Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 25, No 3 (2025): Oktober, 1576-1588
DOI: 10.33087/jiubj.v25i3.6344

Analisa Pengaruh Pergantian kWh Meter Lama Pascabayar ke kWh Meter Baru Pascabayar terhadap kWh Jual di ULP Talang Padang

Willy Pranata L Tobing, Sepannur Bandri, Andi Muhammad Nur Putra, Zulkarnain, Arfita Yuana Dewi Rachman
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang
Correspondence: willytobing16@gmail.com, sepannur@itp.ac.id, andimnurputra@gmail.com, zulkarnaineva@gmail.com, arfitarachman.itp@gmail.com

ABSTRAK
Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pergantian kWh meter lama pascabayar ke kWh meter baru pascabayar terhadap kWh jual di ULP Talang Padang. Metode penelitian mencakup analisis komparatif data pembacaan meter lama dan baru, pengukuran manual parameter listrik (tegangan, arus, faktor daya), serta uji statistik *error* pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pergantian meter meningkatkan akurasi pencatatan secara signifikan, artinya pergantian kWh meter yang baru efektif dalam mengurangi losses energi dan meningkatkan pendapatan PLN.

Kata Kunci: Energi Listrik; KWH Meter; Kesalahan Pencatatan; PT PLN.

ABSTRACT
The purpose of this study was to analyze the effect of replacing old postpaid kWh meters with new postpaid kWh meters on kWh sales at ULP Talang Padang. The research methods included comparative analysis of old and new meter reading data, manual measurement of electrical parameters (voltage, current, power factor), and statistical tests of measurement errors. The results showed that meter replacement significantly improved recording accuracy, meaning that replacing new kWh meters was effective in reducing energy losses and increasing PLN's revenue.

Keywords: *Electrical Energy; KWH Meter; Recording Error; PLN.*

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman kini kebutuhan energi listrik sudah menjadi kebutuhan primer. Penggunaan listrik masyarakat sampai detik ini masih bergantung pada pasokan listrik PT. PLN (Persero) yang merupakan satu-satunya Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang penyediaan sampai pendistribusian sumber energi listrik. Perkembangan teknologi, dunia industri, dan kebutuhan pasokan energi listrik masyarakat seiring waktu semakin meningkat, oleh sebab itu di butuhkannya pasokan energi listrik yang mencukupi dan pendistribusian yang baik. Listrik merupakan faktor penting dalam berjalannya suatu kegiatan ekonomi pada masyarakat, sehingga ketersediaan energi listrik yang baik akan berdampak pada baiknya pertumbuhan ekonomi suatu Masyarakat (Widodo, 2019). Berdasarkan data PT. PLN Persero untuk wilayah ULP Talangpadang, tercatat bahwa Energi Listrik yang disalurkan dari Gardu Induk di PT PLN (Persero) wilayah ULP Talangpadang adalah sebesar 410.424 kWh, sedangkan energi yang terjual sebesar 365.495 kWh, dengan kondisi error kwh meter saat ini sebelum dilakukannya pergantian sudah mencapai angka diatas 4% dari beberapa sempel perhitungan yang sudah dilakukan (Wulandari & Juwita, 2023).

Kondisi yang saat ini terjadi dilapangan dimana error pembacaan kwh meter lama sudah melebihi batas ideal yang ditetapkan oleh PT. PLN sebesar 1% , sedangkan hasil dilapangan sudah menyentuh angka diatas 4% ini sudah tergolong sangat jauh error yang terjadi. Dengan dilakukannya pergantian kwh meter pascabayar yang baru dapat menekan nilai error pembacaan pada kwh meter sehingga dapat mengurangi nilai susut daya yang berbading lurus dengan peningkatan penjualan kwh meter pada pelanggan. Penyebab terjadinya susut pada sistem distribusi yakni susut teknis dan susut non teknis. Susut teknis disebabkan oleh kondisi internal sistem sedangkan susut non teknis lebih disebabkan oleh pengaruh eksternal. Beberapa

penyebab susut non teknis antara lain: pencurian listrik, kesalahan baca meter, kesalahan alat pengukuran dan lain lain yang kesemuanya merupakan bagian eksternal dari sistem (Zhou, 2021).

Faktor lainnya yang tidak kalah merugikan adalah saat melalui kwh meter yang ada di rumah pelanggan yang masih menggunakan kwh meter pasca bayar lama, kwh meter jenis ini jika semakin lama penggunaanya akan mempengaruhi putaran piring yang ada dalam kwh meter meskipun sering dilakukannya kalibrasi pada alat tersebut (Otchere-Appiah et al., 2021). Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Keuangan No. 431/KMK.06/2002 pasal 7, pengertian susut (*losses*) adalah sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran energi listrik mulai dari Gardu Induk sampai dengan konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, susut (*losses*) dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen (Nurrizqi, 2024). Oleh karena itu, salah satu upaya PT. PLN (Persero) dalam menekan besarnya angka susut bulanan adalah dengan melakukan pemeliharaan kWh meter pelanggan berdasarkan hasil evaluasi pemakaian pelanggan dan laporan meter rusak atau macet. kWh meter akan mengalami penurunan keakuratan dalam pencatatan pemakaian energi seiring bertambahnya usia kWh meter maupun karena faktor lingkungan lain sehingga perlu dilakukan pemeliharaan (Arieyansyah & Mukhaiyar, 2021). Hal ini menekan angka energi yang tersalurkan tetapi tidak terjual.

Beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya Waldi (2021) dan Hasan et al (2021) belum membahas secara spesifik mengenai pengaruh kenaikan nilai jual kwh dan penurunan susut daya setelah dilakukannya pergantian kwh lama pascabayar terhadap kwh meter baru pascabayar. Tujuan penelitian yang dilakukan sekarang ini adalah untuk menganalisis pengaruh pergantian KWH meter tua pascabayar ke KWH meter baru pascabayar terhadap kWh jual di ULP Talang Padang.

METODE

Data diperoleh dari hasil pergantian KWH Meter lama pascabayar ke KWH lama pascabayar oleh petugas lapangan di ULP Talang Padang. Data primer pada penelitian ini berupa jumlah energi yang dipasok dalam sebulan dan jumlah energi yang terbaca dalam penjualan sebulan, nilai energi yang terjual setelah di lakukan pergantian kwh meter di satu gardu yang nantinya akan dilakukan perhitungan mengunakan rumus rumus matematika yang telah ditentukan. Penelitian ini dilakukan mulai dari Bulan Juli hingga Oktober 2024.

Langkah-langkah dalam analisis data penelitian ini adalah

1. Menghitung persentase penjualan sebelum dan sesudah pergantian kWh meter:
   Sebelum pergantian kWh:
   Selisih penjualan kWh = $\frac{daya\ yang\ terjual}{daya\ yang\ dipasok} x100$
   Setelah pergantian kWh:
   Selisih penjualan kWh = $\frac{daya\ yang\ terjual}{daya\ yang\ dipasok} x100$
2. Menghitung rupiah penjualan kwh sebelum dan sesudah pergantian:
   Sebelum pergantian kWh:
   Jumlah kWh jual x Rp.1467.28
   Setelah pergantian kWh:
   Jumlah kWh jual x Rp.1467.28
   Saving kWh = Pemakaian kWh sesudah ganti meter – Pemakaian kWh sebelum ganti meter.

HASIL

Informasi Data dan Spesifikasi Kwh Meter

Data penelitian didapatkan selama 6 bulan sebanyak 967 pelanggan, data tersebut terdapat beberapa variabel penting dimana untuk mengetahui *error* kwh meter, analisa kerugian atau keuntungan, dan efektivitas kwh meter. Tabel 1 menunjukan data sample pemakaian perbulan dan Tabel 2 adalah sample data pengujian teknis pada penelitian ini. Data hasil penelitian ini bersumber dari hasil pembacaan kWh Meter dan data hasil perhitungan manual berdasarkan data daya, voltase, faktor daya dan parameter lainnya yang telah didapatkan sebelumnya.

Tabel 1
Jenis MCB berdasarkan waktu pemutusnya

Idpel	Tarif	Merk Kwh Lama	Merk Baru	B1l	B2l	B3l	B1t	B1b	B2b	B3b
1723801195	R1	Melcoinda	Sanxing	72	0	0	239	285	149	-45
1723901444	R1	Melcoinda	Sanxing	86	98	91	324	326	223	-5

Idpel	Tarif	Merk Kwh Lama	Merk Baru	B1l	B2l	B3l	B1t	B1b	B2b	B3b
1723801007	R1	Melcoinda	Sanxing	94	100	100	324	361	232	-19
1723901774	R1	Melcoinda	Sanxing	118	121	113	324	361	244	-21
1723900924	R1M	Melcoinda	Sanxing	150	153	0	204	442	117	63
1723900938	R1	Melcoinda	Sanxing	96	99	0	158	350	69	-39
1723900942	R1	Melcoinda	Sanxing	180	177	8	147	415	94	38
1723000432	R1	Melcoinda	Sanxing	167	149	146	268	453	193	66

Sumber: data olahan

Tabel 2
Data Sample Pengujian Teknis

Idpel	Tarif	Merk Kwh Lama	Merk Baru	Voltage	Current Lama	Current Baru	Fd Lama	Fd Baru	N Lama	N Baru	T Lama	T Baru
1723801195	R1	Melcoinda	Sanxing	220	10,00	9,99	0,83	1,00	3,00	3,00	6,03	5,50
1723901444	R1	Melcoinda	Sanxing	220	10,03	10,00	0,83	0,99	3,00	3,00	6,17	5,49
1723801007	R1	Melcoinda	Sanxing	220	10,02	10,00	0,82	0,99	3,00	3,00	6,11	5,49
1723901774	R1	Melcoinda	Sanxing	220	10,01	9,99	0,82	1,00	3,00	3,00	6,17	5,49
1723900924	R1M	Melcoinda	Sanxing	220	9,99	10,00	0,84	1,00	3,00	3,00	6,09	5,50
1723900938	R1	Melcoinda	Sanxing	220	9,99	10,00	0,84	1,00	3,00	3,00	6,08	5,50
1723900942	R1	Melcoinda	Sanxing	220	9,98	10,00	0,85	1,00	3,00	3,00	6,18	5,50
1723000432	R1	Melcoinda	Sanxing	220	10,02	10,01	0,85	0,99	3,00	3,00	6,05	5,50

Sumber: data olahan

Tabel 1 memuat hasil pembacaan pemakaian listrik pelanggan selama 6 bulan, yang direkam menggunakan kWh meter lama. Variabel b1l, b2l, dan b3l masing-masing merepresentasikan pemakaian listrik pada bulan ke-1, ke-2, dan ke-3. Tabel 2 menyajikan data pengukuran yang meliputi voltase, arus, faktor daya (FD), jumlah putaran piringan (n), dan waktu putaran (t) kWh meter. Dalam analisis ini, terdapat delapan merk KWH meter lama yang memiliki spesifikasi serupa, meskipun berbeda dalam tahun pembuatan dan jenis. Merk-merk tersebut adalah MELCOINDA, OSAKI, METBELOSA, FUJI, ACTARIS, SMARTMETER, HEXING, dan SANXING. Semua merk ini merupakan KWH meter pascabayar lama yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengukuran konsumsi energi listrik dengan akurasi yang baik.

Dengan adanya variasi merk, pengguna dapat memilih sesuai dengan preferensi dan kebutuhan spesifik mereka. Spesifikasi teknis dari KWH meter ini mencakup pengawatan fasa tunggal dengan dua kawat, tegangan operasional 230 Volt, dan frekuensi 50 Hz. KWH meter ini memiliki konstanta 900 putaran per kWh, yang menunjukkan jumlah putaran yang diperlukan untuk mencatat satu kilowatt-jam energi yang digunakan. Selain itu, kelas KWH meter ini adalah kelas 2, yang berarti memiliki tingkat akurasi yang sesuai untuk penggunaan domestik dan komersial. Batas pengukuran KWH meter ini adalah 5(20) A, yang menunjukkan kapasitas maksimum arus yang dapat diukur, sehingga menjadikannya pilihan yang handal untuk berbagai aplikasi.

Dalam penelitian ini, terdapat KWH meter pengganti yang menggunakan sistem pascabayar dengan merk Sanxing. KWH meter ini dirancang dengan spesifikasi yang serupa dengan KWH meter lainnya, yaitu pengawatan fasa tunggal dengan dua kawat, tegangan operasional 230 Volt, dan frekuensi 50 Hz. Konstanta meter ini adalah 900 putaran per kWh, dan termasuk dalam kelas 2, yang menunjukkan akurasi yang baik untuk pengukuran energi. Batas pengukuran KWH meter ini adalah 5(20) A, yang memungkinkan pengukuran arus dalam rentang yang sesuai untuk penggunaan domestik dan komersial. Selain spesifikasi dasar tersebut, KWH meter Sanxing dilengkapi dengan berbagai fitur canggih yang meningkatkan fungsionalitas dan keandalannya.

KWH meter ini juga memenuhi standar IEC 62053-21 dan SPLN D3.005-1:2008, serta memiliki kompatibilitas EMC untuk mengurangi gangguan elektromagnetik. Desain yang mutakhir menjamin keandalan, sementara mekanisme anti-tampering dan indikator LED (daya, impuls, dan tamper) memberikan

perlindungan tambahan. Meter ini juga mampu mendeteksi dan melindungi dari induksi magnetik

Proses Pengolahan Data

Koneksi Google Drive

Tahap pertama adalah menghubungkan Google Colaboratory dengan Google Drive. Proses ini bertujuan agar file dataset yang tersimpan di dalam Drive dapat diakses langsung dari notebook. Dengan melakukan drive.mount(), semua file di dalam direktori pengguna dapat digunakan untuk analisis, termasuk file Excel berisi data kWh meter yang akan diolah.



Sumber: data olahan

Gambar 1
Koneksi Google Drive dan Goole Colaboratory

Proses Import Data

Setelah koneksi berhasil, data utama diimpor dari file Excel menggunakan library *pandas*. Data ini memuat informasi terkait pengukuran dari kWh meter lama dan baru. Proses ini menampilkan sebagian isi data (melalui df.head()) untuk memastikan file terbaca dengan benar dan struktur kolom sesuai kebutuhan analisis.

Input Data

```
#Resource data
import pandas as pd
import numpy as np

nama_file = '/content/drive/MyDrive/skripsi/latihan/DataSkripsi.xlsx' #File data

df = pd.read_excel(nama_file)

df.head()
```

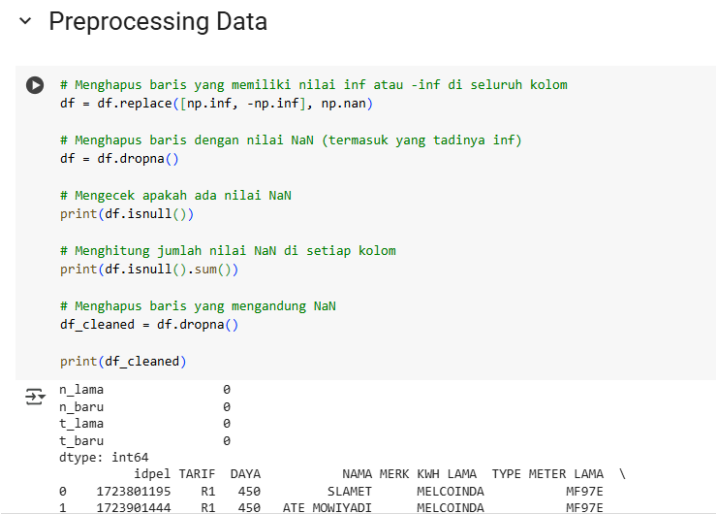
	idpel	TARIF	DAYA	NAMA	MERK KWH LAMA	TYPE METER LAMA	TAHUN KWH LAMA	MERK BARI	TYPE METER BARU	TAHUN KWH BARU	...	B3B	voltage	current_lama	current_baru	FD_lama	FD_baru	n_lama
0	1723801195	R1	450	SLAMET	MELCOINDA	MF97E	2024	SANXING	CSI01-S	0	...	-45	220	9.998727	9.990624	0.828128	0.996084	3
1	1723901444	R1	450	ATE MOWIYADI	MELCOINDA	MF97E	2024	SANXING	CSI01-S	0	...	-5	220	10.027536	9.995245	0.832361	0.992908	3
2	1723801007	R1	450	KATMI	MELCOINDA	MF97E	2024	SANXING	CSI01-S	0	...	-19	220	10.016600	10.001902	0.818544	0.993855	3
3	1723901774	R1	450	SIRAN	MELCOINDA	MF97E	2024	SANXING	CSI01-S	0	...	-21	220	10.009933	9.991029	0.823824	0.996510	3

Sumber: data olahan

Gambar 2
Proses Pembacaan Data dengan Library Pandas

Pembersihan Data (Data Cleaning/Preprocessing Data)

Pembersihan data dari nilai yang tidak valid seperti inf, -inf, dan NaN. Baris yang mengandung nilai-nilai tersebut dihapus agar tidak mengganggu proses perhitungan. Proses validasi dilakukan dengan pengecekan jumlah nilai kosong di setiap kolom. Hasil akhirnya adalah data bersih (df_cleaned) yang siap digunakan untuk perhitungan lebih lanjut.



Preprocessing Data

```
# Menghapus baris yang memiliki nilai inf atau -inf di seluruh kolom
df = df.replace([np.inf, -np.inf], np.nan)

# Menghapus baris dengan nilai NaN (termasuk yang tadinya inf)
df = df.dropna()

# Mengecek apakah ada nilai NaN
print(df.isnull())

# Menghitung jumlah nilai NaN di setiap kolom
print(df.isnull().sum())

# Menghapus baris yang mengandung NaN
df_cleaned = df.dropna()

print(df_cleaned)
```

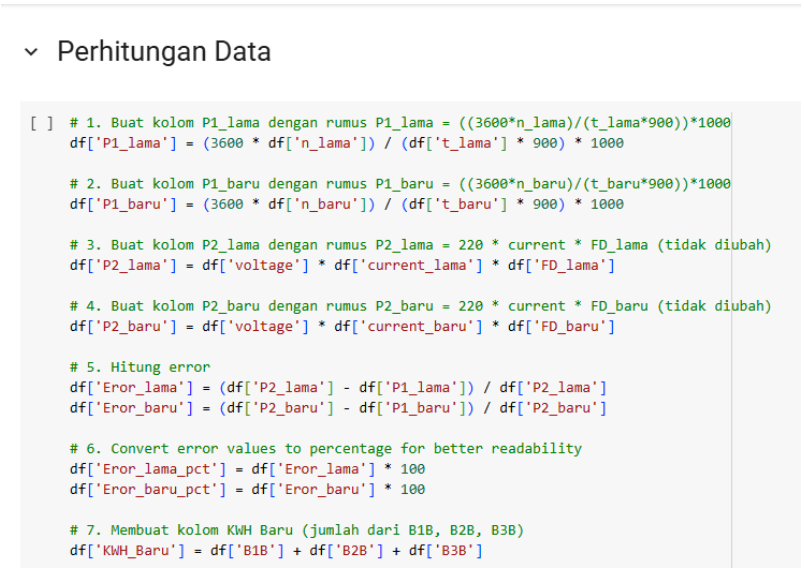
```
n_lama               0
n_baru               0
t_lama               0
t_baru               0
dtype: int64
         idpel TARIF  DAYA           NAMA MERK KWH LAMA  TYPE METER LAMA  \
0   1723801195    R1   450         SLAMET      MELCOINDA           MF97E
1   1723901444    R1   450   ATE MOWIYADI      MELCOINDA           MF97E
```

Sumber: data olahan

Gambar 3
Preprocessing Data

Tahap Perhitungan Variabel Baru

Tahap ini merupakan inti perhitungan, di mana dibuat beberapa kolom baru untuk membandingkan performa kWh meter lama dan baru. Perhitungan meliputi daya teoritis (P1), daya aktual (P2), error pengukuran, konversi error ke persen, hingga total kWh lama dan baru. Selain itu, dihitung juga selisih penjualan kWh dan persentase kenaikan. Hasil ini digunakan untuk mengukur kinerja kWh meter baru secara kuantitatif.



Perhitungan Data

```
# 1. Buat kolom P1_lama dengan rumus P1_lama = ((3600*n_lama)/(t_lama*900))*1000
df['P1_lama'] = (3600 * df['n_lama']) / (df['t_lama'] * 900) * 1000

# 2. Buat kolom P1_baru dengan rumus P1_baru = ((3600*n_baru)/(t_baru*900))*1000
df['P1_baru'] = (3600 * df['n_baru']) / (df['t_baru'] * 900) * 1000

# 3. Buat kolom P2_lama dengan rumus P2_lama = 220 * current * FD_lama (tidak diubah)
df['P2_lama'] = df['voltage'] * df['current_lama'] * df['FD_lama']

# 4. Buat kolom P2_baru dengan rumus P2_baru = 220 * current * FD_baru (tidak diubah)
df['P2_baru'] = df['voltage'] * df['current_baru'] * df['FD_baru']

# 5. Hitung error
df['Eror_lama'] = (df['P2_lama'] - df['P1_lama']) / df['P2_lama']
df['Eror_baru'] = (df['P2_baru'] - df['P1_baru']) / df['P2_baru']

# 6. Convert error values to percentage for better readability
df['Eror_lama_pct'] = df['Eror_lama'] * 100
df['Eror_baru_pct'] = df['Eror_baru'] * 100

# 7. Membuat kolom KWH Baru (jumlah dari B1B, B2B, B3B)
df['KWH_Baru'] = df['B1B'] + df['B2B'] + df['B3B']
```

Sumber: data olahan

Gambar 4
Perhitungan Data

Tahap Statistik Deskriptif

Setelah perhitungan selesai, data dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif. Statistik ini mencakup nilai rata-rata, standar deviasi, minimum, maksimum, dan kuartil dari variabel yang dihitung. Tahap ini membantu untuk memahami sebaran data serta mengidentifikasi tren atau anomali dalam hasil perhitungan error kWh meter.

Statistik Hasil Perhitungan:

	voltage	current_lama	current_baru	FD_lama	FD_baru	n_lama
count	966.0	966.000000	966.000000	966.000000	966.000000	966.0
mean	220.0	10.004566	10.000141	0.834833	0.994495	3.0
std	0.0	0.014615	0.005860	0.011622	0.001428	0.0
min	220.0	9.980232	9.990064	0.815000	0.992003	3.0
25%	220.0	9.991867	9.994816	0.825352	0.993250	3.0
50%	220.0	10.004999	10.000381	0.834624	0.994510	3.0
75%	220.0	10.017295	10.005220	0.845117	0.995705	3.0
max	220.0	10.029986	10.009988	0.854934	0.996998	3.0

	n_baru	t_lama	t_baru	P1_lama	P1_baru	P2_lama
count	966.0	966.000000	966.000000	966.000000	966.000000	966.000000
mean	3.0	6.098022	5.499992	1968.027396	2181.823637	1837.469218
std	0.0	0.057720	0.005764	18.622008	2.286592	25.628711
min	3.0	6.000006	5.490019	1935.624398	2177.863575	1790.493389
25%	3.0	6.047875	5.495150	1952.200523	2179.902484	1816.522067
50%	3.0	6.097782	5.499747	1967.928611	2181.918619	1837.445761
75%	3.0	6.146910	5.504833	1984.168022	2183.743708	1859.047410
max	3.0	6.199550	5.509987	1999.997952	2185.784838	1886.262886

	P2_baru	Eror_lama	Eror_baru	Eror_lama_pct	Eror_baru_pct
count	966.000000	966.000000	966.000000	966.000000	966.000000
mean	2187.920809	-0.071262	0.002784	-7.126174	0.278440
std	3.422265	0.018074	0.001824	1.807372	0.182424
min	2180.444761	-0.112949	-0.001906	-11.294907	-0.190551
25%	2185.202931	-0.084708	0.001500	-8.470820	0.149992
50%	2187.832688	-0.070855	0.002819	-7.085467	0.281860
75%	2190.729809	-0.058018	0.004057	-5.801810	0.405674
max	2195.029059	-0.031306	0.007214	-3.130630	0.721379

Sumber: data olahan

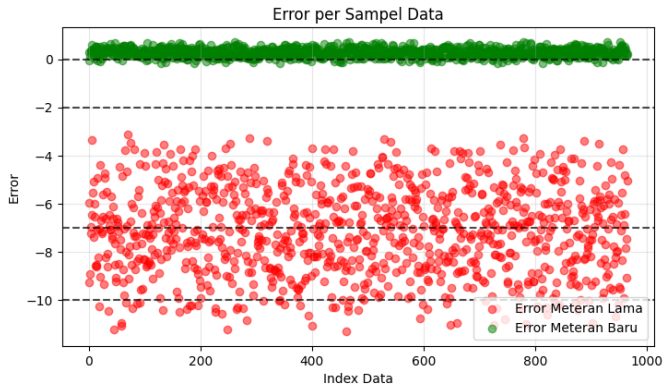
Gambar 5
Perhitungan Data

Tahap Validasi Error

Dalam tahap ini dibuat fungsi khusus untuk memeriksa apakah error kWh meter berada dalam rentang yang diharapkan. Misalnya, error meter lama diharapkan berada dalam kisaran 7–10%, sedangkan meter baru dalam kisaran 0–1,5%. Validasi ini penting untuk memastikan kinerja meter sesuai dengan standar teknis yang berlaku.

```
except ImportError:
    print("Matplotlib dan/atau Seaborn tidak tersedia. Visualisasi dilewati.")
```

```
Visualisasi telah disimpan ke 'perbandingan_error_controlled.png'
```



Sumber: data olahan

Gambar 6
Validasi Error

Tahap Visualisasi Data

Untuk memperkuat hasil analisis, dibuat visualisasi perbandingan error antara meter lama dan baru menggunakan *Matplotlib* dan *Seaborn*. Scatter plot digunakan untuk menunjukkan distribusi error pada setiap sampel data. Garis batas ditambahkan untuk memperjelas range error yang diperbolehkan. Visualisasi ini membantu memperlihatkan secara intuitif bahwa meter baru lebih presisi dibandingkan meter lama.

Visualisasi Data

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Melakukan SUM untuk masing-masing kolom
kwh_lama_sum = df['KWH_Lama'].sum()
kwh_baru_sum = df['KWH_Baru'].sum()


plt.figure(figsize=(8,6))
plt.bar(['KWH Baru', 'KWH Lama'], [kwh_baru_sum, kwh_lama_sum])
plt.xlabel('Kategori')
plt.ylabel('Total KWH')
plt.title('Perbandingan Total KWH Lama dan KWH Baru')
plt.text(0, kwh_baru_sum, str(kwh_baru_sum), ha='center', va='bottom')
plt.text(1, kwh_lama_sum, str(kwh_lama_sum), ha='center', va='bottom')
plt.show()
```

Sumber: data olahan

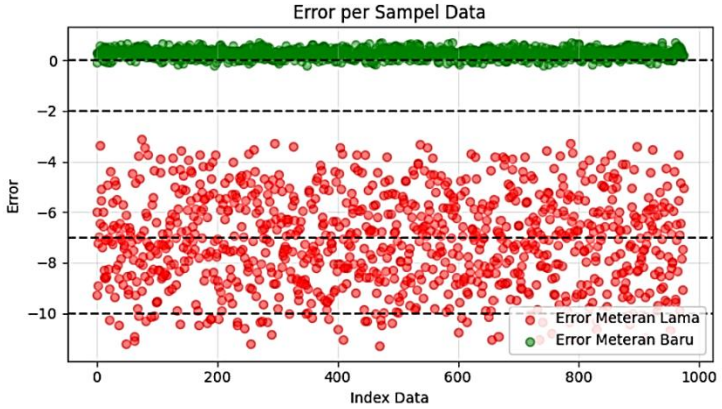
Gambar 7
Visualisasi Data

Analisis Efektivitas kWh Meter

Analisis efektivitas dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan data pembacaan energi dari kWh meter, baik dari meter lama maupun meter yang telah diganti dengan hasil perhitungan energi berdasarkan parameter kelistrikan yang diperoleh melalui rumus-rumus perhitungan teknis. Pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan keandalan kWh meter dalam mencatat konsumsi energi listrik. Perhitungan energi dilakukan menggunakan parameter seperti jumlah putaran piringan, konstanta kWh meter, waktu, dan faktor-faktor lain yang relevan. Hasil perhitungan ini kemudian dibandingkan dengan pembacaan energi yang dicatat oleh kWh meter, sehingga dapat diketahui tingkat kesalahan (*error*) pencatatan.

Gambar 8 menyajikan hasil sebaran *error* antara kWh meter baru dan lama. Analisis terhadap sebaran *error* ini digunakan untuk mengidentifikasi pola atau tren ketidakakuratan yang mungkin terjadi pada masing-masing jenis meter, serta untuk menilai efektivitas pergantian kWh meter dalam meningkatkan akurasi pencatatan konsumsi energi listrik. Gambar 8 juga menjelaskan visualisasi distribusi *error* kWh Meter membandingkan kesalahan (*error*) antara dua jenis meteran, yaitu meteran lama dan meteran baru, pada setiap sampel data. Proses analisis distribusi *eror* kWh dimulai dari melakukan *pre-processing* data menggunakan *tools* analisis data python pada *plathform* google colaboratory. *Pre-processing* data meliputi pembersihan, transformasi, normalisasi, dan pengelolaan data. Data yang telah siap selanjutnya dilakukan visualisasi data untuk memvisualisasikan data dalam bentuk *scatter plot*.

Meteran lama (ditunjukkan dengan titik-titik merah) memiliki kesalahan yang signifikan dan bervariasi, dengan nilai kesalahan yang selalu negatif dan tersebar di area antara -3.1 % hingga -11.3%. Hal ini menunjukkan bahwa meteran lama secara konsisten memberikan pembacaan yang lebih rendah dari nilai sebenarnya, dan tingkat kesalahannya tidak konsisten. Sebaliknya, meteran baru (ditunjukkan dengan titik-titik hijau) menunjukkan performa yang jauh lebih baik. Titik-titik hijau berkumpul sangat dekat dengan garis -0,1 % hingga 0.7%, dengan variasi yang sangat kecil di atas dan di bawahnya. Ini menunjukkan bahwa meteran baru memiliki kesalahan yang sangat kecil dan konsisten, menandakan akurasi yang tinggi.



Sumber: data olahan

Gambar 8
Distribusi Error kWh Meter

Analisis kinerja kWh meter baru menunjukkan kontribusi nyata terhadap peningkatan penjualan kWh, karena akurasi pengukuran yang lebih presisi mampu merekam konsumsi listrik pelanggan sesuai dengan energi yang sebenarnya digunakan. Hal ini berbeda dengan kWh meter lama yang cenderung mencatat lebih rendah dari pemakaian riil, sehingga menyebabkan potensi kehilangan pendapatan bagi PLN. Dengan tingkat error yang sangat kecil dan konsisten pada kWh meter baru, PLN dapat mengurangi susut daya sekaligus meningkatkan validitas data penagihan. Keunggulan lain dari kWh meter baru adalah sensitivitasnya yang tinggi dalam mendeteksi perubahan beban listrik secara real-time, serta kestabilannya dalam menjaga akurasi meskipun digunakan dalam jangka waktu lama. Dengan demikian, penggunaan kWh meter baru tidak hanya meningkatkan pendapatan melalui pencatatan energi yang lebih tepat, tetapi juga mendukung transparansi, keadilan bagi pelanggan, serta keberlanjutan sistem distribusi energi yang lebih efisien.

Berdasarkan Gambar 8 membuktikan peningkatan signifikan dalam akurasi pengukuran dengan penggunaan meteran baru dibandingkan dengan meteran lama. Dalam implementasi, kesalahan negatif menunjukkan konsistensi ketidakakuratan di mana kecepatan putar piringan meteran lebih tinggi daripada daya listrik yang dikonsumsi, sehingga merugikan pemasok. Sebaliknya, kesalahan positif akan merugikan pelanggan. Namun, pada grafik ini, nilai kesalahan yang sangat kecil setelah penggantian kWh meter menunjukkan konsistensi pengukuran yang akurat, di mana kecepatan putar piringan meteran sesuai dengan daya listrik yang dikonsumsi, sehingga tidak merugikan baik pemasok maupun pelanggan.

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai eror pada kwh meter. Data diambil dari Tabel 1 pada IDPel 1723801195 dan 1723901444.

1. Perhitungan untuk IDPel 1723801195
   a. Perhitungan untuk kwh lama

   Menghitung daya yang melewati kWh meter

   $P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c}$

   Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 1 bahwa:
   = 3 rpt (putaran piringan) = 6,029287251 detik = 900 rpt/kWh
   sehinggan nilai P1

   $P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c} = \frac{3600\ x\ 3}{6{,}029287251\ x\ 900} =$ 1990,28 Wh

   Menghitung daya aktif yang terukur pada tang

   $P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$

   Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 1 bahwa:
   V = 220 V; I = 9,99872700594237 A; cos α = 0,828127710144372
   sehingga nilai P2

   $P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$ = 220 V x 9,9987 A x 0,82813 = 1821,65 Wh

   Kemudian untuk menghitung eror dapat menggunakan rumus

   $Error(\%) = \frac{P1-P2}{P2}\ X\ 100$

   Jadi untuk *error* kwh meter idepel 1723801195 dapat dihitung dengan:

$Error = \frac{P1-P2}{P2} X\ 100$=
$\frac{1990{,}28\ \text{watt} - 1821{,}65\ \text{watt}}{1821{,}65\ \text{watt}} X\ 100$ = -9,26 %

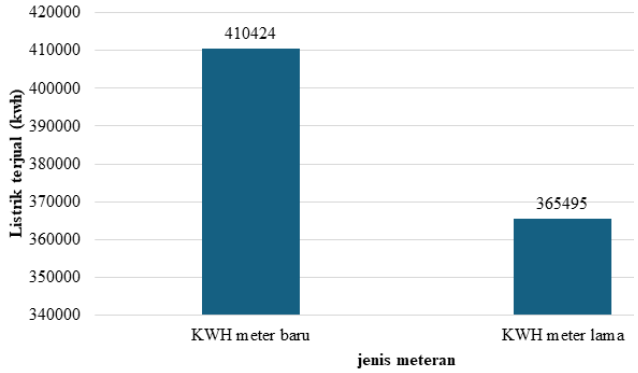
b. Perhitungan untuk kwh baru
Menghitung daya yang melewati kWh meter
$P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c}$
Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 2 bahwa:
n = 3 rpt; t = 5,49764247 detik; c = 900 rpt/kWh
sehinggan nilai P1
$P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c} = \frac{3600\ x\ 3}{5{,}49764247\ x\ 900}$ = 2182,75 Wh
Menghitung daya aktif yang terukur pada tang
$P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$
Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 2 bahwa:
V = 220 V; I = 9,99062366270123 A; cos α = 0,996083897332528
sehinggan nilai P2
$P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$ = 220 V x 9,9906 A x 0,9961 = 2189,3299 Wh
Kemudian untuk menghitung eror dapat menggunakan rumus:
$Error(\%) = \frac{P1-P2}{P2} X\ 100$
Jadi untuk *error* kwh meter idepel 1723901444 dapat dihitung dengan:
$Error\ (\%) = \frac{P1-P2}{P2} X\ 100$=
$\frac{2182{,}75\ \text{watt} - 2189{,}3299\ \text{watt}}{2189{,}3299\ \text{watt}} X\ 100$ = 0,30 %
Dengan demikian, untuk eror kwh lama pada ID Pelanggan 1723801195 adalah -9,26 % dan untuk eror kwh baru adalah 0,30 %.

2. Perhitungan untuk ID Pelanggan 1723901444
a. Perhitungan untuk kwh lama
Menghitung daya yang melewati kWh meter
$P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c}$
Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 1 bahwa:
n = 3 rpt; t = 6,16658594311485 detik; c = 900 rpt/kWh
sehinggan nilai P1
$P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c} = \frac{3600\ x\ 3}{6{,}16658594311485\ x\ 900}$ = 1945,97 Wh
Menghitung daya aktif yang terukur pada tang
$P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$
Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 1 bahwa:
V = 220 V; I = 10,0275357153205 A; cos α = 0,832360774646955
sehinggan nilai P2
$P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$ = 220 V x 10,0275 A x 0,8324 = 1836,24 Wh
Kemudian untuk menghitung eror dapat menggunakan rumus
$Error(\%) = \frac{P1-P2}{P2} X\ 100$
Jadi untuk *error* kwh meter idepel 1723801195 dapat dihitung dengan:
$Error\ (\%) = \frac{P1-P2}{P2} X\ 100$=
$\frac{1945{,}97\ \text{watt} - 1836{,}24\ \text{watt}}{1836{,}24\ \text{watt}} X\ 100$ = -5,98 %

b. Perhitungan untuk kwh baru
Menghitung daya yang melewati kWh meter
$P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c}$
Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 1 bahwa:
n = 3 rpt; t = 5,49264537430197 detik; c = 900 rpt/kWh
sehinggan nilai P1
$P_1(kW) = \frac{3600\ x\ n}{t\ x\ c} = \frac{3600\ x\ 3}{5{,}49264537430197\ x\ 900}$ = 2184,74 Wh
Menghitung daya aktif yang terukur pada tang
$P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$
Dimana telah didapatkan informasi dari Tabel 1 bahwa:
V = 220 V; I = 9,995245280886 A; cos α = 0,992908069838783
sehinggan nilai P2
$P_2(kW) = V\ x\ I\ x\ cos\ \alpha$ = 220 V x 9,9952 A x 0,9929 = 2183,35 Wh
Kemudian untuk menghitung eror dapat menggunakan rumus
$Error(\%) = \frac{P1-P2}{P2} X\ 100$
Jadi untuk *error* kwh meter idepel 1723901444 dapat dihitung dengan:
$Error\ (\%) = \frac{P1-P2}{P2} X\ 100$=
$\frac{2184{,}74\ \text{watt} - 2183{,}35\ \text{watt}}{2183{,}35\ \text{watt}} X\ 100$ = -0,06 %
Dengan demikian untuk eror kwh lama pada ID Pelanggan 1723801195 adalah -5,98 % dan untuk eror kwh baru adalah -0,06 %.

Analisa Pengaruh Pergantian KWH dan Efek Ekonomi

Pergantian kWh meter, sebagai sebuah tindakan modernisasi dalam sistem pengukuran konsumsi listrik, ternyata membawa pengaruh yang signifikan terhadap dinamika penjualan listrik secara keseluruhan. Perubahan ini tidak hanya sekadar penggantian perangkat, tetapi juga mencerminkan transformasi dalam akurasi pencatatan dan efisiensi pengelolaan energi. Sebagai bukti nyata dari dampak tersebut, Gambar 9 menyajikan data komparatif yang membandingkan jumlah penjualan listrik selama periode tiga bulan, baik sebelum maupun sesudah implementasi kWh meter baru. Data Penjualan Listrik yang terukur pada kWh meter lama dan baru berada pada periode pengukuran yang sama untuk masing-masing ID-Pelanggan. Analisis terhadap data ini memungkinkan kita untuk memahami secara lebih mendalam bagaimana teknologi baru ini memengaruhi pola konsumsi dan transaksi listrik.



Sumber: data olahan

Gambar 9
Perbandingan Listrik Terjual Pada Periode 3 Bulan

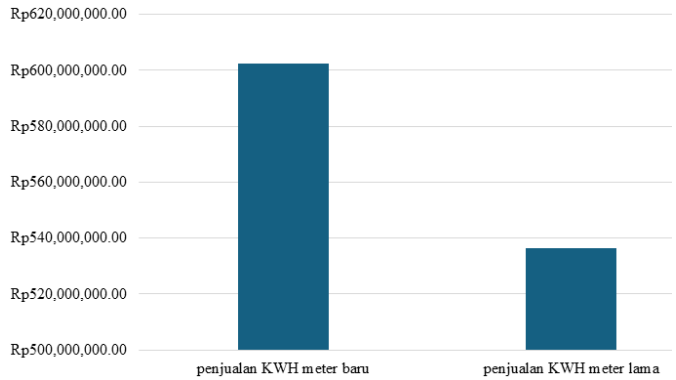
Gambar 9 adalah Perbandingan penjualan Listrik Pada Periode 3 Bulan. Grafik membandingkan penjualan listrik (dalam kWh) antara penggunaan kWh meter baru dan kWh meter lama. Sumbu horizontal menunjukkan jenis meteran, yaitu kWh meter baru dan kWh meter lama. Sumbu vertikal menunjukkan jumlah listrik terjual dalam kWh, dengan skala dari 340.000 hingga 420.000 kWh. Terlihat bahwa penjualan listrik dengan kWh meter baru mencapai 410.424 kWh, sementara dengan kWh meter lama hanya 365.495 kWh.

Gambar 9 tersebut dapat dikatakan bahwa terjadi peningkatan penjualan listrik yang signifikan setelah penggantian kWh meter lama dengan kWh meter baru. Peningkatan ini menunjukkan perbedaan sekitar 46.773 kWh antara kedua jenis meteran. Hal ini mengindikasikan bahwa kWh meter baru lebih akurat dalam mengukur konsumsi listrik atau dapat mencatat penggunaan listrik yang sebelumnya tidak terdeteksi oleh kWh meter lama. Hasil ini sesuai pada penelitian Sovacool et al (2011) yang menyatakan bahwa dimana kWh meter lama memiliki kekurangan dalam akurasi pengukuran beban listrik rumah tangga, hal ini disebabkan sistem mekanik yang digunakan, usia pakai, dan *malfunction*. Sehingga, kWh meter lama menghasilkan pengukuran yang lebih rendah dari konsumsi yang sebenarnya. Sedangkan, kWh meter baru memiliki spesifikasi mekanik yang lebih baik daripada kWh meter sebelumnya sehinga pengukuran konsumsi Listrik rumah tangga bisa dihitung lebih presisi sesuai dengan konsumsi daya sebenarnya. Berdasarkan penlitian ini, kWh meter modern memiliki utilitas untuk menekan rugi-rugi daya dari sebelumnya 4% hingga 7%. Sehingga, Listrik yang disuplai sesuai dengan Listrik yang dikonsumsi oleh pengguna dan hal ini meningkatkan penjualan Listrik secara signifikan (Sovacool et al., 2021).

Analisis mendalam terhadap data penelitian mengungkapkan adanya implikasi signifikan terkait kerugian finansial yang dialami oleh PT PLN (Persero) sebagai penyedia utama energi listrik, serta dampak merugikan yang dirasakan oleh pelanggan. Dalam beberapa kasus yang dianalisis, ditemukan bahwa kesalahan pengukuran atau perhitungan nilai energi listrik menyebabkan kerugian yang bervariasi. Berdasarkan data yang diperoleh, sekitar 49,42% dari kasus kesalahan tersebut berdampak negatif

terhadap pelanggan, sementara 51,58% sisanya mengakibatkan kerugian pada pihak PLN.

Selanjutnya Gambar 10 menyajikan analisis komprehensif terkait penjualan energi listrik. Dalam analisis ini, terungkap bahwa harga jual listrik telah ditetapkan sebelumnya sebesar Rp.1.467,28 per kilowatt-hour (kWh). Penetapan harga ini menjadi dasar dalam perhitungan kerugian yang dialami oleh kedua belah pihak. Analisis ini menyoroti kompleksitas dalam pengelolaan distribusi energi listrik dan pentingnya akurasi dalam pengukuran serta perhitungan untuk meminimalkan kerugian finansial bagi PLN dan pelanggan.



Sumber: data olahan

Gambar 10
Penjualan Listrik Selama Periode 3 Bulan

Gambar 10 menunjukan penjualan listrik selama periode 3 bulan. Data menunjukkan bahwa penjualan KWH meter baru mencapai Rp602.206.926,72, sedangkan penjualan KWH meter lama sebesar Rp536.283.503,60. Selisih sebesar Rp65.923.423,12 ini mengindikasikan preferensi yang signifikan terhadap KWH meter baru. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk penggantian KWH meter lama yang sudah tidak akurat atau rusak, pembangunan rumah baru, atau kebijakan pemerintah terkait penggunaan KWH meter baru. Perbedaan nilai ini juga dapat menimbulkan pertanyaan terkait potensi kerugian bagi PLN, terutama jika penggantian KWH meter lama tidak efisien atau jika ada ketidakakuratan pengukuran yang merugikan.

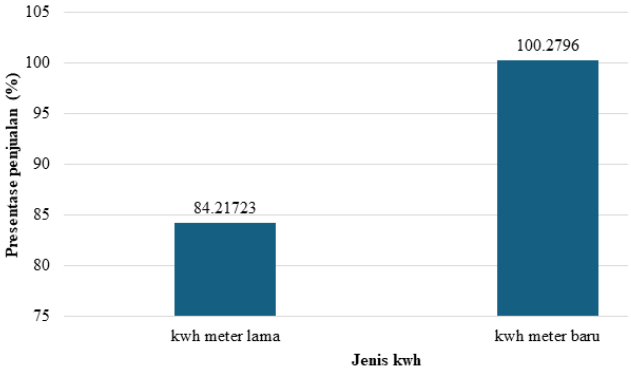
Penggantian KWH meter dan umur KWH meter yang sudah lama dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam pengukuran konsumsi listrik. Ketidakakuratan ini dapat merugikan pelanggan jika KWH meter mencatat konsumsi yang lebih tinggi dari sebenarnya, sehingga pelanggan membayar tagihan yang lebih besar. Sebaliknya, jika KWH meter mencatat konsumsi yang lebih rendah, PLN akan kehilangan pendapatan. Oleh karena itu, penting bagi PLN untuk melakukan pengawasan dan pemeliharaan KWH meter secara berkala, serta memastikan proses penggantian dilakukan dengan benar untuk meminimalkan kerugian bagi kedua belah pihak. Analisis yang cermat terhadap biaya dan manfaat penggantian KWH meter, serta pemantauan tren pasar, juga diperlukan untuk memastikan keberlanjutan pendapatan PLN.

Analisis data penjualan listrik menunjukkan bahwa target peningkatan penjualan kWh berhasil tercapai setelah dilakukan pergantian kWh meter lama dengan kWh meter baru. Pergantian ini terbukti efektif karena akurasi pengukuran konsumsi listrik menjadi lebih presisi, sehingga mampu merefleksikan penggunaan listrik pelanggan secara riil. Berdasarkan data pada Gambar 4.10, terjadi peningkatan penjualan listrik sebesar Rp65.923.423,12 setelah penggunaan kWh meter baru, jika dibandingkan dengan kWh meter lama. Nilai ini menunjukkan kenaikan sekitar 12,29% dari total penjualan sebelumnya (Rp536.283.503,60). Persentase kenaikan tersebut mengindikasikan dampak yang signifikan dari penerapan kWh meter baru terhadap peningkatan pendapatan PLN. Dengan demikian, strategi PLN dalam mengganti kWh meter tidak hanya menyelesaikan masalah teknis terkait kesalahan pengukuran, tetapi juga selaras dengan pencapaian target finansial perusahaan, dimana PLN tidak lagi kehilangan potensi pendapatan akibat pencatatan konsumsi listrik yang lebih rendah dari pemakaian riil, serta

mampu mendukung pertumbuhan penjualan dan penguatan kinerja finansial secara berkelanjutan.

Analisa Kerugian Terhadap Daya Pasok dan Daya Terjual

Analisa kerugugian terhdap daya pasok dan daya terjual berhubungan dengan daya yang telah dipasok oleh pln namun tidak terbaca oleh kwh meter dan akhrinya mengakibatkan Kerugian. Gambar 11 menunjukan hasil Analisa kerugian terhap daya pasok dan daya jual.



Sumber: data olahan

Gambar 11
Presentase selisih penjualan daya pasok dan daya terjual

Gambar 11 Presentase selisih penjualan daya pasok dan daya terjual. Grafik batang ini menyajikan persentase penjualan KWH meter, membandingkan antara KWH meter lama dan KWH meter baru. Dari grafik, terlihat jelas bahwa penjualan KWH meter baru secara signifikan lebih tinggi dibandingkan penjualan KWH meter lama. KWH meter baru mencapai persentase penjualan sebesar 100,2796%, sementara KWH meter lama hanya mencapai 84,21723% sehingga selisih sekitar 16,06%. Perbedaan yang mencolok ini menunjukkan bahwa KWH meter baru lebih diminati atau lebih banyak terjual dibandingkan KWH meter lama. Perbedaan persentase penjualan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah adanya program penggantian KWH meter lama dengan yang baru oleh penyedia listrik.

Penggantian KWH meter lama dengan yang baru memiliki dampak positif terhadap persentase daya terjual dan terpasok. KWH meter baru, terutama yang berbasis teknologi digital, memiliki akurasi pengukuran yang lebih tinggi, sehingga meminimalkan selisih antara daya yang terjual dan terpasok. Selain itu, fitur-fitur canggih pada KWH meter baru memungkinkan PLN untuk memantau dan mengelola distribusi daya dengan lebih efisien, memastikan daya terpasok optimal dan sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Penggantian ini juga mengurangi kerugian teknis akibat KWH meter lama yang sudah tua. Dengan demikian, penggantian KWH meter baru dapat meminimalkan kerugian bagi PLN dan pelanggan, serta meningkatkan keandalan pasokan listrik.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggantian kWh meter terbukti memberikan dampak signifikan terhadap persentase daya pasok dan daya terjual, dengan selisih yang cukup mencolok mencapai 16,06%. Hal ini mengindikasikan bahwa PLN telah memasok energi listrik sebesar 16,06% lebih banyak, namun tidak tercatat secara akurat oleh kWh meter lama, sehingga berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian antara daya yang disalurkan dan daya yang tercatat.
2. Penggantian kWh meter memberikan dampak positif yang substansial, terutama dalam menurunkan tingkat kesalahan pencatatan energi listrik. Tingkat *error* pada kWh meter lama tercatat berada pada kisaran -3,1% hingga -11,3%, yang secara signifikan melampaui ambang batas toleransi dan menyebabkan kerugian pada pihak PLN akibat pencatatan yang lebih rendah dibandingkan daya sebenarnya yang disalurkan. Sebaliknya, setelah penggantian meter, tingkat *error* menurun drastis hingga berada dalam rentang -0,1% hingga 0,7%, yang menunjukkan akurasi pencatatan yang

lebih baik serta mengurangi potensi kerugian, baik bagi PLN maupun pelanggan.

3. Berdasarkan hasil analisis data, diketahui bahwa sekitar 49,42% dari kesalahan pencatatan berdampak negatif terhadap pelanggan, sementara 51,58% lainnya mengakibatkan kerugian pada pihak PLN. Selain itu, terdapat selisih volume penjualan energi listrik yang cukup signifikan antara kWh meter baru dan lama. Dengan kWh meter baru, total penjualan energi mencapai 410.424 kWh, sedangkan dengan kWh meter lama hanya sebesar 365.495 kWh, menunjukkan selisih sebesar 46.773 kWh. Dari sisi nilai ekonomis, penjualan energi listrik melalui kWh meter baru tercatat sebesar Rp602.206.926,72, dibandingkan dengan Rp536.283.503,60 pada kWh meter lama, menghasilkan perbedaan sebesar Rp65.923.423,12. Selisih ini mengindikasikan adanya potensi kerugian yang cukup besar apabila penggantian meter tidak dilakukan, serta memperkuat urgensi dan efektivitas implementasi kWh meter baru dalam meningkatkan akurasi pencatatan dan efisiensi pendapatan PLN.

DAFTAR PUSTAKA

Arieyansyah, A., Mukhaiyar, R., 2021. Penekanan Susut Non-Teknis dengan cara Optimalisasi Pelaksanaan P2TL di PT-PLN-(Persero)-ULP-Indarung. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *3*(4), 269-278.

Hasan, T., Elwarin, D., Sesa, S., 2021. Pengaruh Kondisi Wiring Terhadap Persentase Kesalahan (Error) pada KWH Meter. *Jurnal ELKO (Elektrikal dan Komputer)*. 1(1), 19-27

Nurrizqi, D., 2024. Optimalisasi Penggantian kWh Meter Bermasalah Dalam Upaya Penurunan Susut Non Teknis di PT PLN (Persero) ULP Pacet. *SUTET*, *14*(1), 23-29.

Otchere-Appiah, G., Takahashi, S., Yeboah, M. S., Yoshida, Y., 2021. The Impact Of Smart Prepaid Metering On Non-Technical Losses In Ghana. *Energies*, *14*(7), 1852.

Sovacool, B. K., Hook, A., Sareen, S., Geels, F. W. 2021. Global sustainability, innovation and governance dynamics of national smart electricity meter transitions. Global Environmental Change, 68, 102272.

Waldi, A. N., 2021. Akurasi Pengukuran kWh Meter Analog Terhadap *Losses* Energi Listrik. *Sutet*, *11*(2), 105-113.

Widodo, E., 2019. *Analisis Pengaruh Manuver Jaringan 20 kV GI Sragen terhadap Susut Daya* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

Wulandari, D., Juwita, M. N., 2023. Strategi Pln Dalam Mengatasi Tunggakan Pembayaran Masyarakat Pada Pt. Pln (Persero) Talang Padang Kabupaten Tanggamus Diss. Bandarlampung University

Zhou, S., 2021. The effect of smart meter penetration on dynamic electricity pricing: Evidence from the United States. *The Electricity Journal*, *34*(3), 106919.