menyelidikinya dampak ekonomi dan sosial dari kecerdasan ini. Jurnal ini juga menyebutkan beberapa tantangan dalam melamar IoT di smart grid, termasuk standar untuk lingkungan heterogen dari smart grid, solusi akuisisi energi untuk sejumlah besar sensor IoT, pengurangan ketergantungan pusat persyaratan komputasi dengan menerapkan komputasi kabut di gateway, dan masalah keamanan(Putra, 2018).

Penelitian di bidang IoT harus berurusan dengan dua pendekatan, termasuk internal dan eksternal persyaratan(Sucipto & Bandung, 2016). Meskipun yang eksternal mencakup sensor dan aktuator, persyaratan internal melibatkan berbagai lapisan platform komunikasi, termasuk fisik, transmisi jaringan, dan aplikasi lapisan(Widiyawati, 2022). Protokol pesan IoT membahas tujuan utama IoT, memastikan interaksi yang tangguh di antara semua elemen makalah sistem jarang memanfaatkan sudut pandang IoT kinerja protokol pada aplikasi IoT. Selanjutnya penulis dalam membahas pendahuluan protokol IoT, dan Referensi. memberikan perbandingan singkat singkat tentang karakteristik protokol IoT. Dalam makalah ini, kami mengeksplorasi penelitian tentang kinerja protokol IoT yang dicapai di smart grid dan mempertimbangkan penerapan IEC 61850 sebagai standar utama untuk ketentuan interoperabilitas, yaitu, target jaringan pintar(Ahmad et al., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persyaratan Komunikasi Aplikasi Smart Grid di Lingkungan IoT

1. Struktur Jaringan Cerdas

Kebutuhan untuk menyediakan layanan yang stabil, aman, andal, dan hemat biaya merevolusi jaringan listrik konvensional ke jaringan pintar, memperkenalkan generasi berikutnya dari jaringan listrik berikutnya aliran dua arah arus dan struktur informasi. Penetrasi RES yang tinggi mengintensifkan pengembangan smart grid karena pengurangan ketergantungan pada sumber daya bahan bakar fosil yang terbatas dan karakteristik berbasis alam mereka. Pengawasan Kontrol dan Akuisisi Data (SCADA) sistem memegang tanggung

jawab pemantauan dan pengendalian sistem tenaga sebelum munculnya jaringan cerdas. Sistem ini memantau jaringan listrik, mendeteksi gangguan berdasarkan perolehan data dari sensor di tempat, dan mengontrol jaringan dengan Power Line Carrier (PLC) sebagai antarmuka. Utama kerugian dari sistem ini adalah kurangnya karakteristik real-time. Penampilan orang pintar grid, yang mencakup banyak aktor dan aplikasi, telah menjadikannya tantangan bagi kekuatan grid untuk mengenali keseimbangan antara aplikasi, komunikasi, dan interoperabilitas.

Seperti disebutkan sebelumnya, tujuan utama dari smart grid adalah untuk berinteraksi dengan seluruh elemen dari jaringan listrik. Untuk mengintegrasikan ketegangan ini ke dalam praktik, aplikasi yang berbeda telah diperkenalkan. Diantaranya, pemanfaatan RES sebagai sumber energi bersih paling menonjol. Prosumer konsep muncul dari RES dengan bantuan dari ESS, menyebabkan konsumen listrik bertindak sebagai produsen dan mengambil bagian dalam pasar energi untuk berdagang dengan kelebihan energi mereka. Teknologi, seperti pintar meter, peralatan rumah tangga, dan Advanced Metering Interface (AMI), sangat berinteraksi dengannya konsumen dan pengawasan sistem tenaga listrik. Fenomena ini memberikan efisiensi energi, deteksi profil beban, sinyal harga yang diberikan kepada pelanggan, deteksi penipuan, manajemen pemadaman listrik, keandalan, dan pemantauan kualitas daya melalui fasilitasi Demand Response (DR). DR adalah aplikasi yang mengontrol jumlah konsumsi energi selama periode permintaan puncak ditentukan oleh kontribusi dinamis konsumen. DR dilaksanakan dengan menawarkan insentif peraturan atau program yang bergantung pada waktu. Sementara beberapa teknik, seperti Direct Load Control (DLC) operator, secara langsung mengontrol permintaan konsumen dengan cara insentif, yang lain membiarkan konsumen untuk memutuskan untuk bekerja sama dengan utilitas dalam pencukuran puncak berdasarkan harga dan jadwal yang dinamis, seperti waktu penggunaan, harga puncak kritis, dan harga real-time.

Layanan Pencukuran Puncak dan Layanan Tambahan (AS), seperti kontrol frekuensi adalah hasil utama dari smart grid melalui DR. EV adalah hal lain elemen yang mampu berperan sebagai prosumer melalui teknologi seperti ESS dan Vehicle-to-Grid (V2G). Jaringan mikro, kombinasi beban, RES, dan ESS, adalah peluang lain untuk meroketnya penetrasi jaringan cerdas dan RES yang mengakomodasi jaringan mandiri, terutama di tempat-tempat terpencil. Lain aplikasinya adalah EMS, yang menyeimbangkan tingkat produksi dan konsumsi. Aplikasi ini ada di micro grid dan tingkat pengawasan sistem tenaga listrik, yaitu Distribution System Operator (DSO) dan Operator Sistem Transmisi (TSO). Selain itu, Sistem Manajemen Energi Rumah (HEMS), Membangun Sistem Manajemen Energi (BEMS), Sistem Manajemen Energi Masyarakat (CEMS) untuk daerah perkotaan dan tempat-tempat terpencil, dan bahkan Sistem Manajemen Energi Pusat Data (DEMS) bisa termasuk EMS. Jaringan listrik mengambil keuntungan yang tak terhitung jumlahnya dari jaringan pintar, yang menonjol yaitu penyembuhan diri, kehandalan, dan keamanan. Melalui pemantauan sistem online dan sepenuhnya pusat kontrol otomatis, smart grid berubah menjadi self-healing grid. Karakteristik ini, digabungkan dengan jaringan mikro dan alat

prediksi di tingkat operator sistem menyediakan, sistem yang aman terhadap setiap serangan cyber.

2. Persyaratan Komunikasi Jaringan Cerdas

Keberhasilan interaksi real-time antar elemen sistem tenaga sebagai jaringan cerdas terkemuka misi tergantung pada implementasi yang aman, kuat, andal, terukur, terintegrasi, interoperable, dan di mana-mana sistem komunikasi jaringan komunikasi di cerdas grid yang diklasifikasikan ke dalam tiga domain, antara lain Home Area Network (HAN), Field Area Network (KIPAS), dan WAN . HAN merangkul sisi pelanggan, termasuk peralatan rumah tangga, DER, dan EV, dan membutuhkan aplikasi seperti Home Energy Management System (HEMS), V2G, dan smart inverter. FAN adalah domain yang mengatur interkoneksi sisi pelanggan dan jaringan listrik. Pada tingkat komunikasi ini, konsentrator mengumpulkan data dari meter pelanggan dan DER untuk tingkat pengawasan. Operator sistem daya menerapkan informasi ini untuk menawarkan layanan di WAN, seperti sebagai DR, Distribution Management System (DMS), dan Wide-Area Situational Awareness (WASA). Selain itu, AMI dapat berada di ketiga domain berdasarkan kebijakan utilitas. Karena mengumpulkan informasi dari metering di sisi konsumsi ke sisi pengawasan, kami menganggap AMI sebagai bagian dari FAN domain. Karena tujuan utama dari makalah ini adalah untuk mengeksplorasi middleware yang tepat untuk smart grid aplikasi, informasi sebelumnya diperlukan untuk mengenali persyaratan komunikasi.

3. Protokol dan Standar Komunikasi Jaringan Cerdas

Karakteristik utama dari sistem komunikasi pada smart grid adalah keamanan, kehandalan, dan keamanan dalam pertukaran data, memungkinkan pengenalan beberapa standar. standar penting dari sejumlah besar standar IEC dan beberapa standar IEEE yang mendukung jaringan cerdas. Latar belakang dari seri standar IEC 61850 antara lain penyebaran penggunaan IED di sistem tenaga, yang membutuhkan komunikasi real-time untuk mengakomodasi pengendalian, pemantauan, metering, dan proteksi di gardu induk. Komponen SAS berkontribusi pada pemantauan, pengendalian, dan konfigurasi gardu dalam tiga tingkat: tingkat proses, tingkat teluk, dan stasiun tingkat. Sensor dan aktuator terletak di bus proses di tingkat teluk dan mengirimkan informasi, seperti pengukuran arus dan tegangan ke IED. Dengan menerapkan MAS dan multi-micro grid di smart grid, jumlah node aktif di sistem tenaga yang berpartisipasi dalam AS meningkat. Niat ini menghasilkan penetrasi sensor yang tinggi, aktuator, dan unit komputasi di bawah konsep IoT. Komputasi kabut dan komputasi awan adalah alat untuk memfasilitasi skenario ini. Karena tidak ada standar khusus untuk menerapkannya di lingkungan jaringan cerdas, mewujudkan struktur komunikasi, standar, dan protokol ini fenomena mendorong penyelidikan masa depan di daerah ini. Pengguna akhir meningkatkan kontribusi dalam kekuatan grid AS dan memanfaatkan Internet sebagai infrastruktur komunikasi untuk merilis yang berdedikasi, yang rentan. Dalam hal privasi, manfaat ini menentukan cakrawala baru dalam integritas

data otentikasi, privasi, kerahasiaan data, standar, bandwidth, dan persyaratan latensi IoT protokol dalam studi smart grid.

SIMPULAN

Penyebaran teknologi IoT di lingkungan heterogen dari smart grid memfasilitasi pengendalian dan pemantauan sistem tenaga secara real-time. Sementara itu, protokol IoT efektif berperan dalam interaksi waktu nyata ini. Sejak IEC 61850 dan IEC 61970 banyak digunakan komunikasi standar di smart grid, protokol IoT harus memenuhi batasannya. Dalam makalah ini, kami menyediakan sebuah ikhtisar pekerjaan yang ada yang memetakan IEC 61850 ke berbagai protokol IoT dan membandingkannya mengalami hasil. Investigasi ini mengungkapkan ada upaya terbatas dalam membandingkan kinerja protokol IoT di dekat tempat uji komunikasi smart grid nyata, yang ditandai dengan jaringan yang lebih padat. Kami juga mempertimbangkan elemen yang berguna dalam tren masa depan smart grid untuk penerapan IoT. Di antara semua pengembangan smart grid, kami fokus pada perubahan smart grid struktur pusat ke MAS dan jaringan multi-mikro sebagai yang menonjol karena memfasilitasi integrasi RES dan microgrid ke jaringan utama sebagai elemen aktif yang menyediakan AS. VPP, listrik pasar, dan agregator adalah aplikasi yang membantu pendekatan ini. Interaksi dalam struktur baru dari smart grid membutuhkan latensi minimum, bandwidth maksimum, privasi, keamanan, dan skalabilitas, yang dapat disediakan dengan menerapkan komputasi awan dan komputasi kabut. Kami juga menyoroti hemat biaya proposal struktur komunikasi dalam FAN dan WAN dengan menyebarkan Internet publik untuk menghindari infrastruktur komunikasi khusus. Untuk memenuhi skema ini, kami memperkenalkan DDS dan ZeroMQ sebagai protokol yang tepat karena mereka menawarkan karakteristik keamanan dan keandalan yang kuat.

REFERENSI

- Ahdan, S., & Susanto, E. R. (2021). IMPLEMENTASI DASHBOARD SMART ENERGY UNTUK PENGONTROLAN RUMAH PINTAR PADA PERANGKAT BERGERAK BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal Teknoinfo*, 15(1), 26–31.
- Ahdan, S., Susanto, E. R., & Syambas, N. R. (2019). Proposed Design and Modeling of Smart Energy Dashboard System by Implementing IoT (Internet of Things) Based on Mobile Device. *2019 IEEE 13th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, 194–199.
- Ahmad, I., Prasetyawan, P., & Sari, T. D. R. (2019). Penerapan Algoritma Rekomendasi Pada Aplikasi Rumah Madu Untuk Perhitungan Akuntansi Sederhana Dan Marketing Digital. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian*, 1, 38–45.

- Ahmad, I., Samsugi, S., & Irawan, Y. (2022). Penerapan Augmented Reality Pada Anatomi Tubuh Manusia Untuk Mendukung Pembelajaran Titik Titik Bekam Pengobatan Alternatif. *Jurnal Teknoinfo*, 16(1), 46. <https://doi.org/10.33365/jti.v16i1.1521>
- Alat Pemberi Pakan Dan, P., Prayoga, R., Savitri Puspaningrum, A., Ratu, L., & Lampung, B. (2022). Purwarupa Alat Pemberi Pakan Dan Air Minum Untuk Ayam Pedaging Otomatis. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer (JTikom)*, 3(1), 2022.
- Amarudin, A., & Silviana, S. (2018). The Development Of Web 3d Application For Virtual Museum Of Lampung Culture. *Jurnal Tekno Kompak*, 12(1), 10–14.
- Amelia, D., Afrianto, A., Samanik, S., Suprayogi, S., Pranoto, B. E., & Gulo, I. (2022). Improving Public Speaking Ability through Speech. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 3(2), 322. <https://doi.org/10.33365/jsstcs.v3i2.2231>
- Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., & Rossi, F. (2020). Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 29–34.
- Andraini, L. (2022). *Pengeimplementasian DevOps Pada Sistem Tertanam dengan ESP8266 Menggunakan Mekanisme Over The Air*. 2(4), 1–10.
- Andraini, L., & Bella, C. (2022). Pengelolaan Surat Menyurat Dengan Sistem Informasi (Studi Kasus : Kelurahan Gunung Terang). *Jurnal Portal Data*, 2(1), 1–11. <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/71>
- Andraini, L., Indonesia, U. T., Lampung, B., Indonesia, U. T., Lampung, B., Surahman, A., Indonesia, U. T., & Lampung, B. (n.d.). *Design And Implementation Of 02244 TDS Meter Gravity Sensor And 4502C pH Sensor On Hydroponic*.
- Andraini, L., & Ismail, I. (2022). *KARYA MESUJI*. 3(1), 123–131.
- Arrahman, R. (2022). Rancang Bangun Pintu Gerbang Otomatis Menggunakan Arduino Uno R3. *Jurnal Portal Data*, 2(2), 1–14. <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/78>
- AS, N. R., & Baihaqi, I. (2020). Studi Inspeksi Kelayakan Instalasi Dan Instrumen Tenaga Listrik. *SINUSOIDA*, 22(2), 21–33.
- Astuti, M., Suwarni, E., Fernando, Y., Samsugi, S., Cinthya, B., & Gema, D. (2022). Pelatihan Membangun Karakter Entrepreneur Melalui Internet Of Things bagi Siswa SMK Al-Hikmah, Kalirejo, Lampung Selatan. *Comment: Community Empowerment*, 2(1), 32–41.
- Bangun, R., Monitoring, S., Gunung, A., Krakatau, A., & Iot, B. (2018). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Aktivitas Gunung Anak Krakatau Berbasis IoT*. 31(1), 14–22.
- Dinasari, W., Budiman, A., & Megawaty, D. A. (2020). Sistem Informasi Manajemen Absensi Guru Berbasis Mobile (Studi Kasus: Sd Negeri 3 Tangkit Serdang). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(2), 50–57.
- Dita, P. E. S., al Fahrezi, A., Prasetyawan, P., & Amarudin, A. (2021). Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 2(1), 121–135.
- Ferdiana, R. (2020). A Systematic Literature Review of Intrusion Detection System for Network Security: Research Trends, Datasets and Methods. *2020 4th International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS)*, 1–6.
- Hariadi, E., Anistiyasari, Y., Zuhrie, M. S., & Putra, R. E. (2022). Mesin Oven Pengering Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT). *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 2(1), 18–23. <https://doi.org/10.26740/inajet.v2n1.p18-23>
- Imani, M., & Ghassemian, H. (2019). Electrical Load Forecasting Using Customers Clustering and Smart Meters in Internet of Things. *9th International Symposium on Telecommunication: With Emphasis on Information and Communication Technology, IST 2018*, 113–117. <https://doi.org/10.1109/ISTEL.2018.8661071>
- Informatika, S., Teknik, F., & Indonesia, U. T. (2023). *Pelatihan Penerapan Logika Informatika Sebagai Dasar Algoritma Pemograman di SMKN 7 Bandarlampung*. 1(3), 156–161.
- Comparison of Support Vector Machine and Naïve Bayes on Twitter Data Sentiment Analysis, (2021).

- Isnain, A. R., Sintaro, S., & Ariany, F. (2021). *Penerapan Auto Pump Hand Sanitizer Berbasis Iot*. 2(2), 63–71.
- Jafar Adrian, Q., Putri, N. U., Jayadi, A., Sembiring, J. P., Sudana, I. W., Darmawan, O. A., Nugroho, F. A., & Ardiantoro, N. F. (2022). Pengenalan Aplikasi Canva Kepada Siswa/Siswi Smkn 1 Tanjung Sari, Lampung Selatan. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 3(2), 187. <https://doi.org/10.33365/jsstcs.v3i2.2020>
- Kristiawan, N., Ghafaral, B., Borman, R. I., & Samsugi, S. (2021). Pemberi Pakan dan Minuman Otomatis Pada Ternak Ayam Menggunakan SMS. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 2(1), 93–105.
- Kurniawan, D. E., Iqbal, M., Friadi, J., Borman, R. I., & Rinaldi, R. (2019). Smart monitoring temperature and humidity of the room server using raspberry pi and whatsapp notifications. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1), 12006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012006>
- Kurniawan, F., & Surahman, A. (2021). SISTEM KEAMANAN PADA PERLINTASAN KERETA API MENGGUNAKAN SENSOR INFRARED BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 2(1), 7–12.
- Novian, D., Dwinanto, A., & Mulyanto, A. (2019). The Application of Cooperative Learning Methods in the Developing and Analyzing the Quality of An Educational Game. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012122>
- Nugrahanto, I., Sungkono, S., & Khairuddin, M. (2021). *SOLAR CELL OTOMATIS DENGAN PENGATURAN DUAL AXIS TRACKING SYSTEM MENGGUNAKAN ARDUINO UNO*. 10(1), 11–16.
- Nuraini, N., & Ahmad, I. (2021). Sistem Informasi Manajemen Kepegawaian Menggunakan Metode Key Performance Indicator Untuk Rekomendasi Kenaikan Jabatan (Studi Kasus: Kejaksaan Tinggi Lampung). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTSI)*, 2(3), 81.
- Nurkholis, A., Budiman, A., Pasha, D., Ahdan, S., & Andika, R. (2022). *DIGITALISASI PELAYANAN ADMINISTRASI SURAT PADA DESA*. 3(1), 21–28.
- Oktaviani, L., Riskiono, S. D., & Sari, F. M. (2020). Perancangan Sistem Solar Panel Sekolah dalam Upaya Meningkatkan Ketersediaan Pasokan Listrik SDN 4 Mesuji Timur. *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*, 1, 13–19.
- Persada Sembiring, J., Jayadi, A., Putri, N. U., Sari, T. D. R., Sudana, I. W., Darmawan, O. A., Nugroho, F. A., & Ardiantoro, N. F. (2022). PELATIHAN INTERNET OF THINGS (IoT) BAGI SISWA/SISWI SMKN 1 SUKADANA, LAMPUNG TIMUR. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 3(2), 181. <https://doi.org/10.33365/jsstcs.v3i2.2021>
- Prabowo, & Damayanti. (2021). E-Marketing Jasa Laundry Dengan Metode Sostac. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTSI)*, 2(4), 1–6.
- Prasetyawan, P., Samsugi, S., & Prabowo, R. (2021). Internet of Thing Menggunakan Firebase dan Nodemcu untuk Helm Pintar. *Jurnal ELTIKOM*, 5(1), 32–39. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v5i1.239>
- Pratama, M. A., Sidhiq, A. F., Rahmanto, Y., & Surahman, A. (2021). Perancangan Sistem Kendali Alat Elektronik Rumah Tangga. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 2(1), 80–92.
- Pratama Zanofa, A., & Fahrizal, M. (2021). Penerapan Bluetooth Untuk Gerbang Otomatis. *Portaldata.Org*, 1(2), 1–10.
- Priandika, A. T., & Riswanda, D. (2021). ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN PEMESANAN BARANG BERBASIS ONLINE. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 2(1), 94–101.
- Puspa, M. (2019). Decision Support System For Supplementary Food Recipients (PMT) By Using The Simple Additive Weighting (SAW) Method. *Jurnal Teknik Informatika CIT Medicom*, 11(2).

- Puspaningrum, A. S., Rochimah, S., & Akbar, R. J. (2017). Functional suitability measurement using goal-oriented approach based on ISO/IEC 25010 for Academics Information System. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 3(2), 68–74.
- Puspitasari, M., & Budiman, A. (2021). Perancangan Sistem Informasi Manajemen Perpustakaan Menggunakan Metode Fast (Framework for the Application System Thinking) (Studi Kasus : Sman 1 Negeri Katon). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTSI)*, 2(2), 69–77.
- Putra, A. R. (2018). *APLIKASI MONITORING KEBOCORAN GAS BERBASIS ANDROID DAN INTERNET OF THINGS DENGAN FIREBASE REALTIME SYSTEM*. Perpustakaan Teknokrat.
- Putro, P. A. W., Purwaningsih, E. K., Sensuse, D. I., Suryono, R. R., & Kautsarina. (2021). Model and implementation of rice supply chain management: A literature review. *Procedia Computer Science*, 197(2021), 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.161>
- Rahman Isnain, A., Pasha, D., & Sintaro, S. (2021). Workshop Digital Marketing “Temukan Teknik Pemasaran Secara Daring.” *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 2(2), 113–120. <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/JSSTCS/article/view/1365>
- Rekayasa, E. J., & Elektro, T. (2007). *ELECTRICIAN Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 63. 1(1), 63–68.
- Riski, M., Alawiyah, A., Bakri, M., & Putri, N. U. (2021). Alat Penjaga Kestabilan Suhu Pada Tumbuhan Jamur Tiram Putih Menggunakan Arduino UNO R3. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 2(1), 67–79.
- Samsugi, S. (2017). Internet of Things (iot): Sistem Kendali jarak jauh berbasis Arduino dan Modul wifi Esp8266. *ReTII*.
- Samsugi, S., Ardiansyah, A., & Kastutara, D. (2018). Arduino dan Modul Wifi ESP8266 sebagai Media Kendali Jarak Jauh dengan antarmuka Berbasis Android. *Jurnal Teknoinfo*, 12(1), 23–27.
- Samsugi, S., Ismail, I., Tohir, A., & Rojat, M. R. (2023). *Workshop Pembuatan Kode Program Mobil RC Berbasis IoT*. 1(3), 162–167.
- Samsugi, S., Neneng, N., & Aditama, B. (2018). *IoT: kendali dan otomatisasi si parmin (studi kasus peternak Desa Galih Lunik Lampung Selatan)*.
- Samsugi, S., Neneng, N., & Suprpto, G. N. F. (2021). Otomatisasi Pakan Kucing Berbasis Mikrokontroler Intel Galileo Dengan Interface Android. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer Dan Informatika)*, 5(1), 143–152.
- Samsugi, S., Nurkholis, A., Permatasari, B., Candra, A., & Prasetyo, A. B. (2021). Internet of Things Untuk Peningkatan Pengetahuan Teknologi Bagi Siswa. *Journal of Technology and Social for Community Service (JTSCS)*, 2(2), 174.
- Samsugi, S., & Wajiran, W. (2020). IOT: Emergency Button Sebagai Pengaman Untuk Menghindari Perampasan Sepeda Motor. *Jurnal Teknoinfo*, 14(2), 99–105.
- Sarasvananda, I. B. G., Anwar, C., Pasha, D., Styawati, S., Donaya, P., & Styawati, S. (2021). ANALISIS SURVEI KEPUASAN MASYARAKAT MENGGUNAKAN PENDEKATAN E-CRM (Studi Kasus: BP3TKI Lampung). *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 2(1), 1–9. <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/JDMSI/article/view/1026>
- Sartika, L. A., & Pranoto, B. E. (2021). *Analysis of Humor in the Big Bang Theory By Using Relevance Theory : a Pragmatic Study*. 2(1), 1–7.
- Selamet, S., Rahmat Dedi, G., Adhie, T., & Agung Tri, P. (2022). Penerapan Penjadwalan Pakan Ikan Hias Molly Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO dan Sensor RTC DS3231. *Jtst*, 3(2), 44–51.
- Setiawan, A., & Pasha, D. (2020). Sistem Pengolahan Data Penilaian Berbasis Web Menggunakan Metode Pieces (Studi Kasus : Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Provinsi Lampung). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTSI)*, 1(1), 97–104.
- Sintaro, S., Surahman, A., Andraini, L., & Ismail, I. (2022). Implementasi Motor Driver Vnh2Sp30 Pada Mobil Remote Control Dengan Kendali Telepon Genggam Pintar. *Jtst*, 3(1), 9–16.
- Sintaro, S., Surahman, A., & Pranata, C. A. (2021). Sistem Pengontrol Cahaya Pada Lampu Tubular Daylight Berbasis Iot. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 2(1), 28–35.

- Suaidah, S. (2021). Teknologi Pengendali Perangkat Elektronik Menggunakan Sensor Suara. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 02(02). <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jtst/article/view/1341>
- Sucipto, A., & Bandung, Y. (2016). Stereotypes based resource allocation for multimedia internet service in limited capacity network. *2016 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, 272–277.
- Sugara, H., Marudut, V., Siregar, M., Sinaga, K., Hanafiah, M. A., & Dunan Pardede, H. (2021). *SAW and Electre Methods Implementation for Scholarship Awardee Decision*. 01, 4. <https://doi.org/10.31763/iota.v1i4.496>
- Sulistiani, H., Yuliani, A., & Hamidy, F. (2021). Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Upah Lembur Karyawan Menggunakan Extreme Programming. *Technomedia Journal*, 6(1 Agustus).
- Susanto, E. R., Puspaningrum, A. S., & Neneng, N. (2019). Kombinasi Gifshuffle, Enkripsi AES dan Kompresi Data Huffman Untuk Meningkatkan Keamanan Data. *Jurnal Tekno Kompak*, 15(1), 1–12.
- Technology, I., Informasi, S. S., Indonesia, U. T., Informatika, P. S., Indonesia, U. T., Ulum, F., Gunawan, R. D., & Abidin, Z. (2023). *Pelatihan Pemograman Python Tingkat Dasar di SMKN 7 Bandarlampung*. 1(3), 142–147.
- Ulinuha, A., & Widodo, W. A. (2018). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Mikro Untuk Keperluan Penerangan Jalan. *The 7th University Research Colloquium*, 128–135.
- Utami Putri, N. (2022). Rancang Bangun Perangkat Hama Serangga Pada Padi Dengan Sumber Sel Surya (Studi Kasus: Rama Otama 1, Seputih Raman, Lampung Tengah, Lampung). *Electrician*, 16(1), 123–128. <https://doi.org/10.23960/elc.v16n1.2265>
- Utami Putri, N., Persada Sembiring, J., Jayadi, A., Jafar Adrian, Q., & Sudana, I. W. (2022). Pelatihan Doorlock Bagi Siswa/Siswi Mas Baitussalam Miftahul Jannah Lampung Tengah. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 3(2), 198. <https://doi.org/10.33365/jsstcs.v3i2.2022>
- Wajiran, W., Riskiono, S. D., Prasetyawan, P., & Iqbal, M. (2020). Desain Iot Untuk Smart Kumbung Thinkspak Dan Nodemcu. *POSITIF: Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 6(2), 97–103.
- Wantoro, A. (2017). PENERAPAN LOGIKA FUZZY PADA CONTROL SUARA TV SEBAGAI ALTERNATIVE MENGHEMAT DAYA LISTRIK. *Prosiding Seminar Nasional Metode Kuantitatif*, 1.
- Wantoro, A., Samsugi, S., & Suharyanto, M. J. (2021). Sistem Monitoring Perawatan dan Perbaikan Fasilitas PT PLN (Studi Kasus : Kota Metro Lampung). *Jurnal TEKNO KOMPAK*, 15(1), 116–130.
- Wibowo, H., Mulyadi, Y., & Abdullah, A. G. (2012). Peramalan BPeramalan Beban Listrik Jangka Pendek Terklasifikasi Berbasis Metode Autoregressive Integrated Moving Average Beban Listrik Jangka Pendek Terklasifikasi Berbasis Metode Autoregressive Integrated Moving Average. *Electrans*, 11(2), 44–50.
- Widiyawati, Y. (2022). Analisis Pengaruh Belanja Online Terhadap Perilaku Perjalanan Belanja Dimasa Pandemi Covid-19. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 3(02), 25–31.