

Analisis Kinerja Sistem *Photovoltaic Management Platform* pada Implementasi Sistem PLTS *Hybrid* Berbasis *Internet of Things* Area R&D Syngenta Cikampek

Kurniawan Aprilianto¹, Unan Yusmaniar^{1,*}

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Gadjah Mada;

kurniawanapriliantowawan@mail.ugm.ac.id,

*Korespondensi: unan_yusmaniar@ugm.ac.id

Abstract – Hybrid solar power plants that combine solar energy with other power sources are becoming popular for reliable and sustainable energy availability. To ensure the efficient management of these plants, the performance of the photovoltaic management platform is crucial. This research focuses on evaluating the performance of photovoltaic management platforms in an internet of things (IoT)-based hybrid solar power plant. The study measures the quality of service (QoS) of data transmission and conducts usability testing on the Solarman Smart photovoltaic management platform. The results demonstrate that the tested solar PV system performs optimally, with high network service quality. The PV plant management platform also shows a good level of usability performance, including advantages in system comprehension, efficiency, memorability, error rate, and user satisfaction. These findings contribute to the overall quality, reliability, and satisfaction of monitoring PV plant performance. The study highlights the importance of network quality and usability in enhancing the performance of hybrid solar power plants.

Keywords – internet of things (IoT), quality of service, Nielsen Attributes of Usability, photovoltaic management platform, , solar system

Intisari – Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *hybrid* yang menggabungkan energi surya dengan sumber daya lain seperti baterai atau *grid* listrik konvensional menjadi pilihan yang relevan untuk memastikan ketersediaan energi yang dapat diandalkan, stabil, dan berkelanjutan. Kinerja *photovoltaic management platform* yang mengelola proses produksi, distribusi, dan konsumsi energi surya, menjadi kritis dalam menghadapi kompleksitas sistem ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kinerja *photovoltaic management platform* dalam konteks penerapan PLTS *hybrid* berbasis *internet of things* (IoT). Metode analisis data melibatkan pengukuran kualitas pengiriman data (*quality of service/QoS*) menggunakan standar ITU-T G.1010 pada sistem IoT pemantauan PLTS, serta pengujian *Nielsen Attributes of Usability (NAU)* pada penggunaan platform manajemen *photovoltaic Solarman Smart*. Hasil utama penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS yang diuji berkinerja optimal, dengan kualitas layanan jaringan yang tinggi. Platform manajemen PLTS menunjukkan tingkat kinerja *usability* yang baik, dengan keunggulan *usability* seperti pemahaman sistem, efisiensi, kemudahan diingat, tingkat *error*, dan kepuasan pengguna dalam memanfaatkan *PV plant Management Platform*. Hasil ini memberikan kontribusi positif terhadap kualitas, keandalan, serta kepuasan pemantauan kinerja PLTS secara keseluruhan. Terdapat hubungan yang berbanding lurus antara kualitas jaringan, tingkat kinerja, dan kepentingan *usability*.

Kata kunci – *internet of things* (IoT), kualitas layanan, *Nielsen Attributes of Usability* , *photovoltaic management platform*, PLTS

I. PENDAHULUAN

Energi memegang peran yang sangat vital dalam mendukung pembangunan, baik di tingkat nasional maupun internasional. Khususnya, energi listrik memiliki dampak langsung maupun tidak langsung dalam menggerakkan roda perekonomian dan menciptakan kesejahteraan bagi berbagai lapisan masyarakat. Regulasi terkait pasokan energi listrik di Indonesia diatur dalam Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang energi, dengan prinsip pengelolaan energi berdasarkan asas kemanfaatan, efisiensi berkeadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian fungsi lingkungan hidup, ketahanan nasional, dan keterpaduan, dengan mengutamakan kemampuan nasional [1].

Pasokan energi listrik saat ini masih didominasi oleh sumber energi tidak terbarukan, terutama dari fosil, yang tercermin dalam penggunaan pembangkit listrik tenaga diesel, gas, dan batu bara. Ketergantungan pada sumber daya ini menciptakan tantangan terkait keberlanjutan dan memicu

upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan.

Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Perusahaan Listrik Negara mencatat proyeksi pertambahan kapasitas pembangkit listrik hingga tahun 2030. Dari total pertambahan kapasitas, lebih dari setengahnya (51,6%) diharapkan berasal dari energi baru terbarukan (EBT), menunjukkan komitmen Indonesia dalam meningkatkan porsi energi terbarukan dalam bauran energi. Sebagai bagian dari EBT, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mendapat perhatian khusus dengan proyeksi kapasitas signifikan [2].

PLTS sebagai sistem pembangkit listrik yang mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik, menjadi pilihan menjanjikan untuk menyediakan energi bersih dan ramah lingkungan. Namun, untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi surya, diperlukan sistem manajemen yang efektif dan terintegrasi. *Internet of things* (IoT) telah

muncul sebagai solusi yang mampu meningkatkan efisiensi dan menghubungkan komponen-komponen dalam PLTS [3].

Dalam konteks ini, PLTS *hybrid* yang menggabungkan energi surya dengan sumber daya lain seperti baterai atau *grid* listrik konvensional, menjadi pilihan yang relevan untuk memastikan ketersediaan energi yang stabil, dapat diandalkan, dan berkelanjutan. Kinerja *photovoltaic* (PV) *management platform* yang mengelola produksi, distribusi, dan konsumsi energi surya, menjadi kritis dalam menghadapi kompleksitas sistem ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki lebih lanjut tentang kinerja platform manajemen *photovoltaic* dalam konteks PLTS *hybrid* berbasis IoT. Fokus penelitian melibatkan bagaimana platform dapat mengelola berbagai sumber energi dengan cerdas dan efisien, serta bagaimana integrasi dengan teknologi IoT dapat meningkatkan *monitoring*, kontrol, dan pengambilan keputusan dalam sistem. Dengan harapan bahwa penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih baik tentang potensi dan tantangannya, juga menjadi panduan praktis untuk perbaikan dan peningkatan kinerja platform manajemen PV. Kontribusi penelitian diharapkan dapat mendukung pengembangan sistem energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan serta meningkatkan pemahaman tentang peran IoT dalam mendukung keberlanjutan energi dan mitigasi perubahan iklim.

II. TINJAUAN ANALISIS

A. Lingkup Tinjauan

Penelitian ini mengeksplorasi kinerja sistem platform manajemen PV pada implementasi Sistem PLTS *Hybrid* berbasis IoT. Sejumlah penelitian sebelumnya telah fokus pada evaluasi performa PLTS dengan sistem *on-grid*. Namun, penelitian ini memperdalam aspek-aspek kinerja dan tingkat kepentingan terhadap platform manajemen PV dalam konteks sistem *hybrid*. Meskipun terbatasnya referensi dalam sistem *hybrid*, penelitian ini menghadapi tantangan menyusun konsep dan metodologi berdasarkan informasi yang terbatas.

Analisis yang menggabungkan *Quality of Service* (QoS), kinerja sistem, dan tingkat kepentingan terhadap platform manajemen PV membawa terobosan baru. Integrasi elemen-elemen ini diharapkan memberikan wawasan mendalam dan solusi inovatif terkait performa platform manajemen PV dalam implementasi sistem PLTS *hybrid* berbasis IoT.

Penelitian pada [1] melakukan analisis komparatif antara perhitungan kinerja optimal dari PLTS dengan perhitungan perangkat lunak Pvsyst, SAM, HelioScope. Faktor-faktor seperti radiasi matahari, temperatur, kapasitas, dan daya PLTS dipertimbangkan dalam analisis penelitian tersebut. Studi yang dilakukan pada [4] melakukan analisis kuantitatif terhadap sistem jaringan berbasis QoS pada *hotspot* di Institut Shanti Bhuana. Parameter QoS seperti *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* diukur dan dibandingkan dengan standar TIPHON.

Penelitian [5] mengadopsi metode studi literatur yang mencakup bahan-bahan mengenai *user interface*, *usability testing*, dan *Nielsen's Attribute of Usability* (NAU) *Model*. Untuk pengujian, penelitian ini menggunakan SEM dan *Smart PLS* sebagai alat statistik. Penelitian ini dilakukan untuk menguji tingkat pembelajaran, efisiensi, daya ingat, tingkat kesalahan, dan kepuasan dari permainan kosakata menggunakan metode NAU. Hasilnya menunjukkan tingkat pembelajaran permainan kosakata sebesar 74,4%, tingkat efisiensi 82,3%, tingkat daya ingat 84,1%, tingkat kesalahan 49,5%, dan tingkat kepuasan 80,2%.

Penelitian yang dilakukan pada [6] melakukan analisis deskriptif melalui parameter QoS meliputi *delay/latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*, dan MOS (*mean opinion score*) pada jaringan internet di UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon - LIPI. Temuan penelitian memberikan rekomendasi tindakan perbaikan untuk meningkatkan kualitas jaringan internet di UPT tersebut.

Studi pada [7] menggunakan kuesioner NAU untuk menilai kegunaan platform web manajemen penelitian Universitas Maroko yang disebut SIMARECH. Temuan studi ini menunjukkan bahwa platform ini memiliki tingkat kegunaan yang tinggi namun juga mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan. Penelitian pada [8] melakukan analisis komparatif antara data perangkat lunak HOMER dan data historis sistem untuk menyimulasikan PLTH Baron Techno Park dengan dua kondisi yang berbeda, yaitu *off-grid* dan *on-grid*.

Penelitian pada [7] mengadopsi metode Kuesioner NAU digunakan untuk menilai kegunaan platform SIMARECH. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kegunaan platform web manajemen penelitian Universitas Maroko yang disebut SIMARECH. Hasilnya menunjukkan bahwa platform ini memiliki tingkat kegunaan yang tinggi namun juga mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan.

Studi pada [9] melakukan analisis QoS pada sistem monitoring status kesehatan untuk menguji parameter sistem seperti *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki potensi sebagai alat pemantauan kesehatan yang cermat.

Penelitian pada [10] menggunakan metode penelitian pengukuran *usability* dengan menghitung data kuesioner. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penilaian konsumen terhadap *website* bisnis Pikapp Indonesia. Hasilnya menunjukkan bahwa *website* sudah dapat dianggap *usable* dengan nilai rata-rata keseluruhan 0,877 dari skala Likert 1-5. *Learnability*, *memorability*, *efficiency*, *errors*, dan *satisfaction* semuanya mendapat penilaian positif, namun *variabel efficiency* perlu perbaikan karena memiliki nilai paling rendah.

Penelitian [11] menganalisis kinerja jaringan Telkomsel 4G di Soreang, Indonesia dengan memanfaatkan alat *Wireshark* dan memperhatikan parameter QoS seperti unggah, unduh, *streaming video*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Temuan dari penelitian menunjukkan bahwa kinerja jaringan

Telkomsel di wilayah Soreang pada malam hari sangat baik, tanpa adanya kehilangan paket dan dengan kecepatan mencapai 375 Kbps hingga 1,2 Mbps.

B. Nielsen's Attributes of Usability (NAU)

Usability testing adalah pengujian yang mempertimbangkan kemudahan dipelajari, efisiensi, dan kemampuan mengingat alur interaksi, dengan tujuan meminimalkan kesalahan atau kesulitan pengguna [12]. Metode kuantitatif untuk menguji *usability* halaman *website* menggunakan kuesioner adalah metode NAU yang terdiri dari 5 kategori aspek kegunaan [13]:

1. *Learnability*: seberapa mudah pengguna memahami cara penggunaan dan fungsi halaman.
2. *Efficiency*: seberapa cepat pengguna dapat menyelesaikan tugas atau mencapai tujuan pada halaman.
3. *Memorability*: sejauh mana pengguna dapat mengingat langkah-langkah atau proses untuk mencapai tujuan.
4. *Errors*: frekuensi kesalahan yang mungkin terjadi dan kemudahan pengguna memperbaikinya.
5. *Satisfaction*: tingkat kepuasan pengguna dan tanggapan emosional terhadap keseluruhan aplikasi.

C. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah metode pengukuran kinerja jaringan untuk memastikan layanan yang diinginkan. QoS meningkatkan produktivitas pengguna dengan memastikan aplikasi jaringan memberikan kinerja yang handal. Fokus QoS adalah meningkatkan layanan untuk jenis lalu lintas tertentu dalam berbagai teknologi jaringan. Menjaga kualitas layanan adalah tantangan utama dalam jaringan IP dan Internet, dengan sasaran memenuhi beragam kebutuhan layanan menggunakan infrastruktur yang sama. QoS memungkinkan penentuan karakteristik layanan dalam hal kualitas dan kuantitas [14], [15].

Dalam pengukuran QoS menurut standar ITU-T G.1010, sejumlah parameter perlu dipertimbangkan untuk mengevaluasi kualitas layanan jaringan, yang sangat mempengaruhi pengalaman pengguna dan ketersediaan layanan [16].

1) *Throughput*: Jumlah total kedatangan paket sukses pada tujuan selama periode waktu tertentu, dibagi durasi interval waktu. Kecepatan transfer data efektif dalam satuan bps (*bit per second*). Berkaitan dengan *bandwidth* dan dinamis sesuai dengan keadaan jalur trafik [6]. Tabel 1 merupakan kategori nilai *throughput*.

Tabel 1. Kategori *throughput*

Kategori	Throughput (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Buruk	< 25	1

2) *Packet loss*: Parameter yang mencerminkan hilangnya sejumlah paket selama pengiriman data. Faktor-faktor penyebab meliputi *overload* jaringan, tabrakan antar paket, malafungsi perangkat *hardware*, dan kegagalan pada sisi penerima seperti *router buffer overflow* atau kemacetan pengiriman data [17]. Tabel 2 merupakan kategori nilai *packet loss*.

Tabel 2. Kategori *packet loss*

Kategori	Packet loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0-2	4
Bagus	3-14	3
Sedang	15-24	2
Buruk	> 25	1

3) *Delay (Latency)*: Interval waktu tunda dalam pengiriman data dari pengirim ke penerima. Faktor-faktor yang mempengaruhi meliputi jarak antar perangkat, media fisik, performansi perangkat, dan kongesti atau waktu proses yang lama [6]. Tabel 3 merupakan kategori nilai *delay* atau *latency*.

Tabel 3. Kategori *delay* atau *latency*

Kategori	Delay/Latency (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<150	4
Bagus	150-300	3
Sedang	300-450	2
Buruk	>450	1

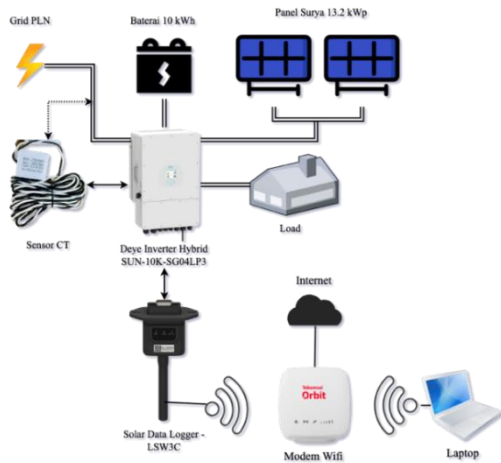
4) *Jitter atau Variasi Kedatangan Packet*: Variasi tunda antara satu *packet* dengan yang lain dalam panjang antrian, pengolahan data, dan penghimpunan ulang *packet* pada jaringan. Secara umum disebut variasi *delay* dan berkaitan dengan *latency*, menunjukkan intensitas variasi *delay* pada transmisi data di jaringan. Bergantung pada jumlah lalu lintas; peningkatan lalu lintas menyebabkan peningkatan kemacetan dan *jitter*. Untuk menjaga optimalisasi QoS dan keamanan jaringan, idealnya nilai *jitter* harus diminimalkan [4]. Tabel 4 merupakan kategori nilai *jitter*.

Tabel 4. Kategori *jitter*

Kategori	Peak Jitter (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	0-75	3
Sedang	75-125	2
Buruk	125-225	1

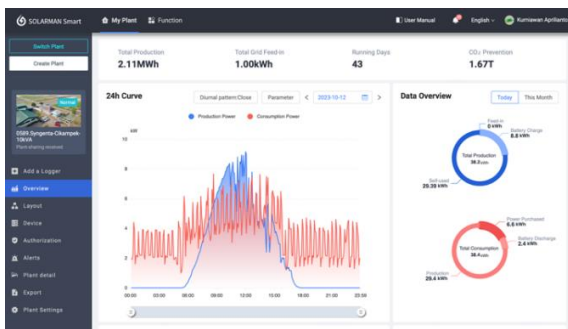
III. METODOLOGI

Lokasi penelitian berada di Area R&D Syngenta Indonesia Station Cikampek, Gedung Syngenta Public Health Laboratory Cikampek, Pangulah Baru, Kecamatan Kota Baru, Karawang, Jawa Barat, dengan kode pos 41373. Proyek bernama "Proyek Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya-13.2KWP/10KVA" dengan kapasitas 13.2kWP/10kVA. Menggunakan spesifikasi tipe *rooftop hybrid system*, proyek ini menggabungkan sumber energi dari produksi PLTS dan pasokan listrik PLN. Gambar 1 merupakan konfigurasi pengujian sistem yang dilakukan.



Gambar 1. Konfigurasi pengujian sistem

Pada penelitian ini digunakan metode pengujian QoS jaringan dan pengujian *usability* dengan metode NAU untuk mengevaluasi *usability* sistem. Pada pengujian QoS jaringan, evaluasi performa jaringan dengan mengumpulkan sampel data mentah menggunakan *Wireshark*. Fokus pada parameter QoS seperti *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter*.



Gambar 2. Tampilan dashboard PV management plant

Pada pengujian *usability* dengan metode NAU data dikumpulkan melalui pengisian kuesioner secara langsung. Kuesioner ditargetkan pada pengguna PLTS, teknisi instalasi PLTS, dan tokoh akademik di bidang energi terbarukan, khususnya tenaga surya. Metode penilaian menggunakan skala *Likert* untuk mendapatkan tanggapan tentang sikap, pendapat, serta kesimpulan responden terkait dengan isu tertentu [5]. Fokus penelitian terutama pada halaman beranda dan menu-menu yang disesuaikan dengan parameter-parameter yang relevan untuk subjek penelitian. Tampilan dashboard PV management platform dapat dicermati pada Gambar 2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara rinci pengujian dan analisis dalam penelitian ini. Tujuan pengukuran dan analisis ini adalah mendapatkan pemahaman mendalam tentang tingkat QoS dan mengevaluasi kegunaan PV management platform.

Pengukuran dan analisis mencakup aspek performa dan kegunaan PV management platform. Data yang diperoleh

akan memberikan gambaran komprehensif tentang kinerja sistem dalam memberikan layanan berkualitas QoS dan tingkat kegunaan platform untuk pengelolaan PLTS.

Pemahaman mendalam hasil pengukuran dan analisis ini akan menjadi dasar untuk merumuskan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan performa dan kegunaan PV management platform. Bab ini menjadi kunci untuk memahami sejauh mana sistem dapat memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna serta efektivitasnya dalam mendukung operasional PLTS secara keseluruhan.

A. Pengujian Quality of Service (QoS)

Pengujian bertujuan menguji parameter kritis seperti *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Menggunakan *Wireshark* sebagai network analyzer, laptop merekam data dari interaksi antara perangkat Inverter dan laptop, juga memantau dashboard PV management platform. Data yang direkam menjadi data set awal untuk analisis QoS melibatkan *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Analisis ini krusial untuk mengevaluasi performa jaringan dan memastikan memenuhi standar kualitas.

Penelitian ini merancang skenario pengambilan data untuk mencerminkan berbagai situasi operasional. Hasil rata-rata dari skenario ini digunakan sebagai acuan untuk perbandingan, dievaluasi sesuai standar ITU-T G.1010 dan pedoman ETSI. Pengujian dijalankan empat kali pada jam optimal dengan durasi selama satu hari, terutama saat PV Management Platform memantau produksi PLTS puncak dengan cuaca yang terik. Sesi pengujian berlangsung pada pukul 10.00, 12.00, 14.00, dan 16.00 WIB di Area R&D Syngenta Indonesia Station Cikampek. Pendekatan ini memberikan gambaran holistik kinerja sistem selama proses pengujian.

1) *Throughput*: Tabel 5 menampilkan hasil pengukuran *throughput*. Dari data tersebut, disimpulkan bahwa *throughput* tergolong sangat baik sesuai kategori standar ITU-T G.1010.

Tabel 5. Hasil pengukuran *throughput*

No.	Waktu (WIB)	Throughput (bits/s)	Keterangan	
			Indeks	Kategori
1	10.00	82,5213082K	4	Sangat Bagus
2	12.00	327,435768K	4	Sangat Bagus
3	14.00	303,449067K	4	Sangat Bagus
4	16.00	4,15161448K	1	Buruk
Rata-rata		179,38943942K	4	Sangat Bagus

Rata-rata *throughput* mencapai 179Kbps, menunjukkan performa optimal sistem selama pengujian, memenuhi standar yang ditetapkan.

2) *Packet loss*: Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran tingkat *packet loss*. Analisis data tersebut menunjukkan nilai *packet loss* sangat bagus, dengan rata-rata mencapai 0%, selama pemantauan PV management platform pada puncak produksi PLTS pada jam 10.00, 12.00, 14.00, dan 16.00 WIB.

Tabel 6. Hasil pengukuran *packet loss*

No	Waktu (WIB)	Packet loss (%)	Keterangan	
			Indeks	Kategori
1	10.00	0	4	Sangat Bagus
2	12.00	0	4	Sangat Bagus
3	14.00	0	4	Sangat Bagus
4	16.00	0	4	Sangat Bagus
Rata-rata		0	4	Sangat Bagus

Rendahnya atau nolnya *packet loss* menjadi indikator kinerja jaringan yang stabil dan dapat diandalkan, sesuai standar ITU-T G.1010.

3) *Delay*: Tabel 7 menyajikan hasil pengukuran tingkat *delay*. Data tersebut memberikan gambaran terperinci tentang hasil pengukuran *delay*, yang dibandingkan dengan standar ITU-T G.1010. Dengan nilai rata-rata *delay* sebesar 0,029877014 ms, hasil tersebut tergolong sangat bagus, mencerminkan performa optimal jaringan pada platform pengelolaan PLTS, terutama dalam kondisi operasi optimal.

Tabel 7. Hasil pengukuran *delay*

No.	Waktu (WIB)	Delay (ms)	Keterangan	
			Indeks	Kategori
1	10.00	0,005454155	4	Sangat Bagus
2	12.00	0,001371905	4	Sangat Bagus
3	14.00	0,001480679	4	Sangat Bagus
4	16.00	0,111201316	3	Bagus
Rata-rata		0,029877014	4	Sangat Bagus

4) *Jitter*: Tabel 8 menunjukkan hasil pengukuran *jitter* di lapangan tempat penelitian. Dibandingkan dengan standar ITU-T G.1010, nilai rata-rata *jitter* 0,0000050707380 ms tergolong sangat bagus. *Jitter* yang sangat rendah menunjukkan variasi waktu pengiriman paket yang minimal, mengindikasikan kualitas layanan tinggi di lokasi proyek. Hal ini bermanfaat, terutama untuk mendukung aplikasi atau layanan yang memerlukan stabilitas dan ketepatan waktu, seperti layanan suara atau video berbasis IP.

Tabel 8. Hasil pengukuran *jitter*

No.	Waktu (WIB)	Jitter (ms)	Keterangan	
			Indeks	Kategori
1	10.00	0,0000000527027	4	Sangat Bagus
2	12.00	0,0000000863558	4	Sangat Bagus
3	14.00	0,0000108747346	4	Sangat Bagus
4	16.00	0,0000092691589	4	Sangat Bagus
Rata-rata		0,0000050707380	4	Sangat Bagus

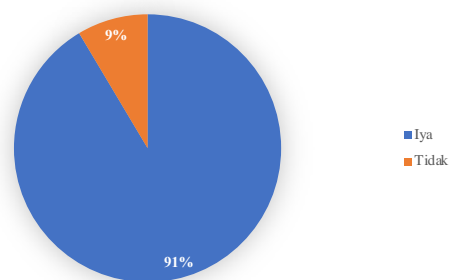
B. Pengujian Aspek Kegunaan

Uji kegunaan (*usability testing*) terhadap *website PV plant management platform SOLARMAN Smart* melibatkan 35 responden. Responden memberikan tanggapan dan penilaian terhadap berbagai aspek *website*, memberikan hasil evaluasi yang mencerminkan beragam perspektif pengguna.

1) *Ruang Lingkup Pengujian*: Penelitian ini berfokus pada eksplorasi dan evaluasi platform pengelolaan PLTS pada *website PV plant management platform SOLARMAN Smart*, diakses melalui <https://home.solarmanpv.com>. Fokus penelitian terutama pada halaman beranda dan menu-menu yang disesuaikan dengan parameter-parameter yang relevan untuk subjek penelitian.

2) *Demografi Responden*: Penelitian melibatkan 35 responden dengan berbagai latar belakang profesi. Dengan melibatkan responden dari berbagai kelompok pengguna, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perspektif yang beragam dan representatif terkait kegunaan serta respons terhadap *PV plant management platform SOLARMAN Smart*.

Persebaran Jumlah Pengguna PLTS



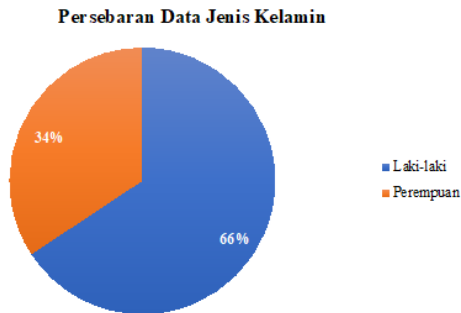
Gambar 3. Persebaran data jumlah pengguna PLTS

Gambar 3 menunjukkan bahwa 91% dari total 35 responden adalah pengguna aktif PLTS, yaitu 32 orang. Sementara itu, 9% atau 3 responden tidak menggunakan PLTS, di mana kelompok responden yang tidak menggunakan PLTS tersebut merupakan para teknisi yang melakukan instalasi pemasangan PLTS. Hal ini secara tidak langsung, responden teknisi tersebut juga memiliki pengalaman dalam menggunakan *PV plant management platform SOLARMAN Smart*, terutama dalam tahap *installation* serta *maintenance*. Analisis demografi ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang keterlibatan dan pengalaman pengguna PLTS dalam evaluasi *usability PV plant management platform SOLARMAN Smart*. Melibatkan sebagian besar pengguna yang berpengalaman langsung dengan PLTS, hasil penelitian dapat memberikan wawasan yang relevan dan bermanfaat dalam meningkatkan kegunaan platform tersebut.

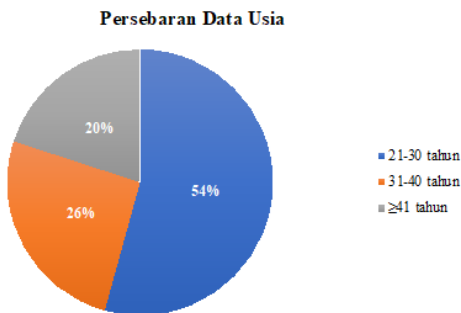
Gambar 4 menunjukkan bahwa 66% dari total 35 responden adalah laki-laki (23 orang), sedangkan perempuan menyumbang 34% (12 orang). Analisis demografi ini memberikan gambaran rinci tentang distribusi jenis kelamin responden dalam pengujian *usability website PV plant management platform SOLARMAN Smart*, memberikan *insight* yang berguna dalam memahami keragaman respons pengguna terhadap platform tersebut.

Gambar 5 menunjukkan mayoritas responden (54%) berada dalam rentang umur 21-30 tahun (19 orang). Responden dengan rentang umur 31-40 tahun menyumbang 26% (9 orang), sementara responden dengan rentang umur

≥41 tahun mencapai 20% (7 orang) dari total 35 responden. Analisis ini memberikan informasi penting mengenai distribusi umur responden, memberikan wawasan lebih dalam terkait preferensi dan persepsi dari kelompok umur yang berbeda terhadap *website PV plant management platform SOLARMAN Smart*.

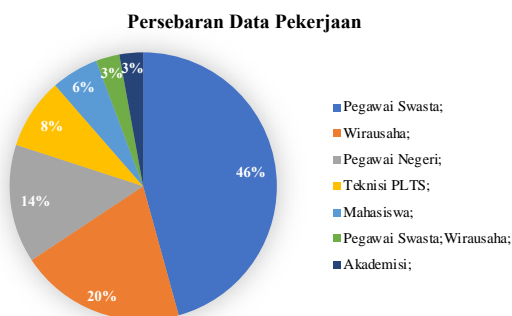


Gambar 4. Persebaran data jenis kelamin responden



Gambar 5. Persebaran data usia responden

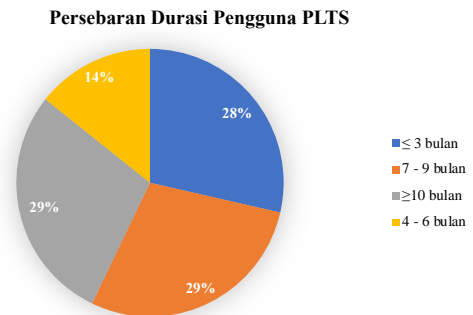
Gambar 6 menunjukkan pola demografi responden berdasarkan jenis pekerjaan. Mayoritas responden (46%) merupakan Pegawai Swasta (16 orang), sementara wirausaha menyumbang 20% (7 orang), Pegawai Negeri 14% (5 orang), dan Teknisi PLTS 8% (3 orang).



Gambar 6. Persebaran data pekerjaan responden

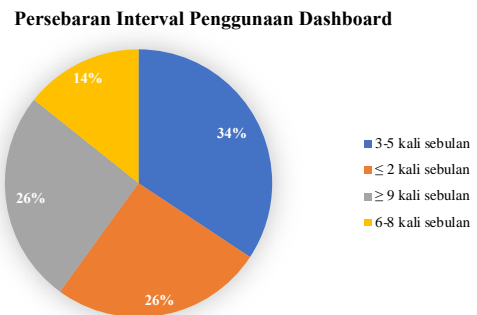
Kategori lainnya, seperti mahasiswa, menyumbang 6% (2 orang). Responden yang memiliki pekerjaan ganda sebagai pegawai swasta dan wirausaha serta akademisi masing-masing memiliki persentase 3% (1 orang). Analisis demografi ini memberikan gambaran lebih lengkap tentang diversitas pekerjaan responden serta karakteristik mereka dalam

pengujian *usability website PV plant management platform SOLARMAN Smart*.



Gambar 7. Persebaran data durasi pengguna PLTS

Dari Gambar 7 yang membahas demografi responden berdasarkan durasi penggunaan PLTS, dapat ditemukan temuan menarik. Sebanyak 28% atau 10 responden memiliki pengalaman menggunakan PLTS selama kurang lebih tiga bulan, sementara 14% atau 5 responden memiliki pengalaman 4-6 bulan. Selanjutnya, 29% atau 10 responden telah menggunakan PLTS selama 7-9 bulan, dan persentase 29% atau 10 responden juga tercatat untuk yang menggunakan PLTS selama lebih dari 10 bulan. Analisis demografi ini memberikan pemahaman mendalam tentang tingkat pengalaman responden terhadap PLTS, yang dapat mempengaruhi evaluasi *usability platform SOLARMAN Smart* mengingat variasi durasi penggunaan yang signifikan.



Gambar 8. Persebaran data interval penggunaan dashboard

Dari Gambar 8 yang membahas demografi responden berdasarkan interval penggunaan *dashboard* PLTS, dapat diperoleh pemahaman yang rinci tentang kebiasaan dan intensitas penggunaan. Sebanyak 26% atau 9 responden menggunakan *dashboard* PLTS kurang dari 2 kali per bulan, 34% atau 12 responden menggunakan *dashboard* PLTS 3-5 kali per bulan. Selanjutnya, 14% atau 5 responden menggunakan *dashboard* PLTS 6-8 kali per bulan, dan 26% atau 9 responden menggunakan *dashboard* PLTS lebih dari 9 kali per bulan. Analisis ini memberikan wawasan tentang seberapa sering responden mengakses dan menggunakan *dashboard* PLTS, memungkinkan identifikasi pola dan tendensi yang berkaitan dengan frekuensi interaksi pengguna dengan platform SOLARMAN Smart. Penting untuk mengukur tingkat keterlibatan pengguna dan memastikan

bahwa kebutuhan dan harapan pengguna terpenuhi sesuai dengan tingkat intensitas penggunaan *dashboard* PLTS.

3) *Hasil Pengujian Kegunaan (Usability)*: Dalam pengujian menggunakan metode kuesioner, baik melalui pendekatan luring atau kuesioner cetak, langkah-langkah pengolahan data harus dijalani untuk menyiapkan data mentah agar siap untuk analisis. Setelah pengolahan data selesai, langkah berikutnya adalah membuat rekapitulasi hasil pengujian. Data tersebut mencakup jawaban setiap responden dan menjadi dasar untuk menyusun kesimpulan yang dapat diandalkan. Berdasarkan rekapitulasi yang disusun, langkah selanjutnya adalah membuat data set dengan label kode pada setiap dimensi pertanyaan kuesioner.

Hal ini terlihat dalam Tabel 9, yang memberikan gambaran tentang identifikasi dan penandaan sistematis setiap dimensi pertanyaan kuesioner dengan label kode tertentu. Proses ini bertujuan memudahkan pemahaman dan interpretasi data selama analisis lebih lanjut terhadap setiap aspek pertanyaan kuesioner yang diajukan kepada responden selama pengujian.

4) *Pengukuran Tingkat Kinerja*: Dalam metode evaluasi ini, kinerja dashboard aplikasi PV *management platform* dinilai menggunakan kuesioner berbasis skala Likert. Pengukuran kinerja mengacu pada dimensi yang diadaptasi dari metode NAU, melibatkan lima dimensi utama: *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *errors*, dan *satisfaction*. Skala Likert digunakan untuk mengukur tingkat kepuasan responden, dengan rentang nilai dari 1 (sangat tidak baik) hingga 5 (sangat baik).

Tabel 9. Dimensi pertanyaan kuesioner penelitian *usability*

No.	Kode	Pertanyaan
Learnability		
1	L1	Penggunaan <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS mudah dipelajari.
2	L2	Informasi dalam <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS mudah dipahami.
3	L3	<i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS mudah dioperasikan.
4	L4	<i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS mudah diajarkan kepada orang lain.
Efficiency		
5	EF5	Fitur-fitur dalam <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS dapat diakses dengan cepat.
6	EF6	Informasi dalam <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS dapat diperoleh dengan cepat.
7	EF7	<i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS berjalan sesuai dengan fungsi yang ada di dalamnya.
Memorability		
8	M8	<i>User Navigation</i> dalam <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS mudah untuk diingat.
9	M9	Menu dan fitur dalam <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS mudah diingat.
10	M10	<i>Framework</i> pada <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS mudah untuk diingat.
Error		
11	ER11	Konsistensi kinerja <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS.
12	ER12	Mudah diperbaiki apabila pengguna melakukan kesalahan.
Satisfaction		
13	S13	Penggunaan <i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS memberikan kesan yang baik dan nyaman saat digunakan.

No.	Kode	Pertanyaan
14	S14	<i>Dashboard</i> Pengamatan PLTS direkomendasikan untuk digunakan rekan atau kerabat.

Tabel 10 yang terlampir memperlihatkan interval penilaian pada skala Likert sebagai pedoman dalam menilai setiap aspek kinerja *dashboard* aplikasi PV *management platform*. Penggunaan skala Likert sebagai metode pengukuran memberikan kerangka yang jelas untuk mengevaluasi kinerja *dashboard* secara komprehensif, sehingga hasil evaluasi dapat diinterpretasikan dengan lebih rinci dan akurat.

Tabel 10. Interval penilaian kegunaan tingkat kinerja

Interpretasi	Kode	Persentase
Sangat Tidak Baik	STB	0% ≤ p ≤ 19,99%
Tidak Baik	TB	20% ≤ p ≤ 39,99%
Cukup Baik	CB	40% ≤ p ≤ 59,99%
Baik	B	60% ≤ p ≤ 79,99%
Sangat Baik	SB	80% ≤ p ≤ 100%

Setelah perhitungan cermat, hasil evaluasi tingkat kinerja *dashboard* aplikasi PV *management platform* direkap dalam tabel 11. Proses penilaian menggunakan skala Likert sebagai instrumen utama untuk mengevaluasi berbagai aspek kinerja aplikasi, memberikan representasi visual dan terstruktur dari data hasil perhitungan.

Pada variabel *learnability*, tingkat kinerja mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 80%, menunjukkan persepsi positif terhadap fitur *dashboard* pengamatan PLTS, termasuk kemudahan pelajaran, pemahaman, operasi, dan keberlanjutan pengajaran kepada orang lain.

Tabel 11. Hasil perhitungan jawaban responden (Tingkat Kinerja)

Kode	Jumlah Responden					Persentase Rata-rata	Interpretasi
	STB	TB	CB	B	SB		
L1	0	2	9	15	9	78%	Baik
L2	0	0	5	18	12	84%	Sangat Baik
L3	0	2	10	14	9	77%	Baik
L4	0	0	9	16	10	81%	Sangat Baik
EF5	0	1	6	15	13	83%	Sangat Baik
EF6	0	0	12	11	12	80%	Sangat Baik
EF7	0	0	5	18	12	84%	Sangat Baik
M8	0	3	8	20	4	74%	Baik
M9	1	3	6	21	4	74%	Baik
M10	1	4	9	15	6	72%	Baik
ER11	0	0	11	15	9	79%	Baik
ER12	0	0	11	18	6	77%	Baik
S13	0	1	6	16	12	82%	Sangat Baik
S14	0	0	7	17	11	82%	Sangat Baik

Pada variabel *efficiency*, tingkat kinerja mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 82,3%, menunjukkan persepsi positif terhadap kecepatan akses fitur dan informasi pada *dashboard* pengamatan PLTS. Pada variabel *memorability*, tingkat kinerja mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 73,3%, menunjukkan persepsi yang cukup baik terhadap pemahaman menu dan fitur *dashboard* pengamatan PLTS. Pada variabel *errors*, tingkat kinerja mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 78%, menunjukkan persepsi yang cukup baik terhadap konsistensi kinerja *dashboard* pengamatan PLTS. Pada variabel *satisfaction*, tingkat kinerja mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 82%, menunjukkan

persepsi positif terhadap kesan puas dan menyenangkan saat menggunakan *dashboard* pengamatan PLTS.

5) *Pengukuran Tingkat Kepentingan*: Dalam penilaian tingkat kepentingan *dashboard* aplikasi PV *management platform*, digunakan kuesioner dengan model skala Likert yang diadaptasi dari metode NAU. Metode ini terdiri dari lima dimensi utama: *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *errors*, dan *satisfaction*. Skala Likert dengan rentang 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju) digunakan untuk mengukur kepuasan pengguna. Tabel 12 memberikan panduan interval penilaian skala Likert untuk mengartikan nilai-nilai responden, memberikan kerangka terstruktur dan terukur dalam menggambarkan tingkat kepentingan terhadap aplikasi tersebut.

Tabel 12. Interval penilaian kegunaan tingkat kepentingan

Interpretasi	Kode	Persentase
Sangat Tidak Setuju	STS	$0\% \leq p \leq 19,99\%$
Tidak Setuju	TS	$20\% \leq p \leq 39,99\%$
Cukup Setuju	CS	$40\% \leq p \leq 59,99\%$
Setuju	S	$60\% \leq p \leq 79,99\%$
Sangat Setuju	SS	$80\% \leq p \leq 100\%$

Setelah proses perhitungan yang cermat, hasil rekapitulasi mencerminkan jumlah perhitungan jawaban responden terhadap penilaian tingkat kepentingan *dashboard* aplikasi PV *management platform*. Penilaian ini menggunakan skala Likert sebagai instrumen utama untuk mengukur sejauh mana responden menganggap tingkat kepentingan dari berbagai aspek aplikasi. Informasi evaluasi disusun dalam tabel 13 sebagai representasi visual yang terstruktur untuk menyajikan data hasil perhitungan secara jelas dan rinci.

Pada variabel *learnability*, tingkat kepentingan mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 84,25%, menunjukkan bahwa narasumber sangat setuju bahwa *dashboard* pengamatan PLTS harus mudah dipelajari, dipahami, dioperasikan, dan dapat diajarkan kepada orang lain. Pada variabel *efficiency*, tingkat kepentingan mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 86,3%, menunjukkan bahwa narasumber sangat setuju bahwa *dashboard* pengamatan PLTS harus dapat diakses dengan cepat. Pada variabel *memorability*, tingkat kepentingan mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 84,6%, menunjukkan bahwa narasumber sangat setuju bahwa operasional *dashboard* pengamatan PLTS harus mudah diingat. Pada variabel *errors*, tingkat kepentingan mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 85%, menunjukkan bahwa narasumber sangat setuju bahwa konsistensi kinerja *dashboard* pengamatan PLTS harus stabil. Pada variabel *satisfaction*, tingkat kepentingan mendapatkan rata-rata penilaian sebesar 86,5%, menunjukkan bahwa narasumber sangat setuju bahwa kinerja *dashboard* pengamatan PLTS harus memberikan kesan yang baik dan nyaman saat digunakan.

Tabel 13. Hasil perhitungan jawaban responden (Tingkat Kepentingan)

Kode	Jumlah Responden					Persentase Rata-rata	Interpretasi
	STS	TS	CS	S	SS		
L1	0	0	5	18	12	84%	Sangat Setuju
L2	0	0	5	17	13	85%	Sangat Setuju
L3	0	0	4	16	15	86%	Sangat Setuju
L4	0	0	5	22	8	82%	Sangat Setuju
EF5	0	0	6	16	13	84%	Sangat Setuju
EF6	0	0	4	17	14	86%	Sangat Setuju
EF7	0	0	3	13	19	89%	Sangat Setuju
M8	0	1	5	18	11	82%	Sangat Setuju
M9	0	0	4	18	13	85%	Sangat Setuju
M10	0	0	7	9	19	87%	Sangat Setuju
ER11	0	0	5	13	17	87%	Sangat Setuju
ER12	0	1	2	22	10	83%	Sangat Setuju
S13	0	0	3	17	15	87%	Sangat Setuju
S14	0	0	5	14	16	86%	Sangat Setuju

6) *Korelasi Pengujian Quality of Service (QoS) jaringan dengan Pengujian Aspek Kegunaan (Usability)*: Pengkajian korelasi antara Pengujian QoS pada jaringan dan Pengujian Aspek Kegunaan (*usability*) menggunakan metode NAU merupakan langkah penting dalam mengevaluasi performa dan pengalaman pengguna. Evaluasi ini mengukur sejauh mana jaringan menyediakan layanan berkualitas dalam hal kecepatan, ketersediaan, dan keandalan.

Pengujian QoS menunjukkan bahwa kualitas pengiriman data pada sistem pemantauan PLTS di Area R&D Syngenta Indonesia Station Cikampek dikategorikan baik. Rata-rata *throughput* sebesar 179Kbps mencerminkan performa optimal, dan nilai *packet loss* 0% menunjukkan kinerja jaringan yang stabil. Nilai rata-rata *delay* sebesar 0,029877014 ms dan *jitter* 0,0000050707380 ms menandakan responsivitas dan kualitas layanan yang tinggi.

Metode Nielsen's digunakan untuk menguji aspek kegunaan dari *dashboard* aplikasi PV *management platform* pada PLTS. Pada variabel *learnability*, tingkat kinerja dan kepentingan mendapatkan penilaian positif sebesar 80% dan 84,25%. Variabel *efficiency* menunjukkan performa baik sebesar 82,3%, dan kepentingan mencapai 86,3%. Variabel *memorability* mendapatkan penilaian 73,3%, namun kepentingan mencapai 84,6%. Variabel *errors* mendapatkan penilaian 78%, dan kepentingan sebesar 85%. Variabel *satisfaction* mendapatkan penilaian 82%, dan kepentingan sebesar 86,5%.

Korelasi antara QoS jaringan dan aspek kegunaan menunjukkan bahwa kualitas jaringan yang baik berkontribusi pada efisiensi dan kepuasan pengguna. Integrasi hasil pengujian ini memberikan wawasan mendalam untuk

perbaikan atau peningkatan yang sesuai, meningkatkan keseluruhan kualitas layanan dan pengalaman pengguna.

V. SIMPULAN

Hasil penelitian "Analisis Kinerja Sistem PV *Management Platform* pada Implementasi Sistem PLTS *Hybrid* Berbasis IoT Area R&D Syngenta Cikampek" menyimpulkan hal berikut:

1. *Quality of service* (QoS) menunjukkan performa sistem optimal selama pengujian, dengan *throughput* rata-rata mencapai 179 Kbps, *packet loss* 0%, *delay* sekitar 0,03 ms, dan *jitter* sangat minimal. Keseluruhan, jaringan di lokasi penelitian memiliki kualitas layanan tinggi.
2. Platform manajemen PLTS berbasis PV menunjukkan tingkat kinerja *usability* yang baik, dengan penilaian variabel *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *errors*, dan *satisfaction* mencapai rata-rata di atas 73%. Keunggulan *usability* ini memberikan kontribusi positif pada pemantauan kinerja PLTS secara keseluruhan.
3. Aspek *usability* pada PV *plant management platform* mendapat tingkat kepentingan tinggi dari pengguna, dengan penilaian variabel di atas 84%. Ini menunjukkan bahwa platform dianggap penting dan sangat membantu dalam pemantauan PLTS, terutama dalam menyajikan informasi, navigasi, dan antarmuka yang ramah pengguna.
4. Hubungan kualitas jaringan memiliki korelasi positif dengan tingkat kinerja dan kepentingan *usability*. Kualitas jaringan yang optimal meningkatkan kinerja umum dan berdampak positif pada tingkat kepuasan dan kepentingan pengguna terhadap penggunaan sistem. Kesenambungan antara kualitas jaringan, kinerja, dan kepentingan *usability* berkontribusi pada tingkat QoS secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zulkifli, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, "Analisis Kinerja PLTS Rooftop On Grid Pada Gedung Pemerintah dalam Skema Ekspor Impor Energi Studi Kasus : Gedung Kantor Setjen KESDM - Jakarta," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2020.
- [2] PT PLN (Persero), "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030," Jakarta, 2021.
- [3] B. Kencana *et al.*, *Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat*. Jakarta: Indonesia Clean Energy Development II, 2018.
- [4] A. Mikola and M. Sari, 'Analisis Sistem Jaringan Berbasis QoS untuk Hot-Spot Di Institut Shanti Bhuana', *Journal of Information Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 31–35, 2022, doi: 10.46229/jifotech.v2i1.398.
- [5] E. Halim, N. K. Soeprapto Putri, N. Anisa, A. A. Arif, and M. Hebrard, "Usability Testing of Vocabulary Game Prototype Using the Nielsen's Attributes of Usability (NAU) Method," in *2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, Aug. 2021, pp. 590–594. doi: 10.1109/ICIMTech53080.2021.9534970.
- [6] R. Wulandari, 'Analisis QoS (Quality of Service) Pada Jaringan Internet (STUDI KASUS: UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI)', *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 162–172, 2016.
- [7] K. Benmoussa, M. Laaziri, S. Khouilji, M. L. Kerkeb, and A. El Yamami, 'Evaluating the Usability of a Moroccan University Research Management Web Platform', *Procedia Manufacturing*, vol. 32, pp. 1008–1016, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.315.
- [8] M. G. Pae, 'Analisis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Angin dan Surya) Di Baron Techno Park Gunungkidul Yogyakarta', 2018.
- [9] A. Syukraini and U. Y. Oktiawati, "Analisis Quality of Service (QoS) pada Sistem Pemantauan Status Kesehatan Berbasis Aplikasi Telegram," Universitas Gadjah Mada, 2020.
- [10] S. Hidayatulloh and N. Zalfayana, 'Usability Testing Pada Website Bisnis Pikapp Indonesia Dengan Kuesioner Nielsen Attributes Of Usability (NAU)', *TEKINFO*, vol. 24, 2023, doi: <https://doi.org/10.37817/tekinfo.v24i1.2790>.
- [11] A. Charisma, A. D. Setiawan, G. Megiyanto Rahmatullah, and M. R. Hidayat, 'Analysis Quality of Service (QoS) on 4G Telkomsel Networks in Soreang', *TSSA 2019 - 13th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications, Proceedings*, pp. 145–148, 2019, doi: 10.1109/TSSA48701.2019.8985489.
- [12] K. Aelani and Falahah, "Pengukuran Usability Sistem Menggunakan Use Questionnaire (Studi Kasus Aplikasi Perwalian Online STMIK 'Amikbandung')," presented at the Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012 (SNATI 2012), Yogyakarta, Jun. 2012. [Online]. Available: <https://journal.uii.ac.id/Snati/article/view/2913/2676>.
- [13] J. Nielsen, *Usability Engineering*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1994.
- [14] H. Fahmi, 'Analisis Qos (Quality of Service) Pengukuran Delay, Jitter, Packet Lost Dan Throughput Untuk Mendapatkan Kualitas Kerja Radio Streaming Yang Baik', *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 7, no. 2, pp. 98–105, 2018.
- [15] P. R. Utami, 'Analisis Perbandingan Quality of Service Jaringan Internet Berbasis Wireless Pada Layanan Internet Service Provider (Isp) Indihome Dan First Media', *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 25, no. 2, pp. 125–137, 2020, doi: 10.35760/tr.2020.v25i2.2723.
- [16] ITU-T, 'G.1010: End-user multimedia QoS categories', *International Telecommunications Union*, vol. 1010, 2002.
- [17] Apriadi, A. Zainuddin, and L. A. S. Irfan, 'Analisis QoS (Quality of Service) Jaringan Internet Kampus', *Nucl. Phys.*, vol. 13, no. 1, pp. 104–116, 2017.