

# STUDI PENGGUNAAN SMART METER DALAM MEMANTAU KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA PELANGGAN DI WILAYAH KANTOR PLN ULP SEMARANG TENGAH

Nurunnisa Fitria Baroro<sup>(1)</sup>, Sukandar<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT)

<sup>(2)</sup> Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT)

**Abstrak** Perkembangan teknologi di bidang ketenagalistrikan mendorong transformasi sistem konvensional menuju sistem yang lebih cerdas. Smart meter menjadi salah satu inovasi penting dalam memantau konsumsi energi listrik secara real-time dan akurat. Implementasi smart meter di Kantor PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Semarang Tengah perlu dikaji untuk mengetahui manfaat dan tantangannya. Penelitian ini menggunakan metode campuran (mixed methods) dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis data teknis smart meter dan kualitatif untuk mengevaluasi persepsi pelanggan. Smart meter terbukti secara signifikan meningkatkan akurasi pengukuran energi listrik hingga 98,5%, jauh lebih tinggi dibandingkan meteran analog yang hanya mencapai 92,3%. Teknologi ini juga mampu mendeteksi anomali konsumsi secara real-time, seperti pemakaian tidak wajar atau kebocoran daya, yang sulit diidentifikasi dengan sistem konvensional. Dampak Operasional PLN Implementasi smart meter mengurangi 75% keluhan tagihan dan memangkas waktu pembacaan dari 25 hari menjadi 1 hari. Selain itu, smart meter berkontribusi pada penurunan rugi-rugi non-teknis dari 8% menjadi 4,5%, serta mengoptimalkan manajemen beban puncak melalui analisis data granular. Pola Konsumsi Energi Data smart meter mengungkap bahwa 55% beban puncak terjadi pada pukul 18.00–22.00, terutama berasal dari pelanggan rumah tangga. Pola ini memberikan dasar bagi PLN untuk mengembangkan strategi time-of-use tariff guna mendorong efisiensi energi.

**Kata Kunci:** smart meter, Efisiensi Energi

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang ketenagalistrikan mendorong transformasi sistem konvensional menuju sistem yang lebih cerdas. Smart meter menjadi salah satu inovasi penting dalam memantau konsumsi energi listrik secara real-time dan akurat. Implementasi smart meter di Kantor PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Semarang Tengah perlu dikaji untuk mengetahui manfaat dan tantangannya (Priyanto, 2021).

Wilayah Semarang Tengah merupakan kawasan padat penduduk dengan pertumbuhan beban listrik rata-

rata 5% per tahun (Data PLN ULP Semarang Tengah, 2023). Tingginya konsumsi energi memerlukan sistem monitoring yang lebih efisien untuk menghindari pemborosan. Smart meter dipilih sebagai solusi karena kemampuannya dalam memberikan data konsumsi secara real-time (Nugroho et al., 2021).

Pemantauan energi listrik secara manual memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan efisiensi waktu. Smart meter mampu mengurangi kesalahan pembacaan serta memudahkan analisis pola konsumsi pelanggan. Studi ini penting dilakukan untuk mengevaluasi

sejauh mana smart meter dapat meningkatkan kualitas layanan PLN (Saputra & Wijaya, 2020).

Regulasi pemerintah melalui Permen ESDM No. 23 Tahun 2019 mendorong adopsi teknologi meteran pintar untuk mendukung program smart grid. PLN ULP Semarang Tengah telah memulai instalasi smart meter sejak 2020 sebagai proyek percontohan. Namun, evaluasi menyeluruh terhadap dampak teknologinya belum banyak dilakukan (Hidayat, 2022).

PLN sebagai penyedia listrik nasional terus berupaya meningkatkan efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan. Penggunaan smart meter diharapkan dapat mengurangi rugi-rugi teknis dan non-teknis pada jaringan distribusi. Penelitian ini akan menganalisis efektivitas smart meter dalam mendukung tujuan tersebut di wilayah ULP Semarang Tengah (Kurniawan, 2019).

Masalah ketidakakuratan pembacaan meteran konvensional sering menyebabkan konflik antara PLN dan pelanggan. Smart meter menawarkan transparansi data melalui fitur two-way communication yang meminimalkan kesalahan. Studi ini akan menguji apakah smart meter benar-benar mampu

menyelesaikan masalah tersebut di lapangan (Wibowo, 2023).

Pengalaman negara lain seperti Singapura dan Malaysia menunjukkan bahwa smart meter mampu menekan rugi-rugi energi hingga 15% (International Energy Agency, 2022). Namun, implementasi di Indonesia menghadapi tantangan seperti adaptasi pelanggan dan infrastruktur pendukung. Penelitian ini akan membandingkan hasil implementasi di Semarang Tengah dengan studi kasus lainnya (Firdaus, 2021).

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **1. Pengertian Smart Meter**

Smart meter adalah perangkat elektronik generasi baru yang mengukur konsumsi energi listrik secara digital dengan kemampuan komunikasi dua arah (Priyanto, 2021). Berbeda dengan meteran konvensional, smart meter dilengkapi fitur seperti penyimpanan data historis, deteksi gangguan, dan transmisi data otomatis (Saputra & Wijaya, 2020).

Definisi yang lain Smart meter merupakan perangkat pengukur energi listrik generasi terbaru yang mengintegrasikan teknologi digital,

komunikasi dua arah, dan sistem monitoring canggih (Priyanto, 2021). Berbeda dengan meteran analog yang hanya berfungsi sebagai alat ukur pasif, smart meter memiliki kemampuan pemrosesan data, penyimpanan informasi, dan transmisi otomatis (Saputra & Wijaya, 2020). Menurut Standar PLN SPIN 2023, smart meter didefinisikan sebagai:

*"Perangkat elektronik dengan kemampuan mengukur, mencatat, dan mengirimkan data konsumsi energi listrik secara digital melalui jaringan komunikasi terintegrasi"* (PLN, 2023).

## **Fungsi Pemantauan Konsumsi Energi**

### **Pemantauan Real-Time**

Smart meter mampu mencatat konsumsi energi listrik per interval 15 menit hingga 1 jam secara real-time (Priyanto, 2021). Data granular ini memungkinkan analisis pola beban harian, mingguan, dan bulanan pelanggan (Saputra & Wijaya, 2020). Studi kasus di Semarang menunjukkan akurasi data mencapai 99,5% dibandingkan meteran analog yang hanya 92-95% (Data PLN ULP Semarang, 2023).

Smart meter merevolusi sistem pemantauan energi listrik dengan kemampuan pengukuran dan transmisi data secara *real-time*. Berbeda dengan meteran

konvensional yang hanya menyediakan data akumulatif bulanan, smart meter mampu mencatat dan mengirimkan data konsumsi energi per interval 15 menit hingga 1 jam (Priyanto, 2021). Data granular ini memberikan gambaran rinci tentang pola konsumsi pelanggan, memungkinkan analisis berbasis waktu seperti pemakaian pagi, siang, malam, atau hari kerja versus akhir pekan (Saputra & Wijaya, 2020). Implementasi di PLN ULP Semarang Tengah menunjukkan akurasi data mencapai 99,5% dengan margin error hanya  $\pm 0,5\%$ , jauh lebih baik dibandingkan meteran analog yang memiliki akurasi 92-95% (Data PLN, 2023).

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan metode campuran (mixed methods) dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis data teknis smart meter dan kualitatif untuk mengevaluasi persepsi pelanggan (Creswell, 2014). Kombinasi ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman komprehensif tentang implementasi smart meter dari aspek teknis dan sosial (Sugiyono, 2019). Studi ini termasuk dalam kategori penelitian terapan dengan desain evaluatif untuk mengukur efektivitas smart meter (Kothari, 2004).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Efektivitas Smart Meter dalam Pemantauan Konsumsi Energi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa smart meter mampu meningkatkan akurasi pengukuran energi listrik hingga **98,5%**, jauh lebih tinggi dibandingkan meteran analog yang hanya mencapai **92,3%** (Tabel 2). Temuan ini sejalan dengan penelitian Kurniawan (2022) yang menyatakan bahwa smart meter mengurangi human error dalam pencatatan konsumsi energi. Tingginya akurasi ini didukung oleh teknologi sensor digital dan transmisi data otomatis, yang meminimalisir intervensi manual (Saputra, 2021). Selain itu, smart meter juga memungkinkan deteksi anomali seperti **pemakaian tidak wajar** atau **kebocoran daya**, yang sulit diidentifikasi pada sistem konvensional (Nugroho et al., 2023).

Keunggulan lain smart meter terletak pada kemampuannya mendeteksi anomali konsumsi secara real-time, seperti pemakaian nol tiba-tiba yang mengindikasikan pemutusan ilegal atau lonjakan daya tak wajar yang menandakan kebocoran arus (Nugroho et al., 2023). Fitur ini sangat membantu

PLN dalam mengidentifikasi potensi kehilangan energi (*losses*) lebih dini. Data lapangan menunjukkan bahwa smart meter berhasil mengurangi 35% kasus ketidaksesuaian tagihan dalam kurun waktu satu tahun setelah implementasi (Laporan PLN, 2024). Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Wijaya (2023) di Surabaya, yang menyatakan bahwa smart meter mampu menekan kesalahan billing hingga 40% berkat sistem pengukuran yang terkomputerisasi.

Dari perspektif pelanggan, smart meter meningkatkan transparansi melalui fitur akses data konsumsi harian via aplikasi mobile. Survei mengungkap bahwa 68% pelanggan aktif memantau penggunaan energi mereka, dengan 72% di antaranya mengaku lebih mudah memahami detail tagihan (Grafik 3). Hal ini memperkuat temuan Herlambang (2022) tentang peran smart meter dalam meningkatkan *customer empowerment*. Namun, beberapa kendala teknis seperti gangguan komunikasi data di 5% lokasi masih mempengaruhi konsistensi pemantauan real-time, terutama di daerah dengan sinyal seluler terbatas (Data Teknis, 2024).

Implementasi smart meter juga berkontribusi pada optimasi manajemen jaringan distribusi. Data granular yang dihasilkan memungkinkan PLN melakukan analisis pola beban (*load profiling*) untuk mengidentifikasi area dengan konsumsi energi tidak efisien. Sebanyak 12 gardu distribusi di Semarang Tengah berhasil dioptimalkan setelah evaluasi data smart meter, mengurangi risiko *overload* sebesar 15% (Laporan Operasional, 2024). Hasil ini mendukung teori Hidayat (2023) tentang integrasi smart meter dalam sistem *smart grid*, di mana data real-time menjadi dasar pengambilan keputusan strategis. Ke depan, pengembangan algoritma *machine learning* untuk analisis data smart meter dapat semakin meningkatkan efektivitas pemantauan konsumsi energi.

#### 4.2.2. Dampak Smart Meter terhadap Efisiensi Operasional PLN

Implementasi smart meter di ULP Semarang Tengah telah mengurangi **75%** keluhan tagihan dan memangkas waktu pembacaan dari 25 hari menjadi hanya 1 hari (Tabel 4). Hal ini membuktikan bahwa smart meter tidak hanya meningkatkan

akurasi, tetapi juga efisiensi biaya operasional PLN. Studi serupa oleh Wijaya (2023) di Jawa Timur juga menemukan bahwa sistem AMR (Automatic Meter Reading) pada smart meter mampu menghemat Rp 3,2 miliar per tahun untuk biaya tenaga pembaca meter. Namun, tantangan seperti gangguan komunikasi data masih ditemukan di 15% lokasi, terutama di daerah dengan infrastruktur jaringan yang terbatas (Data PLN, 2024).

Analisis lebih mendalam mengungkapkan bahwa smart meter berkontribusi signifikan terhadap pengurangan rugi-rugi non-teknis dari 8% menjadi 4,5% dalam periode 2 tahun (Laporan PLN, 2024). Penurunan ini terutama berasal dari kemampuan smart meter dalam mendeteksi upaya pencurian listrik melalui fitur *tamper detection* yang memberikan alarm otomatis ketika terjadi manipulasi meter (Kurniawan, 2023). Mekanisme ini didukung oleh teknologi *two-way communication* yang memungkinkan pemantauan jarak jauh 24/7, berbeda dengan sistem konvensional yang hanya bisa dideteksi melalui inspeksi fisik (Nugroho & Hidayat, 2023).

Dari perspektif manajemen aset, smart meter memberikan keunggulan dalam hal predictive maintenance. Data

yang terkumpul dari 8.250 unit smart meter di wilayah studi menunjukkan bahwa 68% gangguan dapat diprediksi 2-3 bulan sebelumnya melalui analisis pola konsumsi abnormal (Data Teknis PLN, 2024). Kemampuan ini memungkinkan PLN mengoptimalkan jadwal perawatan dan mengurangi *downtime* jaringan hingga 40% dibanding era meteran analog (Laporan Operasional, 2024). Penelitian oleh Herlambang (2023) di wilayah Surakarta juga mengkonfirmasi bahwa smart meter mampu memperpanjang usia teknis peralatan distribusi sebesar 15-20% melalui deteksi dini beban berlebih.

Temuan menarik lain adalah dampak smart meter terhadap efisiensi tenaga kerja. Implementasi di ULP Semarang Tengah memungkinkan realokasi 40% petugas meter reading ke divisi lain yang lebih produktif seperti layanan pelanggan dan pemeliharaan jaringan (Wibowo, 2024). Transformasi ini sejalan dengan strategi digitalisasi PLN dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2021-2030 yang menargetkan 95% migrasi ke smart meter pada 2027 (Direktorat Teknik PLN, 2023). Namun, tantangan muncul dalam bentuk

kebutuhan *upskilling* karyawan, dimana 30% tenaga teknis memerlukan pelatihan khusus untuk mengoperasikan sistem smart meter berbasis IoT (Hasil Wawancara, 2024).

Meskipun memberikan banyak manfaat, implementasi smart meter masih menghadapi kendala teknis di 15% lokasi, terutama terkait stabilitas jaringan komunikasi pendukung (Data Lapangan, 2024). Solusi hybrid dengan kombinasi teknologi PLC dan RF terbukti efektif meningkatkan *reliability* sistem hingga 92% di area blank spot (Laporan Proyek, 2024). Pengalaman ULP Semarang Tengah ini memperkuat temuan Purwanto (2023) tentang pentingnya pendekatan *customized implementation* yang mempertimbangkan karakteristik spesifik setiap wilayah. Kedepan, integrasi dengan teknologi *edge computing* diprediksi akan semakin meningkatkan efisiensi operasional melalui pemrosesan data secara lokal sebelum dikirim ke pusat data (Roadmap Digital PLN, 2024).

## **Pola Konsumsi Energi dan Manajemen Beban**

Analisis data smart meter mengungkap bahwa 55% beban puncak berasal dari pelanggan rumah tangga pada pukul 18.00–22.00. Pola ini konsisten dengan temuan Hidayat (2023) yang menyoroti tingginya penggunaan peralatan elektronik di malam hari. Smart meter memungkinkan PLN menerapkan strategi **time-of-use tariff** untuk mendorong pengalihan beban ke jam off-peak (Permen ESDM 23/2019). Namun, sosialisasi yang intensif masih diperlukan, karena **25% pelanggan** belum memahami manfaat penyesuaian pola konsumsi (Survei Pelanggan, 2024).

Temuan menarik lainnya adalah perbedaan signifikan pola konsumsi antara hari kerja dan akhir pekan. Data menunjukkan penurunan beban puncak sebesar 18% pada hari Sabtu dan Minggu, terutama di sektor bisnis kecil yang berkontribusi 30% terhadap total beban puncak (Tabel 3). Analisis lebih lanjut mengungkap bahwa restoran dan warung kopi menyumbang 65% dari konsumsi sektor bisnis pada malam hari (Laporan Khusus PLN, 2024). Hal ini sejalan dengan penelitian Wijaya (2023) tentang dampak gaya hidup urban

terhadap pola konsumsi energi di kota-kota menengah Indonesia.

Implementasi smart meter memungkinkan PLN mengembangkan strategi manajemen beban dinamis yang lebih efektif. Program *time-of-use* tariff yang diujicobakan pada 120 pelanggan terpilih berhasil mengurangi beban puncak sebesar 8% dalam kurun 3 bulan (Hasil Pilot Project, 2024). Mekanisme ini memberikan insentif finansial bagi pelanggan yang mampu menggeser penggunaan energi ke jam *off-peak* (Pukul 22.00-06.00). Studi kasus oleh Nugroho (2023) di Semarang menunjukkan bahwa 45% pelanggan bersedia mengubah pola konsumsi jika diberikan insentif yang memadai.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aji, B. (2020). *Smart Grid dan Implementasinya di Indonesia*. Jakarta: Penerbit Energi.
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Azwar, S. (2015). *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Creswell, J.W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. SAGE.
- Darmawan, E. (2023). *Analisis Sistem Distribusi Listrik Modern*. Bandung: PT. Tekno Elektro.
- Firdaus, M. (2021). *Dampak Smart Meter pada Efisiensi Energi*.

- Jurnal Teknik Elektro, 12(2), 45-60.
- Firdaus, M. (2021). *Manajemen Proyek Smart Metering*. Jakarta: Penerbit Listrik.
- Herdiansyah, H. (2015). *Metodologi Penelitian Kualitatif untuk Ilmu Sosial*. Jakarta: Salemba Humanika.
- Hidayat, T. (2022). *Tantangan Implementasi Smart Meter di Indonesia*. Prosiding Konferensi TENAGA, 78-85.
- Hidayat, T. (2022). *Smart Meter dalam Sistem Distribusi Modern*. Bandung: Refika Aditama.
- Hidayat, T. (2022). *Tantangan Digitalisasi PLN*. Bandung: GridTech Press.
- International Energy Agency. (2022). *Best Practices in Smart Meter Implementation*. Paris: IEA Publications.
- Kurniawan, D. (2019). *Manajemen Energi Listrik Berbasis Teknologi Digital*. Semarang: Unnes Press.
- Kurniawan, D. (2019). *Teknologi Smart Grid*. Yogyakarta: ANDI Publisher.
- Kurniawan, D. (2022). *Smart Grid di Indonesia*. Bandung: Refika Aditama.
- Kurniawan, D. (2023). *Manajemen Rugi-Rugi Sistem Distribusi*. Bandung: Penerbit Teknik.
- Nazir, M. (2014). *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Nugroho, A., dkk. (2021). *Evaluasi Kinerja Smart Meter di Jawa Tengah*. Jurnal Ilmiah Teknologi Elektro, 15(1), 30-42.
- PLN. (2023). *Laporan Implementasi Smart Meter Jawa Tengah*. Semarang: PT PLN.
- PLN. (2023). *Laporan Tahunan*. Jakarta: PT PLN.
- PLN. (2023). *Standard Operating Procedure Smart Meter Installation*. Semarang: PT PLN.
- PLN. (2024). *Laporan Tahunan Digitalisasi Operasional*. Jakarta: PT PLN.
- Priyanto, R. (2021). *Revolusi Digital dalam Sistem Ketenagalistrikan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Saputra, H. & Wijaya, I. (2020). *Smart Meter dan Pengurangan Rugi-Rugi Listrik*. Jurnal Energi Baru, 8(3), 112-125.
- Saputra, H., & Wijaya, I. (2020). *Smart Meter dan Pengurangan Rugi-Rugi Listrik*. Jurnal Energi Baru, 8(3), 112-125.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Wibowo, S. (2024). *Transformasi Digital SDM PLN*. Jurnal Manajemen Energi, 12(1), 45-62.