



Implementasi Advanced Metering Infrastructure (AMI)

Agus Haris Munandar^{1,2,*}, Denis^{1,3}, Yosua Alvin A. Soetrisno^{1,3}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²PT PLN (Persero) Kantor Pusat, Jalan Trunojoyo Blok M – I No 135 Kebayoran Baru,
Jakarta Selatan, Indonesia 12160

³Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: agusharismunandar@gmail.com

(Received: September 25, 2024; Accepted: October 21, 2024)

Abstract

Implementation of Advanced Metering Infrastructure (AMI). Implementation of AMI is a project that has high challenges and complexities, not only installing smart meters but also infrastructure as a meter ecosystem to send data through an integrated communication network system. The purpose of this scientific research is to ensure that the implementation of AMI can provide benefits to companies and customers. The research method is to determine the location of data collection, data collection, data processing, analysis results and conclusions. In the implementation of AMI, infrastructure is needed in the form of Smart Meters, Communication Media, Data Concentrator Units (DCU), Head End System (HES), Meter Data Management System (MDMS), with the most effective communication media to use from Smart meters to DCU using PLC / RF communication media and FO communication media from DCU to Server. The most effective configuration in the implementation of AMI is using the Cluster configuration. The benefits obtained by implementing AMI include increasing the success of meter recording, reducing losses from electricity theft and being able to provide real-time services to customers with the development of business processes.

Keywords: PLN, AMI, Smart Meter, DCU, HES, MDMS

Abstrak

Implementasi AMI adalah suatu proyek yang memiliki tantangan dan kompleksitas tinggi, tidak hanya memasang *smart meter* tetapi juga infrastruktur sebagai ekosistem meter untuk mengirim data melalui sistem jaringan komunikasi yang terintegrasi. Tujuan dari penelitian karya ilmiah ini adalah memastikan bahwa dengan implementasi AMI dapat memberi manfaat bagi perusahaan dan pelanggan. Metode penelitian dengan menentukan lokasi pengambilan data, pengambilan data, pengolahan data, hasil analisa dan kesimpulan. Dalam pengimplementasian AMI dibutuhkan infrastruktur berupa *Smart Meter*, Media Komunikasi, *Data Concentrator Unit* (DCU), *Head End System* (HES), *Meter Data Management System* (MDMS), dengan media komunikasi yang paling efektif untuk digunakan dari *smart meter* ke DCU menggunakan media komunikasi PLC/RF dan media komunikasi FO dari DCU ke *server*. Konfigurasi yang paling efektif dalam implementasi AMI dengan menggunakan konfigurasi *cluster*. Manfaat yang didapat dengan implementasi AMI di antaranya dapat meningkatkan keberhasilan pencatatan meter, menekan *losses* dari pencurian tenaga listrik dan dapat memberikan layanan secara *real time* bagi pelanggan dengan pengembangan proses bisnis.

Kata kunci: PLN, AMI, Smart Meter, DCU, HES, MDMS

How to Cite This Article: Munandar, A. H., Denis, D. & Soetrisno, Y. A. A. (2024). Implementasi Advanced Metering Infrastructure (AMI). *JPII*, 2(4), 212-222. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24571>

PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) adalah perusahaan listrik milik negara Indonesia yang lingkup bisnisnya mencakup mulai dari pembangkitan, transmisi dan distribusi tenaga listrik. PLN melayani lebih dari 82 juta pelanggan industri, komersial dan residensial. Sesuai dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2019-2028, PLN bermaksud untuk melakukan modernisasi dan digitalisasi jaringan listrik, meningkatkan efisiensi operasional & efisiensi energi, meningkatkan keandalan pasokan, mengatasi tantangan perubahan iklim, dan meningkatkan kepuasan pelanggan melalui penerapan *smart grid*. *Advanced Metering Infrastructure* (AMI) atau *smart metering* menjadi dasar dalam merealisasikan dan mewujudkan inisiatif dalam pengembangan *smart grid*. PLN telah melakukan beberapa proyek uji coba/*proof of concept* (POC) sejak tahun 2014 untuk mempelajari kelayakan penerapan teknologi sistem AMI dan melakukan penilaian status *smart grid* saat ini dan aspirasi masa depan.

Rencana PLN menerapkan AMI ditujukan untuk mengakomodir kebutuhan khusus yang ditentukan dalam tujuan dan rencana bisnis organisasi. Dalam Program Transformasi, PLN menargetkan untuk dapat meningkatkan efisiensi operasional, keandalan, memperbanyak otomasi dan digitalisasi, meningkatkan aliran pendapatan baru serta menyediakan produk dan layanan baru untuk meningkatkan kepuasan dan pengalaman pelanggan. Kebutuhan PT PLN (Persero) akan implementasi AMI secara khusus dapat memenuhi hal-hal antara lain sebagai berikut:

1. Meningkatkan efisiensi operasional/mengurangi biaya O&M.
 2. Meningkatkan kepuasan dan pengalaman pelanggan.
 3. Memberikan opsi penetapan harga tarif.
 4. Mengurangi kerugian teknis dan non-teknis.
 5. Meningkatkan efisiensi energi.
 6. Meningkatkan integrasi sumber daya energi terbarukan dan *distributed generation*.
 7. Membuat aliran pendapatan baru (*Beyond kWh*).
- Namun dalam artikel ini hanya membahas terkait dengan peningkatan keberhasilan pencatatan meter, mengurangi *losses* (kWh) serta meningkatkan layanan secara *realtime*.

Untuk mencapai tujuan tersebut, PLN bermaksud untuk memodernisasi dan mendigitalkan jaringannya melalui adopsi teknologi pintar seperti *smart grid*, analisa data, kecerdasan buatan, pemeliharaan secara prediktif dan preskriptif dimana *Advanced Metering Infrastructure* (AMI) adalah dasar untuk menerapkan teknologi *smart grid* ini. Implementasi AMI melibatkan banyak elemen

dari teknologi, proses bisnis dan pemangku kepentingan yang perlu bekerja sama secara harmonis agar tingkat keberhasilan penerapan AMI ini tinggi. PLN telah memutuskan untuk menerapkan AMI di seluruh wilayah Indonesia dan telah melakukan beberapa POC/proyek percobaan untuk mempelajari kelayakan berbagai teknologi komunikasi dan solusi pengumpulan data terbaik. Proyek uji coba pra-komersial untuk 110 ribu meter dilakukan pada tahun 2021 dengan menggunakan HES dan teknologi komunikasi dari tiga penyedia yang berperan dalam proses implementasi proyek ini. Evaluasi dari proyek uji coba prakomersial ini diharapkan akan menunjukkan kesesuaian teknologi yang dipilih serta *lessons learned* dan tantangan implementasi yang terjadi sebagai dasar pengambilan keputusan untuk melangkah menuju tahapan implementasi komersial.

Pada tahun 2022 sampai dengan 2023, PLN telah mengimplementasikan AMI untuk 1,2 juta pelanggan yang tersebar pada unit induk di antaranya:

1. UID Jaya
2. UID Jabar
3. UID Jatim
4. UID Sulselrabar
5. UID Banten
6. UID Jateng
7. UID Bali
8. UID Sumut

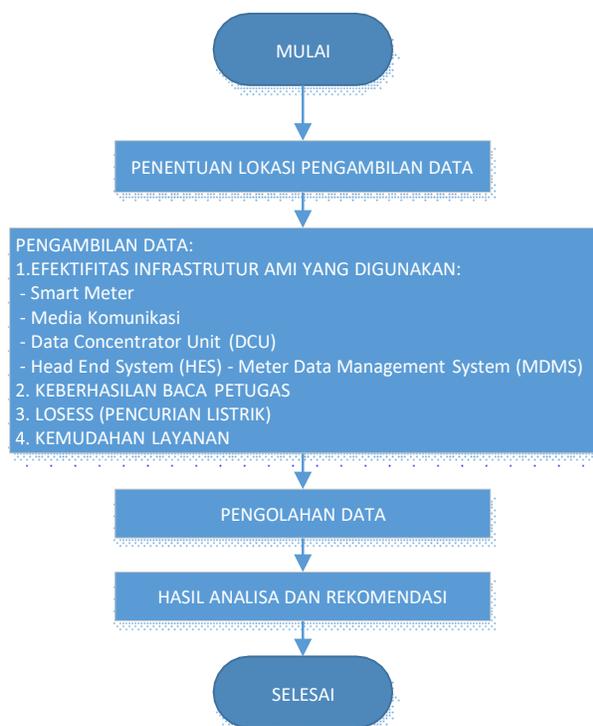
Tujuan dari penelitian ini adalah memastikan bahwa dengan implementasi AMI dapat memberi manfaat bagi perusahaan dan pelanggan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian yang digunakan pada studi kasus karya ilmiah ini adalah unit PLN yang telah melakukan implementasi AMI yaitu:

1. UID Jaya
2. UID Jabar
3. UID Jatim
4. UID Sulselrabar
5. UID Banten
6. UID Jateng
7. UID Bali
8. UID Sumut

Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian studi kasus ini adalah data internal PT PLN (Persero). Bagan alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

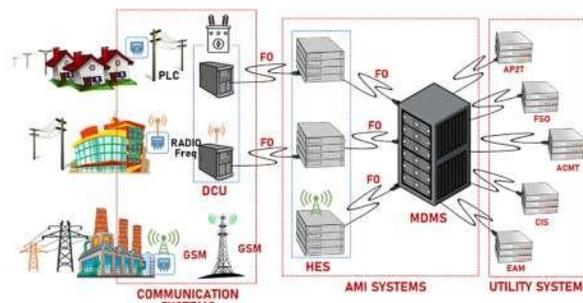
Penelitian dimulai dengan penentuan lokasi pengambilan data untuk memastikan area yang dievaluasi sesuai dengan kebutuhan. Setelah lokasi ditentukan, tahap berikutnya adalah pengambilan data terkait infrastruktur AMI yang digunakan. Data yang dikumpulkan meliputi komponen-komponen utama AMI, seperti *Smart Meter* untuk pengukuran energi, media komunikasi yang digunakan untuk transfer data, *Data Concentrator Unit* (DCU) yang berfungsi sebagai pengumpul data dari beberapa meter, *Head End System* (HES), serta *Meter Data Management System* sebagai pusat pengelolaan data dari meter.

Setelah data terkumpul, dilakukan pengolahan data untuk memperoleh hasil yang relevan. Hasil pengolahan ini kemudian dianalisis, dan rekomendasi diberikan berdasarkan temuan tersebut untuk meningkatkan efektivitas infrastruktur AMI. Penelitian ini diakhiri dengan tahap penyampaian hasil analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN Infrastruktur AMI

Sebagaimana terlihat pada Gambar 1, dalam penerapan AMI diperlukan beberapa infrastruktur atau perangkat sehingga dapat berjalan dengan baik, diantaranya sebagai berikut:

1. *Smart Meter*
2. Media Komunikasi
3. *Data Concentrator Unit* (DCU)
4. *Head End System* (HES)
5. *Meter Data Management System* (MDMS)



Gambar 2. Topologi infrastruktur AMI

Advanced Metering Infrastructure (AMI)

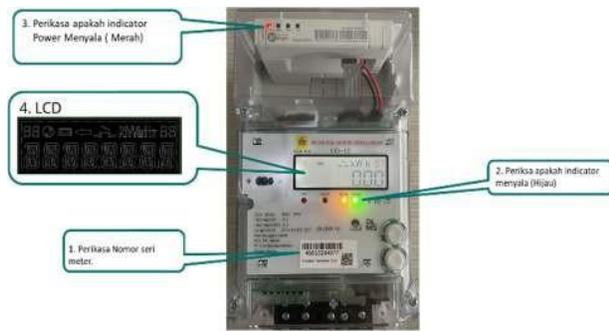
AMI adalah sistem meter yang terintegrasi, dengan jaringan komunikasi yang memungkinkan adanya komunikasi dua arah antara *data center* perusahaan listrik dan pelanggan dengan memanfaatkan berbagai teknologi komunikasi (PLC, RF, Selular, FO dan sebagainya) untuk mengukur, mencatat dan memonitor pemakaian energi listrik di meter pelanggan secara *real time*, lebih akurat, mempercepat layanan gangguan, serta bisa dikendalikan jarak jauh (*remote*) sehingga meningkatkan layanan dan fungsi yang menguntungkan bagi pelanggan dan perusahaan listrik.

Smart Meter

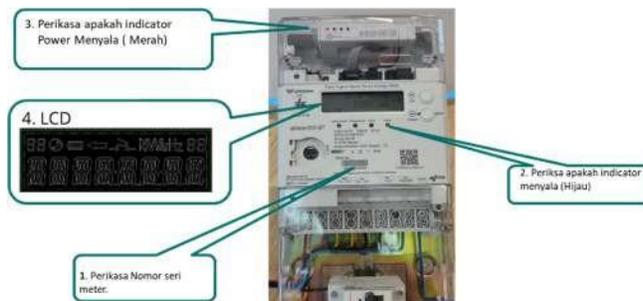
Smart meter adalah perangkat pengukur energi dan perekam data di titik transaksi yang dilengkapi dengan memori penyimpanan, perangkat lunak dan modem komunikasi sehingga memungkinkan adanya komunikasi dua arah ke PLN dan ke pelanggan. Dengan fungsi dan fitur sebagai berikut:

1. Pembacaan jarak jauh EoB, data instan dan *load profile*
2. Deteksi *tampering*
3. Deteksi *outage* di sisi meter maupun jaringan
4. Pengoperasian meter jarak jauh seperti *remote connect disconnect* dan *setting power limit*
5. Pemrograman jarak jauh

Smart meter dikelompokkan berdasarkan pengukuran fasanya, *Smart Meter* AMI 1 fasa dapat dilihat pada Gambar 3 dan *Smart Meter* AMI 3 fasa dapat dilihat pada Gambar 4. Pada layar (*display*) *Smart Meter* AMI menampilkan beberapa informasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Smart Meter AMI 1 phase



Gambar 4. Smart Meter AMI 3 phase

Tabel 1. Informasi layar tampilan meter

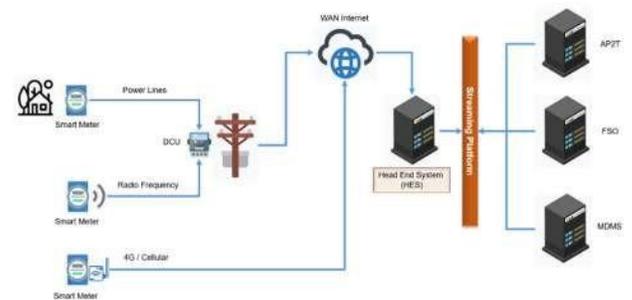
No.	Informasi layar tampilan scroll tombol	Informasi register	Satuan	Desimal	Keterangan
1	ID Pelanggan	IDPEL			
2	Meter ID	METERID			
3	Daya aktif kirim	P_EXP	KW	3	Sesaat
4	Daya aktif terima	P_IMP	KW	3	Sesaat
5	Daya reaktif kirim	Q_EXP	KVAR	3	Sesaat
6	Daya reaktif terima	Q_IMP	KVAR	3	Sesaat
7	Energi aktif kirim Tarif 1 (WBP)	EA_EXP1	kWh	3	Stand akhir sesaat
8	Energi aktif kirim Tarif 2 (LWBP1)	EA_EXP2	kWh	3	Stand akhir sesaat
9	Energi aktif kirim Tarif 3 (LWBP2)	EA_EXP3	kWh	3	Stand akhir sesaat
10	Energi aktif kirim	EA_EXP	kWh	3	Stand akhir sesaat
11	Energi aktif terima Tarif 1 (WBP)	EA_IMP1	kWh	3	Stand akhir sesaat
12	Energi aktif terima Tarif 2 (LWBP1)	EA_IMP2	kWh	3	Stand akhir sesaat
13	Energi aktif terima Tarif 3 (LWBP2)	EA_IMP3	kWh	3	Stand akhir sesaat
14	Energi aktif terima	EA_IMP	kWh	3	Stand akhir sesaat
15	Energi reaktif kirim	ER_EXP	kVARh	3	Stand akhir sesaat
16	Energi reaktif terima	ER_IMP	kVARh	3	Stand akhir sesaat
17	Energi reaktif billing (kompensasi)	ER_BIL	kVARh	3	Stand akhir sesaat
18	Tegangan fase R	UR	V	1	Sesaat
19	Tegangan fase S	US	V	1	Sesaat
20	Tegangan fase T	UT	V	1	Sesaat
21	Sudut tegangan R	Sdt_UR	°	0	Sesaat
22	Sudut tegangan S	Sdt_US	°	0	Sesaat
23	Sudut tegangan T	Sdt_UT	°	0	Sesaat
24	Arus fase R	IR	A	3	Sesaat
25	Arus fase S	IS	A	3	Sesaat
26	Arus fase T	IT	A	3	Sesaat
27	Arus netral	IN	A	3	Sesaat
28	Sudut fase R	Sdt_IR	°	0	Sesaat
29	Sudut fase S	Sdt_IS	°	0	Sesaat
30	Sudut fase T	Sdt_IT	°	0	Sesaat
31	Faktor daya	PF		3	Sesaat
32	Waktu (dd-mm-yyyy hh:mm:ss)	TIME			Sesaat
33	Power limiter setting	P_LIM	KW	3	
34	Maksimum demand daya semu kirim	S_MAX	kVA	3	Pada periode bulan berjalan
35	Waktu saat maksimum demand daya semu kirim (dd-mm-yyyy hh:mm:ss)	TS_MAX			Pada periode bulan berjalan
36	End-of-billing (dd-mm)	EOB			
37	Checksum software	CSUM			
38	Unit PLN	PLN			

KWh meter digital ini mengacu pada standar acuan berikut:

- SPLN D3.006_2021 Meter Statik Pascabayar Fase Tiga
- SPLN D3.006_2021 Suplemen 1 Meter Statik Pascabayar Fase Tiga
- SPLN D3.007_2021 Meter Statik Pascabayar Fase Tunggal Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah
- SPLN D3.007_2021 Suplemen 1 Meter Statik Pascabayar Fase Tunggal Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah
- SPLN D5.002_2021 Sistem Metering dengan Komunikasi Dua Arah

Media Komunikasi

Media komunikasi adalah media yang digunakan untuk berkomunikasi dua arah antara meter dan data center dapat berupa PLC, RF, Seluler atau FO.



Gambar 5. Media komunikasi

A. PLC

Power Line Carrier (PLC), ada pula yang menyebutnya Power Line Communication. Media ini menggunakan jaringan kabel listrik yang sudah ada sebagai media komunikasi antara meter dan data center. PLC ini digunakan untuk pelanggan dengan kerapatan yang tinggi, dengan daya terpasang pada tiap pelanggan tidak begitu besar. Sistem PLC adalah media komunikasi yang mature dan andal dibandingkan dengan semua media lainnya. Dalam komunikasi PLC, jaringan harus robust, dipelihara dan parameter seperti fasa, beban, dan lainnya harus direncanakan sejak awal jaringan diletakkan. Beberapa batasan dari teknologi ini adalah:

1. Transfer data lebih lambat
2. Gangguan pada pengoperasian switching, pemutusan dalam sistem kelistrikan
3. Distorsi sinyal selama melewati transformator daya, induktor, dan lain-lain
4. NB-PLC bekerja pada frekuensi yang lebih rendah (3-500 kHz), kecepatan data yang lebih rendah (hingga 250-an kbps) dan memiliki jangkauan kurang lebih 1,7 km
5. Saat ini, NB-PLC telah menerima perhatian luas karena diimplementasikan pada Smart Grid,

khususnya *Smart Meter* pada *Advanced Meter Infrastructure*.

Tabel 2. NB PLC

Region	Regulatory Body	Frequency Band	Note
Europa	CENELEC	3-95 kHz 95-125 kHz 125-140 kHz 140-148.5 kHz	A – Energy Provider (Utility/Smart Grid) B – Reserved for users (Unrestricted) C – Reserved for users, regulator CSMA access (Jaringan di dalam rumah) D – Reserved for users (Alarm dan keamanan)
Japan	ARJB	10-450 kHz	
China	EPRJ	3-90 kHz 3-500 kHz	Not regulated
USA	FCC	10-490 kHz	

B. Seluler

Media seluler merupakan media komunikasi yang cukup sering kita jumpai di PLN, karena sebelumnya digunakan pada sistem eksisting *Automatic Meter Reading*. Media ini digunakan untuk pelanggan Bisnis dan Industri yang dayanya cukup besar, energi cukup tinggi, dengan kerapatan pelanggan yang rendah. Teknologi jaringan seluler yang dapat dimanfaatkan untuk implementasi AMI sebagai berikut:

1. Jaringan generasi kedua atau 2G, yang mengacu pada jaringan GSM, CSD, GPRS dan EDGE. Jaringan ini berada pada *frequency band* 900-1800 MHz, dengan *data rate* maksimal 170 *kilo bit per second* dan *coverage area* 1-10 km.
2. Jaringan generasi keempat atau 4G, yang mengacu juga pada jaringan LTE. Jaringan ini berada pada *frequency band* 900-1800-2300 MHz, dengan *data rate* 100 *mega bit per second* dan *coverage area* 20 km/
3. Jaringan Narrow Band-IoT (NB-IoT), yang merupakan teknologi komunikasi data sebagai bagian dari LTE yang ditujukan untuk komunikasi mesin ke mesin atau *Internet of Things (IOT)* untuk meningkatkan *efficiency*, *extended coverage* dan *tolerance* terhadap *delay*. Jaringan ini berada pada *frequency band* 900 MHz, dengan *data rate* 250 *kilo bit per second* dan *coverage area* 20 km.

Detail spesifikasi komunikasi seluler dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komunikasi seluler

No	Komunikasi	Maturity Level	License	Frequency Bands	Standard	Data Rate	Distance/coverage area
1	GPRS/2G	High	Licensed	900-1800 MHz	3GPP (cellular)	170 kbps max	1-10 km
2	3G	High	Licensed	900-2100 MHz	3GPP (cellular)	60-240 kbps	Up to 50 km
3	4G	High	Licensed	900-1800-2300 MHz	3GPP (cellular)	100 Mbps	Up to 20 km
4	NB-IoT	High	Licensed	900 MHz	3GPP (cellular)	250 kbps	Up to 20 km

C. Fiber Optic

Selain untuk transaksi energi, media ini juga digunakan untuk pelanggan yang menghendaki tambahan layanan atau *value added services*, seperti layanan internet, multimedia, *smart home* dan sebagainya.

Fiber Optic (FO) adalah suatu jenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus. Kabel FO dapat mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu lokasi ke

lokasi lain dengan kecepatan tinggi menggunakan pembiasan cahaya sebagai prinsip kerjanya. Adapun kelebihan FO:

1. Kecepatan transmisi yang tinggi (*up to* 1 Gbps) dan dapat mencapai jarak yang jauh
2. Tahan terhadap karat
3. Ukuran kabel kecil dan fleksibel
4. Tidak terganggu oleh gelombang elektromagnetik dan radio
5. Mencegah korsleting karena tidak mengandung aliran listrik
6. Minim distorsi

D. Radio Frequency

Media ini digunakan di lokasi dengan kerapatan pelanggan tinggi tanpa menggunakan kabel, tetapi dengan memanfaatkan frekuensi tertentu dan sistem penguat agar jangkauan lebih jauh. *Radio frequency* atau RF merupakan sinyal gelombang elektromagnetik yang digunakan oleh sistem komunikasi untuk mengirim informasi melalui udara dari satu titik ke titik lainnya, yang merambat di antara antena pemancar pengirim dan penerima. Sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui antena memiliki amplitudo, frekuensi, interval dan mempunyai sifat-sifat yang dapat berubah-ubah setiap saat untuk mempresentasikan informasi. RF yang akan digunakan adalah RF Mesh karena jaringan mesh memungkinkan meter dan *devices* pendukung berkomunikasi melalui *multiple hops* untuk menjaga keandalan dan memperluas jangkauan.

Adapun keunggulan RF Mesh :

1. RF Mesh dapat dirancang menjadi sebuah sistem terdistribusi
2. Jika satu modul kehilangan komunikasi dengan jaringan, maka jaringan akan secara otomatis menemukan jalur lain untuk memulihkan komunikasi
3. Memiliki kapabilitas *self-forming*, yaitu kecerdasan jaringan yang memungkinkan sinyal dapat menemukan rute optimal.

Selain keunggulan, terdapat masalah potensial jika menggunakan PLC dan RF di antaranya:

1. Kondisi cuaca (badai, petir, hujan)
2. *Drop* tegangan JTR/SR
3. Beban tak seimbang di trafo distribusi
4. Impedansi kabel di JTR/SR
5. Pentanahan tidak sempurna di trafo, JTR/SR dan APP/IML
6. Konektor kabel tidak sempurna
7. Penggunaan daya RF pada meter/DCU
8. *Duty cycle download/upload data*
9. Regulasi lebar *bandwith* frekuensi RF di Indonesia

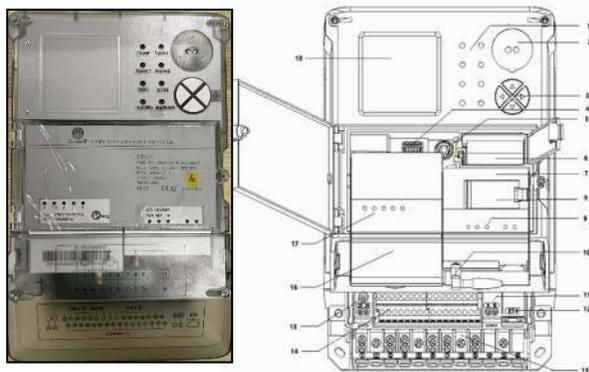
Sistem komunikasi yang disebutkan di atas mengacu pada standar acuan berikut:

- SPLN D3.023_2021 Modem Seluler Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah

Data Concentrator Unit (DCU)

DCU adalah suatu perangkat yang berfungsi sebagai data *collector* dari beberapa meter yang terhubung dengannya pada jaringan lokal (LAN) dan mengirimkan kumpulan data tersebut ke HES yang umumnya melalui jaringan WAN. Konsentrator diletakkan di gardu/transmofaktor distribusi. Dikenal juga dengan istilah *Gateway (GW)/Collector* pada komunikasi *Radio Frequency (RF)*. 1 DCU terhubung dengan ±250 kWh meter, fisik DCU dan parameter DCU dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 4. DCU memiliki fungsi dan fitur sebagai berikut:

1. Pengumpul data dari sekumpulan meter energi yang terhubung atau di bawah kendalinya
2. Sebagai media penerus/pengirim data dari meter tersebut maupun perangkat itu sendiri ke *Head End System (HES)*
3. Pengukuran energi pada gardu distribusi
4. Komunikasi *downlink* menggunakan media komunikasi RF/PLC dan untuk komunikasi *uplink* menggunakan seluler/*ethernet* (LAN/WAN ke jaringan FO) dengan modul komunikasi modular



Gambar 6. DCU

Tabel 4. Parameter DCU

No	Parameter	Specification
1	DCU LEDs	Power, Uplink, Ethernet, Alarm, Wifi, imp/kWh, imp/kVarh
2	Optical Port	Reserved
3	Buttons	Reserved
4	USB	Reserved
5	RS232	PS2 Interface
6	Battery Slot	Replaceable
7	4G Module	Plug and Play
8	SIM Card Slot	
9	4G Status LEDs	Power, Network, T/R
10	Antenna	Short/Long Switchable
11	RS485	Maintenance Use Only
12	Ethernet	Access Web-GUI
13	Terminals	
14	Auxilliary Ports	I/O Ports

15	Relay Output	
16	Hybrid Module	HPLC+RF
17	Hybrid Module Indicators	Power, T/R, Phase R, Phase S, Phase T

Sistem komunikasi ini mengacu pada standar acuan berikut :

- SPLN D3.036_2021 *Advanced Metering Concentrator Unit* pada Sistem Metering Komunikasi Dua Arah
- SPLN D3.036_2021 SUP-1 2023 *Advanced Metering Concentrator Unit* pada Sistem Metering Komunikasi Dua Arah

Pemasangan DCU mengacu pada letak posisi gardu antara lain sebagai berikut:



Gambar 7. Pemasangan DCU pada gardu beton

1. Pasang DCU pada ruangan yang aman dan terlindungi dari pengaruh luar
2. Pasang kabel tegangan dan kabel pengawatan CT pada rak TR
3. Pasang pengawatan DCU sesuai SOP
4. Gunakan APD dan perlengkapan *safety* dalam setiap kegiatan



Gambar 8. Pemasangan DCU pada gardu tiang

1. Pasang BOX APP pada tiang
2. Pasang DCU di dalam BOX APP agar terlindungi dari pengaruh luar
3. Pasang kabel tegangan dan kabel pengawatan CT pada rak TR
4. Pasang pengawatan DCU SOP
5. Gunakan APD dan pelengkapan *safety* dalam setiap kegiatan

Head End System (HES)

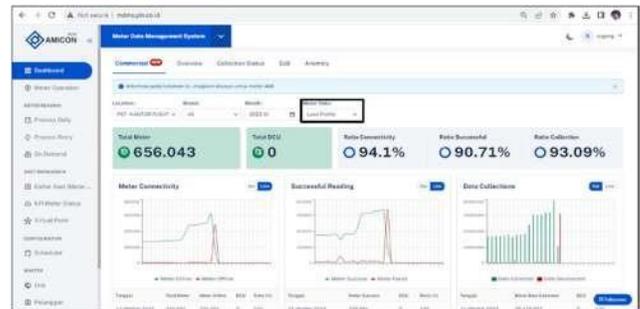
HES adalah komponen dari sistem metering komunikasi dua arah di mana semua data perekaman meter, alarm dan *event log* dari perangkat-perangkat lain di bawahnya dikumpulkan dan tersimpan. HES juga berfungsi untuk mendistribusikan perintah dari MDMS dan mengelola proses-proses lain seperti pembaruan perangkat lunak (*firmware*) pada meter. Dengan fungsi dan fitur sebagai berikut:

1. Pengelolaan dan monitoring peralatan:
 - Menyediakan informasi topologi jaringan/aliran data
 - Mampu menerima sinyal *heartbeat*
 - Memiliki manajemen alarm, *event* dan *tamper*
 - Melakukan konfigurasi meter dan *konsentrator/gateway*
 - Melakukan *upgrade/downgrade firmware* meter dan *konsentrator/gateway*
 - Mengantisipasi pengelolaan meter yang pada kondisi tertentu berpindah ke *konsentrator/gateway* lain
2. Pembacaan dan penyimpanan data meter
3. Meneruskan data ke MDMS dan melayani permintaan MDMS
4. *Self management and monitoring*

Meter Data Management System (MDMS)

MDMS adalah pusat pengolahan dari data yang terekam di HES dan merupakan tempat penggabungan data-data antara data-data hasil rekaman meter dan aplikasi-aplikasi lain. Dengan fungsi dan fitur sebagai berikut:

1. Menghitung pemakaian tenaga listrik
2. Pengoperasian meter (*shunt trip, power limit, dan lain-lain*)
3. Verifikasi data pembacaan
4. Analisa dan evaluasi



Gambar 9. Dashboard MDMS

Hasil Studi Kasus

Dari hasil pengambilan data terhadap implementasi AMI di beberapa unit layanan PLN yang telah disebutkan di atas, infrastruktur yang diperlukan berupa:

1. *Smart Meter*
2. Media Komunikasi
3. *Data Concentrator Unit (DCU)*
4. *Head End System (HES)*
5. *Meter Data Management System (MDMS)*

Smart meter yang digunakan pada impelentasi AMI harus mengacu pada:

- SPLN D3.006_2021 Meter Statik Pascabayar Fase Tiga
- SPLN D3.006_2021 Suplemen 1 Meter Statik Pascabayar Fase Tiga
- SPLN D3.007_2021 Meter Statik Pascabayar Fase Tunggal Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah
- SPLN D3.007_2021 Suplemen 1 Meter Statik Pascabayar Fase Tunggal Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah
- SPLN D5.002_2021 Sistem Metering dengan Komunikasi Dua Arah

Media komunikasi paling efektif untuk digunakan dari Meter ke DCU adalah menggunakan PLC dan RF dengan hasil kajian:

- a. PLC
 1. Kerapatan pelanggan PLN yang tinggi, dengan daya terpasang pada tiap pelanggan tidak begitu besar.
 2. Biaya murah dikarenakan tidak perlu membangun infrastruktur baru cukup menggunakan infrastruktur eksisting.
- b. RF
 1. RF Mesh dapat dirancang menjadi sebuah sistem terdistribusi.
 2. Fleksibilitas komunikasi dengan jaringan, di mana jaringan akan secara otomatis menemukan jalur lain untuk memulihkan komunikasi jika terjadi gangguan komunikasi.

- Memiliki kapabilitas *self-forming*, yaitu kecerdasan jaringan yang memungkinkan sinyal dapat menemukan rute optimal.

Penggunaan komunikasi PLN dan RF juga terdapat kelemahan yang harus dimitigasi lebih lanjut agar penggunaannya dapat lebih optimal. Untuk media komunikasi dari DCU ke MDMS yang mana merupakan pengiriman data dari lapangan ke server diperlukan komunikasi yang andal maka paling efektif menggunakan FO dikarenakan:

- Kecepatan transmisi yang tinggi (*up to 1 Gbps*) dan dapat mencapai jarak yang jauh.
 - Tahan terhadap karat.
 - Ukuran kabel kecil dan fleksibel.
 - Tidak terganggu oleh gelombang elektromagnetik dan radio.
 - Mencegah korsleting karena tidak mengandung aliran listrik.
 - Minim distorsi.
- DCU yang digunakan pada impelentasi AMI harus mengacu pada:

- SPLN D3.036_2021 *Advanced Metering Concentrator Unit* pada Sistem Metering Komunikasi Dua Arah
- SPLN D3.036_2021 SUP-1 2023 *Advanced Metering Concentrator Unit* pada Sistem Metering Komunikasi Dua Arah

Dan yang terakhir MDMS infrastruktur yang harus dimiliki sebagai tempat pengolahan data dan analisa penggunaan energi.

Dalam implementasi pemsangan AMI dapat dibagi menjadi 2 model berdasarkan pola komunikasi meter dengan HES, konfigurasi sistem AMI dapat menggunakan konfigurasi meter langsung dengan HES maupun konfigurasi *cluster*/kelompok meter yang dilengkapi DCU/gateway.

a. Konfigurasi AMI *Single*

Pada kondisi pelanggan yang tidak memungkinkan untuk menggunakan konfigurasi *cluster*, meter dapat langsung terhubung ke HES. Pada kondisi ini, media komunikasi harus menggunakan jaringan seluler dan atau jaringan fiber optic. Dengan ketentuan:

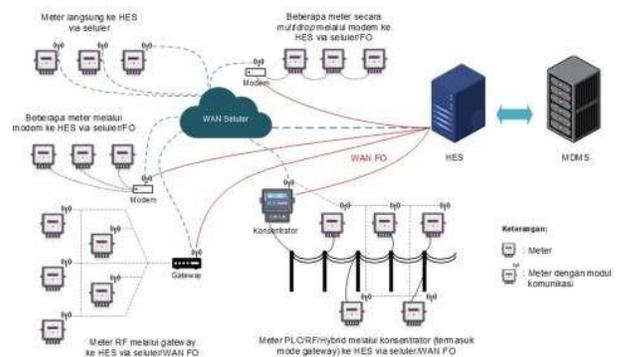
- Meter langsung ke HES
- Beberapa meter melalui modem ke HES
- Beberapa meter secara *multidrop* melalui modem ke HES

b. Konfigurasi AMI *Cluster*

Pada kondisi pelanggan yang dapat diperlakukan sebagai *cluster*, konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi meter dengan menggunakan DCU atau gateway. Media komunikasi dalam satu *cluster* harus menggunakan media komunikasi dengan jenis dan teknologi yang sama, misalkan PLC, RF mesh, atau media komunikasi yang lain. Dengan ketentuan:

- Meter RF melalui *gateway* ke HES

- Meter RF/PLC/hybrid melalui konsentrator ke HES



Gambar 10. Konfigurasi AMI

Dalam implementasi AMI ini konfigurasi yang paling efektif adalah dengan menggunakan konfigurasi AMI *cluster*. Dengan menggunakan konfigurasi *cluster* analisa data terkait dengan *losses* (pencurian kWh) dapat lebih mudah dilakukan dengan memanfaatkan DCU sebagai pengukur energi pada gardu distribusi yang terhubung langsung ke meter pelanggan. Adapun hasil pengolahan data terkait keberhasilan pencatatan meter, *losses* (kWh) dan kemudahan layanan dijelaskan sebagai berikut:

- Meningkatkan keberhasilan pencatatan meter
- Kondisi eksisting saat ini sebagian besar pembacaan meter masih dilakukan secara manual oleh petugas *Billman* sesuai jadwal baca meter dan sangat mungkin terjadinya salah catat pada stan kWh meter pelanggan oleh petugas catat dan terdapat kondisi di mana petugas tidak dapat mengakses lokasi pelanggan sehingga pemakaian pelanggan dilakukan rata-rata.

Tabel 5. Tabel gangguan baca sebelum implementasi AMI pada 8 Unit Induk

KDBACA	KETERANGAN	TOTAL
GANGGUAN BACA		
3	ANJING GALAK	3.700
4	PAGAR TERKUNCI	203.970
7	STAN DARI PELANGGAN	54.184
E	RUMAH TUTUP	131.193
I	KWH METER DIDALAM BANGUNAN	129.351
TOTAL GROUP		522.398

Dari tabel di atas dapat dilihat rata-rata bulanan stan kWh meter pelanggan yang tidak dapat diakses oleh petugas sebesar 497.954 pelanggan hal ini akan berdampak terhadap ketidaksesuaian tagihan rekening pelanggan karena dilakukan pemakaian rata-rata dan berdampak juga terhadap meningkatnya jumlah complain pelanggan.

Tabel 6. Tabel gangguan baca setelah implementasi AMI pada 8 Unit Induk

KDBACA	KETERANGAN	TOTAL
GANGGUAN BACA		
3	ANJING GALAK	0
4	PAGAR TERKUNCI	0
7	STAN DARI PELANGGAN	0
E	RUMAH TUTUP	0
I	KWH METER DIDALAM BANGUNAN	0
TOTAL GROUP		0

Dengan pemasangan AMI yang telah menggunakan komunikasi dua arah maka kondisi-kondisi di atas yang mengakibatkan data stan meter pelanggan tidak didapat, maka tidak akan terjadi lagi. Seperti pada data Tabel 6. Keberhasilan penarikan (pencatatan) data stan pelanggan *End of Billing* (EoB) dengan implementasi AMI sebesar 98,3% sebagaimana pada Tabel 7 di bawah

Tabel 7. Keberhasilan baca EoB implementasi AMI pada 8 Unit Induk

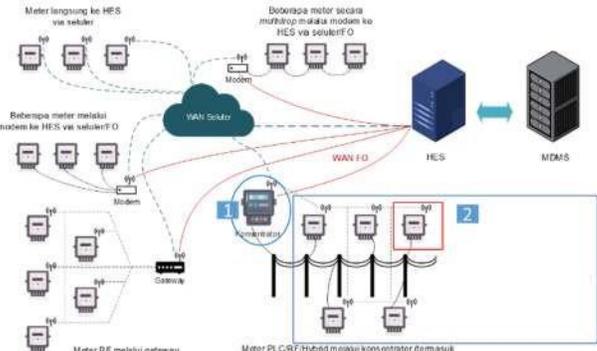
Billing Juni 2024		Rasio Sukses Total AMI		
UNITUPI	DISTRIBUSI WILAYAH	Total Location	Total sukses	%
12	SUMATERA UTARA	41,978	41,242	98.25%
32	SULSELRABAR	55,179	54,324	98.45%
51	JAWA TIMUR	115,246	112,676	97.77%
52	JAWA TENGAH DAN DIY	52,023	51,781	99.53%
53	JAWA BARAT	166,211	163,730	98.51%
54	JAKARTA RAYA	215,658	209,626	97.20%
55	BALI	527,153	521,376	98.90%
56	BANTEN	140,369	137,710	98.11%
TOTAL		1,313,817	1,292,465	98.37%

Terhadap selisih data stan yang berhasil ditarik secara EoB dilengkapi dengan data stan instan sehingga tidak ada data stan meter pelanggan yang tidak didapat untuk proses perhitungan rekening.

B. Mengurangi losses (kWh)

Losses (kWh) dalam prinsipnya terbagi menjadi 2 yaitu susut teknis dan non teknis. Susut teknis lebih kepada sistem jaringan, baik itu pada sisi jaringan Tegangan Tinggi (TT), Tegangan Menengah (TM) dan Tegangan Rendah (TR). Susut nonteknis salah satunya akibat pencurian listrik.

Kondisi eksiting saat ini dalam menentukan kWh yang hilang akibat pencurian perusahaan melakukan analisa dengan beberapa parameter, hal ini membutuhkan sumber data yang besar. Dengan pemasangan AMI dimana DCU terpasang pada gardu-gardu distribusi yang salah satu fungsinya adalah merekam data pemakaian kWh pada *cluster* pelanggan, maka akan didapat jika terdapat selisih kWh salur yang di gardu (DCU) dengan yang dikonsumsi oleh pelanggan (kWh meter).



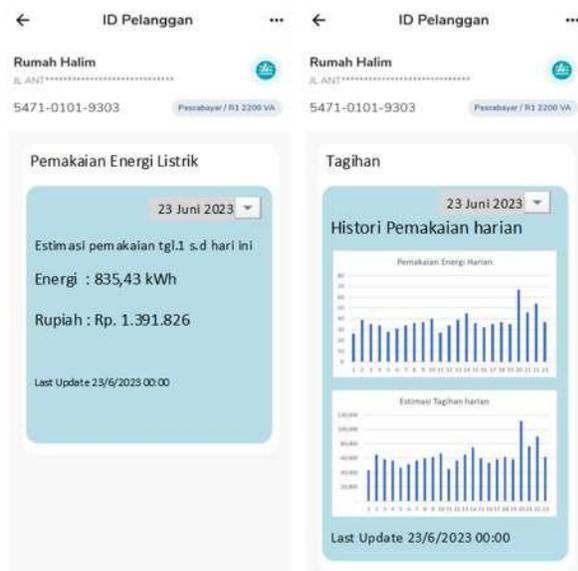
Gambar 11. Konfigurasi AMI cluster

Pada Gambar 11, garis yang dilingkari biru merupakan konfigurasi AMI *cluster*. Jika dalam sebulan DCU (bulat biru 1) mencatat pemakaian pada *cluster* sebesar 1000 kWh maka data pemakaian dari kelima (5) meter secara total akan 1000 kWh. Akan tetapi jika dalam *cluster* terdapat 1 pelanggan yang melakukan pencurian (kotak merah 2) maka kWh terima (yang dikonsumsi pelanggan) tidak sama dengan kWh salur (kWh yang tercatat pada DCU).

Selain dapat mendeteksi *losses* (kWh) melalui mekanisme perhitungan kWh kirim = kWh salur, *smart meter* AMI juga dilengkapi dengan pendeteksi *tampering* yang akan mengirimkan *event alarm* ke pusat data (MDMS) jika terdapat pelanggan yang mengotak-atik kWh meter. Pada MDMS juga dilengkapi fitur *anev* yang bekerja secara algoritma pemrograman untuk mendeteksi anomali-anomali pada pemakain pelanggan secara *realtime* menggunakan data instan dan *load profile* sehingga *losses* (kWh) yang terjadi dapat terdeteksi lebih cepat.

C. Meningkatkan layanan secara realtime

Dengan mengimplementasikan AMI, perusahaan dapat meningkatkan layanan secara *real* yaitu pelanggan dapat melihat secara *realtime* pemakaian harian dan kumulatif yang akan diintegrasikan dengan aplikasi perusahaan.



Gambar 12. Tampilan *energy used*

Pelanggan cukup meng-*install* aplikasi perusahaan dan sudah dapat menikmati fitur *energi used*. Perusahaan juga akan mengembang *billing on demand* di mana pelanggan dapat membayar tagihan listrik sesuai dengan kemampuan pelanggan misalkan pelanggan ingin membayar terlebih dahulu untuk 5 hari pemakaian hal ini sudah dapat dilakukan karena sistem sudah terintegrasi.

Selain itu, dengan implementasi AMI perusahaan juga dapat mendeteksi gangguan yang terjadi pada lokasi pelanggan sejak awal melalui *event alarm* pada *smart meter* yang dikirimkan ke MDMS sehingga perusahaan lebih responsif dalam penanganan gangguan pada lokasi pelanggan sebelum pelanggan melaporkan adanya gangguan.

KESIMPULAN

Dalam pengimplementasian AMI dibutuhkan infrastruktur berupa:

1. *Smart Meter*
2. Media Komunikasi
3. *Data Concentrator Unit* (DCU)
4. *Head End System* (HES)
5. *Meter Data Management System* (MDMS)

Dengan media komunikasi yang paling efektif untuk digunakan dari *smart meter* ke DCU adalah dengan menggunakan media komunikasi PLC/RF dan media komunikasi FO dari DCU ke *server*. Konfigurasi yang paling efektif dalam implementasi AMI dengan menggunakan konfigurasi *cluster*. Adapun manfaat yang didapat dengan implementasi ami bagi PLN di antaranya:

1. Meningkatkan keberhasilan pencatatan meter pelanggan yang sebelumnya dibaca oleh petugas dapat dibaca langsung secara *realtime* dan dapat menghilangkan faktor eksternal yang mengakibatkan data stan meter tidak didapat.

2. Menekan *losses* dari pencurian tenaga listrik.
3. Dapat memberikan layanan secara *realtime* bagi pelanggan dengan pengembangan proses bisnis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arihutomo, M., Rivai, M., & Suwito, S. 2012. Sistem monitoring arus listrik jala-jala menggunakan Power Line Carrier. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), A150-A153.
- Bagariang, Y., Nashiruddin, M. I., & Adriansyah, N. M. 2019, December. Lora-based iot network planning for advanced metering infrastructure in urban, suburban and rural scenario. In *2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)* (pp. 188-193). IEEE.
- Faris, F. 2014. *Penerapan Power Line Communication pada Sistem Monitoring, Controlling and Data Communication Melalui Sistem Kelistrikan 220 Volt AC* (Doctoral Dissertation, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa).
- Hussain Zuberi, K. 2003. *Powerline Communication (PLC) Systems* (Doctoral dissertation, MS thesis, Dept. of Microelectronics and Information Technology, Royal Institute of Technology, Sweden).
- Kavithakumari, K. S., Paul, P. P., & CatherineAmalaPriya, E. 2017, March. Advance metering infrastructure for smart grid using GSM. In *2017 Third International Conference on Science Technology Engineering & Management (ICONSTEM)* (pp. 619-622). IEEE.
- Kemenkominfo. 2017. *Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 12 Tahun 2017 tentang Penggunaan Teknologi pada Pita Frekuensi Radio 450 Mhz, 900 Mhz, 2.1 Ghz, dan 2.3 Ghz untuk Penyelenggaraan Jaringan Bergerak Seluler*. Jakarta.
- Marzuki, F. 2008. Aplikasi Power Line Carrier (PLC) Untuk Komunikasi Pada Daerah Pedalaman. *Makalah, PT. PLN (Persero) distribusi Bali, Indonesia (2008, Mei)*.
- PLN. 2021. SPLN D3.006_2021 Meter Statik Pascabayar Fase Tiga. Jakarta: Puslitbang.
- PLN. 2021. SPLN D3.006_2021 Suplemen 1 Meter Statik Pascabayar Fase Tiga. ed ke-2. Jakarta: Puslitbang.
- PLN. 2021. SPLN D3.007_2021 Meter Statik Pascabayar Fase Tunggal Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah. Jakarta: Puslitbang.
- PLN. 2021. SPLN D3.007_2021 Suplemen 1 Meter Statik Pascabayar Fase Tunggal Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah. ed ke-2. Jakarta: Puslitbang.

- PLN. 2021. SPLN D3.023_2021 Modem Seluler Untuk Sistem Metering Komunikasi Dua Arah. Jakarta: Puslitbang.
- PLN. 2021. SPLN D3.036_2021 Advanced Metering Concentrator Unit pada Sistem Metering Komunikasi Dua Arah. Jakarta: Puslitbang.
- PLN. 2021. SPLN D3.036_2021 SUP-1 2023 Advanced Metering Concentrator Unit pada Sistem Metering Komunikasi Dua Arah. ed ke-2. Jakarta: Puslitbang.
- PLN. 2021. SPLN D5.002_2021 Sistem Metering dengan Komunikasi Dua Arah. Jakarta: Puslitbang.
- PLN. 2023. Materi Diklat AMI. Jakarta: Pusdiklat.
- Sinfield, P. 1999. Powering up the Internet: Telecommunications over Electrical Power Lines. *Queensland University of Technology*.