

## **Teknologi Smart Grid Untuk Penerapan *Demand Side Management*: Prospek Masa Depan di Indonesia**

**Bona Hamonangan Lubis**

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, Indonesia  
bona.lubis@esdm.go.id

### **Abstrak**

Konsumsi listrik yang terus meningkat, peningkatan penggunaan pembangkit dari sumber energi terbarukan serta alat penyimpan energi seperti baterai dapat mempengaruhi keandalan dan efisiensi sistem kelistrikan. Teknik demand side management (DSM) dengan melakukan pengaturan konsumsi listrik dan penyaluran daya dari energi terbarukan serta baterai pada periode beban puncak merupakan alternatif mengatasi permasalahan tersebut. Dalam jangka panjang, DSM dapat mengurangi biaya untuk pembangunan pembangkit listrik baru. Penerapan DSM membutuhkan Smart Grid yaitu sistem listrik yang dapat mengalirkan daya dari pembangkitan hingga konsumen secara terkontrol dengan cerdas. Dalam tulisan ini, dijelaskan teknologi Smart Grid dalam penerapan Demand Side Management termasuk konsep dan komponen penyusunnya. Dijelaskan juga bagaimana prospek penerapan Demand Side Management dengan Smart Grid di Indonesia.

**Kata kunci:** Demand Side Management, Energi Terbarukan, Penyimpan Energi Listrik, Smart Grid.

### **Abstract**

Rising electricity consumption, increasing utilization of renewable energy plant, and energy storage like battery can affect reliability and efficiency of power system. Demand side Management (DSM) technique by controlling electricity consumption and power flow of renewable energy as well as energy storage during peak load period can be alternative to solve the power system problems. In the long term, DSM can reduce the cost needed to built new power plant. DSM application needs Smart Grid, which is electric grid that can deliver electricity from power plant to the consumer in a controlled and smart way. In this article, Smart Grid technology in the application of Demand Side Management including concept and components has been presented. It is also explained the prospect of Demand Side Management through smart grid in Indonesia. g word.

**Keywords:** *Demand Side Management, Energy Storage, Renewable Energy, Smart Grid.*

### **PENDAHULUAN**

Saat ini negara-begara di dunia sedang turut serta dalam mencegah terjadinya perubahan iklim. Indonesia sendiri telah meratifikasi Paris Agreement pada tahun 2016 dengan berkomitmen menurunkan emisi gas rumah kaca hingga 29% di bawah Business As Usual pada tahun 2030 dan sampai 41% dengan bantuan internasional. Salah satu sektor yang diharapkan dapat mengurangi emisi GRK adalah sektor energi melalui transisi dari berbasis fosil menjadi energi terbarukan.

Indonesia sendiri telah menetapkan kebijakan yang menargetkan bauran energi terbarukan mencapai 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 yang tertuang dalam PP Nomor 17 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Salah satu potensi energi terbarukan adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang mencapai 207 GW (Dewan Energi Nasional, 2019). Pemerintah juga telah menerbitkan peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018 dimana konsumen PLN yang membangun PLTS atap menerima kompensasi pengurangan tagihan listrik senilai 65% dari listrik yang diekspor. Konsumen yang

membangun PLTS Atap juga diberikan kemudahan perizinan sehingga tidak memerlukan izin operasi dan inspeksi untuk menerima sertifikasi laik operasi yang tertuang dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2019

Sistem energi terbarukan seperti PLTS dan PLT Bayu memiliki sifat intermittent atau tidak selalu ada apabila diperlukan. Penetrasi masif sistem energi terbarukan yang intermitten ke sistem ketenagalistrikan memberikan tantangan tersendiri bagi sistem kelistrikan.

Sistem PLTS menggunakan tenaga matahari yang penyinarannya dapat berubah-ubah sehingga penggunaan secara luas dapat mempengaruhi kestabilan sistem tenaga listrik. Salah satu fenomena yang muncul adalah duck curve yang pertama kali dideteksi oleh California Independent System Operator Duck curve muncul pada sistem dengan penetrasi PLTS yang tinggi dimana kebutuhan suplai beban mendadak meningkat tajam menjelang malam hari dan tidak dapat disuplai oleh PLTS karena hanya beroperasi pada siang hari (Caiso, 2016). Salah satu cara mengatasi fenomena ini adalah dengan menyalakan pembangkit yang dapat menyesuaikan daya keluaran dalam waktu singkat seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air atau Pembangkit Listrik Tenaga Gas. Pembangunan pembangkit baru tersebut tentu membutuhkan investasi yang besar dan waktu konstruksi yang lama. Harga gas bumi yang dapat sewaktu-waktu naik juga dapat membebani keuangan karena biaya operasional yang besar. PLT Gas yang disiapkan untuk menyuplai perubahan mendadak beban seperti itu mayoritas akan dioperasikan dibawah kapasitas optimalnya sehingga menjadi tidak efisien.

Selain pada sisi pembangkitan, tantangan juga datang dari sisi konsumsi listrik Indonesia yang terus meningkat. Diperkirakan konsumsi listrik pada tahun 2050 mencapai 2.214 TWh atau naik 9 kali lipat dibanding tahun 2018 yang hanya mencapai 254,6 TWh. Sektor rumah tangga diperkirakan memiliki porsi terbesar dalam konsumsi listrik di Indonesia pada tahun 2050 yaitu mencapai 61% (Dewan Energi Nasional, 2019). Peningkatan konsumsi akan berdampak pada kestabilan dan keandalan sistem kelistrikan apabila tidak ditangani dengan baik.

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan kelistrikan tersebut adalah dengan menerapkan *demand side management*. *Demand side management* (DSM) dapat didefinisikan sebagai perencanaan dan implementasi aktifitas sistem kelistrikan yang dirancang untuk mempengaruhi penggunaan listrik pelanggan sehingga menghasilkan perubahan pada kurva beban listrik (Gellings, 1985). DSM dapat meningkatkan efisiensi dari sistem kelistrikan (Dan and Kushler, 2005). Demand side management juga dipercaya dapat menguntungkan tidak hanya penyedia listrik, tetapi juga konsumen itu sendiri (Nguyen DT, 2010)

Penerapan demand side management yang efektif membutuhkan sistem smart grid. Smart grid sendiri didefinisikan sebagai sistem listrik yang dapat mengalirkan daya dari pembangkitan hingga konsumen secara terkontrol dengan cerdas Integrasi sistem demand Smart grid dipercaya dapat membuat sistem kelistrikan menjadi lebih andal dan efisien Penerapan smart grid sangat luas termasuk di dalamnya sensor, sistem komunikasi, automated metering, dan Intelligent Devices.

Indonesia sendiri sejak 2014 sudah mulai mengadopsi smart grid melalui pergantian meter listrik oleh PLN menjadi Advanced Metering Infrastructure (Chawla, 2018). PLN juga mempromosikan smart grid melalui beberapa pilot project (Arifin, 2021)

## **METODE PENELITIAN**

Untuk memahami secara mendalam terhadap perkembangan riset pada topik ini, studi literatur dilakukan secara mendetail dan ditentukan arah dari pembahasan yang akan dituliskan. Literatur yang dijadikan referensi diperoleh dari database yang terpercaya seperti sciondirect dan IEEE. Dilakukan juga studi literatur terhadap data-data serta peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Demand Side Management (DSM)

Secara lebih sederhana, tujuan dari demand side management adalah memindahkan konsumsi listrik dari puncak beban ke periode dengan aktifitas pemakaian listrik yang lebih sedikit (Saffre and Gerge, 2010). Penerapan demand side management dapat mengurangi tagihan listrik pelanggan serta mengurangi kebutuhan akan pembangunan pembangkit dan jaringan listrik baru (Thakur, 2016). Selain itu, pada sistem dengan energi terbarukan, DSM dapat menambah fleksibilitas sistem listrik dan mengurangi efek dari fenomena duck curve (IRENA, 2019). Di Amerika Serikat, potensi Demand Side Management melalui Demand Response sebesar 31.754 MW.

DSM dapat diterapkan antara lain oleh konsumen dengan mengurangi pemakaian listrik pada periode puncak beban, memindahkan waktu penggunaan peralatan listrik menjadi di luar periode puncak beban, menggunakan pembangkit listrik untuk kepentingan sendiri atau menggunakan alat penyimpanan daya listrik.

DSM dapat didorong dengan pemberlakuan tarif listrik. Di negara dengan tarif listrik yang liberal, demand side management didorong dengan kenaikan harga listrik pada periode puncak beban dikarenakan permintaan yang tinggi (*Time of Use*). Selain itu, di beberapa negara juga menerapkan tarif listrik yang berubah bergantung pada total listrik yang dipakai, semakin tinggi listrik yang dipakai, tarif per kWh menjadi semakin besar. Tarif listrik dapat juga ditetapkan berdasarkan waktu saat pemakaian penggunaan dimana harga listrik dipatok lebih mahal saat malam hari.

Tarif listrik Indonesia sendiri tidak berubah menurut waktu pemakaian maupun volume pemakaian. Perubahan tarif listrik merupakan sebuah keputusan politik yang berat diambil oleh pemimpin negara karena dapat mengurangi popularitas.

Beberapa teknik dalam demand side management yang dapat diterapkan di Indonesia antara lain:

1. Strategic Conservation: Mengurangi pemakaian listrik sepanjang hari sehingga beban jaringan listrik berkurang secara keseluruhan
2. Load Shifting: memindahkan waktu penggunaan peralatan listrik menjadi di luar periode beban puncak
3. Peak Clipping: Mematikan peralatan elektronik yang pada periode beban puncak
4. Renewable Energy Utilization: Menggunakan pembangkit listrik untuk kepentingan sendiri
5. Energy Storage: Memanfaatkan daya dari alat penyimpanan daya listrik pada periode beban puncak.

Kebijakan pengurangan pemakaian listrik di Indonesia tergambar dalam RUEN yaitu kebijakan konservasi energi. RUEN memperkirakan konservasi energi dapat menurunkan permintaan listrik sebesar 17,4% persen *Business as Usual* pada 2025. Pemerintah juga telah menerbitkan peraturan terkait pelabelan AC dan Lampu Neon hemat energi untuk mengurangi konsumsi listrik dari alat tersebut. Konsumen dapat membantu mengurangi pemakaian listrik dengan mengubah perilaku konsumsi listrik seperti mematikan lampu dan memanaskan AC. Pemerintah pernah meluncurkan program potong 10% pemakaian listrik untuk mendorong penghematan energi oleh konsumen.

Memindahkan waktu penggunaan peralatan listrik dapat dilakukan terhadap peralatan yang tidak dipakai sepanjang waktu seperti memanaskan air dengan water heater atau rice cooker sebelum periode puncak malam hari.

Penggunaan pembangkit listrik untuk kepentingan sendiri seperti PLTS atau dapat dikombinasikan dengan penyimpanan daya listrik. Apabila tidak menggunakan penyimpanan daya seperti baterai, PLTS atau dapat membebani sistem listrik yang menyebabkan fenomena *duck curve*. Pada sistem PLTS atau dengan baterai, kelebihan daya pada siang hari dapat disimpan di baterai dan digunakan saat terjadi kenaikan konsumsi listrik pada malam hari dan PLTS tidak menghasilkan energi.

Selain menggunakan baterai pada pembangkit, Indonesia juga dapat melihat pemanfaatan baterai pada mobil listrik untuk demand side management. Indonesia telah

menerbitkan Perpres No. 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle)

Penggunaan masif kendaraan listrik akan mempengaruhi grid dikarenakan adanya beban listrik baru. Namun kendaraan listrik yang terhubung ke jaringan listrik juga dapat membantu mensuplai daya listrik dari baterai kendaraan sehingga mengurangi beban pembangkit listrik. Metode ini disebut juga dengan V2G (Vehicle to Grid). Diperlukan analisis lebih mendalam mengenai efek kendaraan listrik pada sistem kelistrikan. Indonesia dapat melakukan pendekatan DSM dengan memanfaatkan teknologi smart grid yang saat ini sedang berkembang.

### Smart Grid Untuk Demand Side Management

Untuk lebih memahami smart grid, penting untuk mengetahui perbedaan smart grid dan grid konvensional. Perbandingan antara kedua grid tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 (Farhangi, 2010)

National Institutes of Standard and Technology (NIST) di Amerika mengeluarkan model konseptual smart grid yang dapat digunakan sebagai referensi untuk menggambarkan perspektif masing-masing sektor dalam penerapan smart grid. Model konseptual ini membagi smart grid menjadi tujuh *domain* yang mana terdapat *actor* dan *application* dalam setiap *domain*. *Actor* terdiri dari peralatan, sistem, atau program yang membuat keputusan dan melakukan serta pertukaran informasi yang diperlukan untuk merealisasikan *application*. Sementara *application* adalah langkah-langkah yang harus diselesaikan masing-masing *actor* dalam domain. Sebagai contoh dalam sistem PLTS Atap, dapat diklasifikasikan termasuk dalam *actor* adalah meteran, peralatan penghasil listrik dan sistem kontrol PLTS. Sedangkan aplikasi adalah sistem otomasi dalam rumah tersebut. Penjelasan singkat mengenai sektor dan actor yang berperan dalam smart grid dapat dilihat pada Tabel 2.

Dalam model konseptual smart grid NIST, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan teknologi sangat krusial dalam terciptanya sistem smart grid. Secara umum teknolog smart grid dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu peralatan kontrol, sistem monitoring, sistem informasi dan sistem komunikasi

### Peralatan Kontrol

Untuk pengaturan beban pada sisi konsumen, diperlukan peralatan kontrol yang dapat tersambung langsung ke berbagai peralatan elektronik. Dibutuhkan juga sambungan komunikasi antara peralatan elektronik dan perusahaan penyedia listrik melalui sistem manajemen energi.

Tabel 1 Perbedaan antara Grid Konvensional dan Smart Grid

Grid Konvensional	Smart Grid
Elektromekanis	Digital
Komunikasi Searah	Komunikasi Dua Arah
Pembangkitan tersentralisasi	Pembangkitan terdistribusi
Sedikit Sensor	Banyak Sensor
Monitoring Manual	Monitoring Otomatis
Perbaikan Gangguan Dilakukan Manual	Memperbaiki Gangguan Sendiri
Pemadaman Listrik dan Kegagalan Sistem	Adaptatif dan <i>Islanding</i>
Kontrol Terbatas	Terkontrol
Konsumen Memiliki Sedikit Pilihan	Konsumen memiliki banyak pilihan

**Tabel 2 Domain dan Actor Dalam Model Konseptual Smart Grid oleh NIST**

<b>Nama Domain</b>	<b>Deskripsi Domain</b>
Pelanggan	Entitas yang mengambil energi dapat berupa layanan migas atau listrik untuk konsumsi sendiri. Pelanggan termasuk industry atau komersil skala besar maupun kecil dan pelanggan rumah tangga
Pasar	Pasar ketenagalistrikan adalah sistem untuk mengefektifkan pembelian dan penjualan tenaga listrik menggunakan permintaan dan penawaran untuk menentukan harga
Penyedia Layanan Operasi	Entitas yang memberikan pelayanan listrik baik kepada <i>retailer</i> maupun pelanggan akhir
Pembangkitan	Pengaturan pembangkitan, pasar, transmisi, distribusi dan pemakaian listrik
Transmisi	Produksi listrik untuk industri, rumah tangga, maupun pedesaan. Termasuk di dalamnya penyimpan energi dan pembangkit listrik skala kecil
Distribusi	Transmisi listrik adalah proses pengiriman daya listrik dalam jumlah besar ke konsumen
Microgrid	Distribusi listrik adalah tahap akhir pengiriman daya listrik ke pelanggan listrik. Sistem distribusi listrik mengambil daya listrik dari sistem transmisi dan mengirimkannya ke konsumen
	Sistem listrik lokal untuk sekumpulan pembangkit listrik skala kecil

Sistem manajemen energi menerima input berupa kondisi sistem kelistrikan saat itu dan menyesuaikan peralatan elektronik yang tersambung dengan sistem seperti pendingin ruangan, pemanas air, PLTS atap, atau mobil listrik sesuai keinginan pelanggan. Sistem pendingin ruangan, pemanas air mandi, dan lampu pada umumnya merupakan peralatan yang dikontrol dalam DSM karena beroperasi pada jam puncak beban. Sistem manajemen energi dapat mengontrol peralatan tersebut sehingga tidak membebani sistem listrik baik pada transisi menuju puncak beban dan saat periode puncak beban itu sendiri.

Dalam sistem dengan banyak pembangkit kecil seperti PLTS Atap, konsep *virtual power plant* (VPP) dapat dijadikan alternatif (Molderink A., 2010). Pada sistem tersebut, dilakukan kontrol terhadap banyak pembangkit kecil sehingga dapat memiliki daya seperti pembangkit besar. Kontrol VPP dapat membantu sistem kelistrikan seperti mengalirkan daya sesuai dengan permintaan dalam waktu singkat. VPP sendiri merupakan sistem yang rumit dan penerapannya untuk sistem kelistrikan di Indonesia membutuhkan riset yang mendalam.

Sistem microgrid dapat juga menjadi alternatif untuk sistem pembangkit energi terbarukan. Microgrid adalah pengelompokan suatu sistem listrik yang terdiri dari pembangkit, beban, dan penyimpan daya. Sistem microgrid dapat terhubung dengan jaringan listrik keseluruhan ataupun berdiri sendiri. Walaupun dalam keadaan berdiri sendiri, microgrid dapat bertukar informasi dengan jaringan listrik luar melalui sistem smart grid dan sewaktu-waktu terhubung kembali apabila diperlukan.

Indonesia telah mencoba pilot project microgrid melalui Smart Micro Grid Sumba. Sistem microgrid tersebut terdiri dari modul surya, generator diesel dan baterai VRB (Khold, 2017). Saat ini juga sedang dilakukan pembangunan microgrid di empat pulau di Indonesia yaitu Selayar, Tahuna, Medang, dan Semau.

Adopsi masif mobil listrik pada sistem kelistrikan Indonesia juga harus direncanakan dengan baik, Dalam hubungannya dengan sistem kelistrikan, dikenal istilah G2V (*Grid to Vehicle*) dan V2G (*Vehicle to Grid*).

G2V adalah proses pengisian baterai kendaraan listrik dengan menghubungkan baterai ke sistem kelistrikan. Pengisian baterai kendaraan listrik dalam skala besar diprediksi akan memberikan beban baru terhadap sistem kelistrikan Sistem kontrol terhadap proses pengisian baterai kendaraan listrik melalui smart grid adalah suatu keharusan. Pengisian baterai kendaraan listrik yang tidak dikoordinasikan dapat mengurangi efisiensi sistem



kelistrikan (Hadley S.W. and Tsvetkova A.A, 2009). Smart Grid harus dapat melakukan kontrol terhadap pengisian baterai agar tidak mengurangi performa sistem kelistrikan.

Di sisi lain, daya listrik yang tersimpan pada kendaraan listrik juga dapat digunakan untuk mensuplai listrik saat kendaraan tersebut terparkir dan terhubung ke jaringan (sistem V2G). Sistem Smart Grid dapat melakukan DSM dengan mengatur agar sejumlah kendaraan listrik dapat mengalirkan daya dari baterai ke jaringan listrik saat kondisi beban puncak. Dengan begitu, kebutuhan daya yang dialirkan dari pembangkit listrik menjadi berkurang saat beban puncak. Teknik ini juga dinamakan *Peak Shaving*.

Di Indonesia sendiri, berdasarkan data Mei 2020, telah tersedia setidaknya 77 tempat pengisian baterai mobil listrik yang 19 dibangun oleh PLN dan 58 lainnya tempat pengisian milik sendiri yang dibangun oleh beberapa perusahaan atau instansi (Arifin Z, 2021). Sedangkan untuk mobil listrik, PLN telah membangun 7100 tempat pengisian baterai. Berdasarkan klaim kementerian ESDM akan dibangun 1000 tempat pengisian baterai mobil listrik pada 2025. Penting untuk analisis mendalam terhadap ketahanan sistem listrik Indonesia dan pembuatan standardisasi smart grid untuk pengisian baterai kendaraan listrik.

### **Sistem Monitoring**

Sistem monitoring dalam smart grid termasuk *Advanced Metering Infrastructure (AMI)* dan *Energy Management System*.

*Advanced Metering System (AMI)* merupakan sistem yang menerima informasi dari peralatan elektronik, mengukur serta menganalisa penggunaan energi, dan mengirimkan data tersebut ke penyedia listrik. Pengumpulan data dari peralatan elektronik dapat dilakukan dalam interval tertentu seperti setiap 1 jam. AMI dapat terdiri dari smart meter, sistem komunikasi, dan MDMS. Komunikasi dilakukan dua arah dengan penyedia listrik dan dapat menggunakan medium seperti GPRS, Radio Frequency, atau kabel optik. Untuk memastikan keakuratan data dalam AMI, diperlukan meter data management system (MDMS). MDMS berfungsi sebagai *database* untuk penyimpanan data dalam waktu lama serta manajemen penggunaan data dan *event*.

Di level konsumen rumah tangga, AMI akan mengumpulkan data dari peralatan elektronik seperti pemanas air, pendingin ruangan, dan lampu dan mengirimkan data tersebut ke penyedia listrik untuk dianalisa. Selain itu AMI juga dapat merekam kualitas daya listrik pelanggan untuk perbaikan pelayanan oleh penyedia listrik. Dalam sistem *smart building*, AMI memiliki kemampuan untuk mengontrol peralatan elektronik konsumen listrik.

Manfaat dari AMI bagi konsumen adalah memberikan konsumen kemampuan untuk memperkirakan tagihan listrik setiap bulan dan mengubah pola konsumsi listrik sebuah rumah atau bangunan untuk menurunkan tagihan listrik. Bagi pihak utilitas, AMI memungkinkan mengurangi beban puncak.

Di Indonesia, PLN sudah mulai merencanakan pemasangan AMI. Dalam 10 tahun ke depan, PLN akan memasang 79 juta AMI untuk pelanggan listrik di Indonesia. Ini bukan merupakan pekerjaan yang mudah. Infrastruktur komunikasi harus dipastikan tersedia dan handal. Keamanan data pelanggan juga menjadi perhatian dikarenakan maraknya pencurian data di Indonesia.

Selain AMI, dibutuhkan juga *Energy Management System (EMS)* dalam memonitor sistem smart grid. EMS memonitor kebutuhan penggunaan listrik melalui serangkaian sensor, saklar, dan algoritma. Penggunaan EMS tidak harus ada pada pusat kontrol penyedia listrik, tetapi dapat berada pada level distribusi listrik maupun manajemen suatu gedung. EMS mengolah data yang diperoleh dan otomatis mengontrol peralatan elektronik untuk mengurangi konsumsi listrik. Contoh aplikasi adalah menggunakan sensor gerak untuk melihat kebutuhan pencahayaan atau pendingin ruangan.

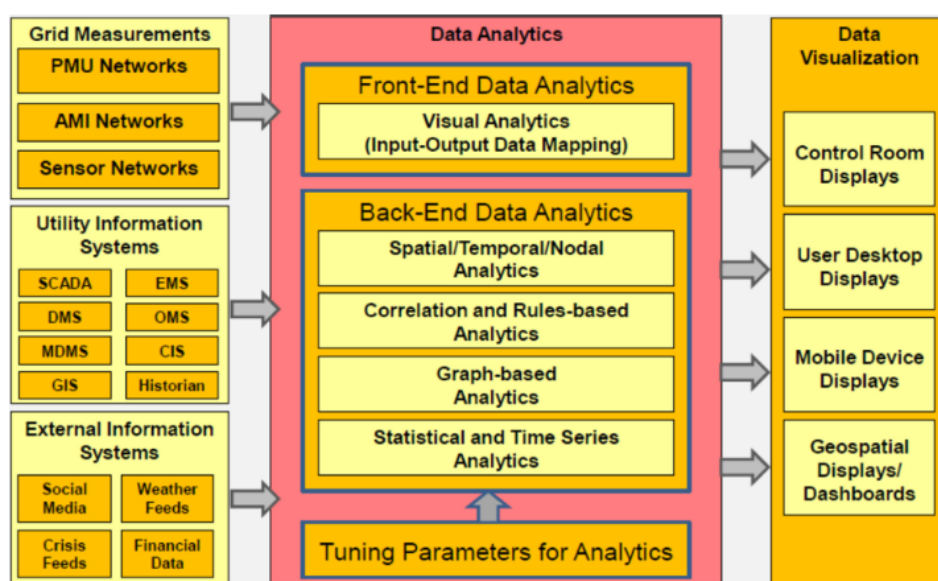
### **Sistem Informasi**

Sistem smart grid mengolah banyak data yang berasal dari sistem transmisi listrik, distribusi bahkan dari konsumen (Song Y et al, 2014). Dibutuhkan sistem manajemen informasi untuk mengolah data-data tersebut. Aliran data dalam komponen smart grid

ditunjukkan pada Gambar 1. Selain itu, sistem informasi juga harus dapat memilah data yang benar-benar bermanfaat untuk dapat dianalisis sehingga tidak memberatkan komputasi.

Smart grid dapat terdiri dari berbagai macam peralatan yang diproduksi berbagai produsen. Sistem informasi harus memastikan pertukaran data dapat dimengerti oleh masing-masing peralatan. Data juga harus dapat tetap diolah apabila terjadi pembaruan software pada peralatan smart grid. Dibutuhkan sebuah pemodelan data untuk memastikan pertukaran data dari level konsumen hingga penyedia listrik dapat terus berlangsung tanpa ada interupsi.

Keamanan sistem smart grid juga harus dijamin untuk menjaga sistem kelistrikan tetap berfungsi dan mencegah terjadinya manipulasi data smart grid. Hacker dapat menyerang pusat kontrol penyedia listrik dan memerintahkan AMI yang terpasang di pelanggan untuk dapat mematikan listrik serentak sehingga sistem terganggu. Selain itu *hacker* juga dapat mengubah pencatatan pada smart meter sehingga mengurangi atau bahkan menambah tagihan listrik konsumen. Privacy data pengguna smart grid juga harus dilindungi. Metode enkripsi data pelanggan dapat dilakukan sehingga pencurian data menjadi sulit dilakukan.



Gambar 1 Alur Data Pada Komponen Smart Grid

### Sistem Komunikasi

Smart grid khususnya dalam penerapan demand side management membutuhkan komunikasi untuk menghubungkan antar sistem, sensor, peralatan, dan aplikasi agar dapat saling bertukar informasi. Sistem komunikasi smart grid haruslah handal, aman, melindungi privasi pengguna, dan memiliki cakupan yang luas.

Komunikasi dalam smart grid sudah seharusnya menggunakan komunikasi dua arah antar masing-masing komponen. Dengan komunikasi dua arah, smart grid dapat memonitor seluruh komponen sehingga dapat diketahui beban listrik yang harus disesuaikan dan dilakukan aksi yang tepat untuk mengurangi beban puncak. Komunikasi dua arah juga memungkinkan pusat kontrol mengatur pembangkit listrik energi terbarukan seperti PLTS atap untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik dan menstabilkan jaringan listrik.

Komunikasi dua arah telah umum digunakan dalam smart grid, namun masih terjadi perdebatan terkait sistem komunikasi yang seharusnya digunakan pada masing-masing domain smart grid (Souryal M, 2010). Salah satu penyebabnya adalah beragamnya jenis peralatan dalam sistem smart grid. Gambar 2 menunjukkan contoh sistem komunikasi dalam smart grid.

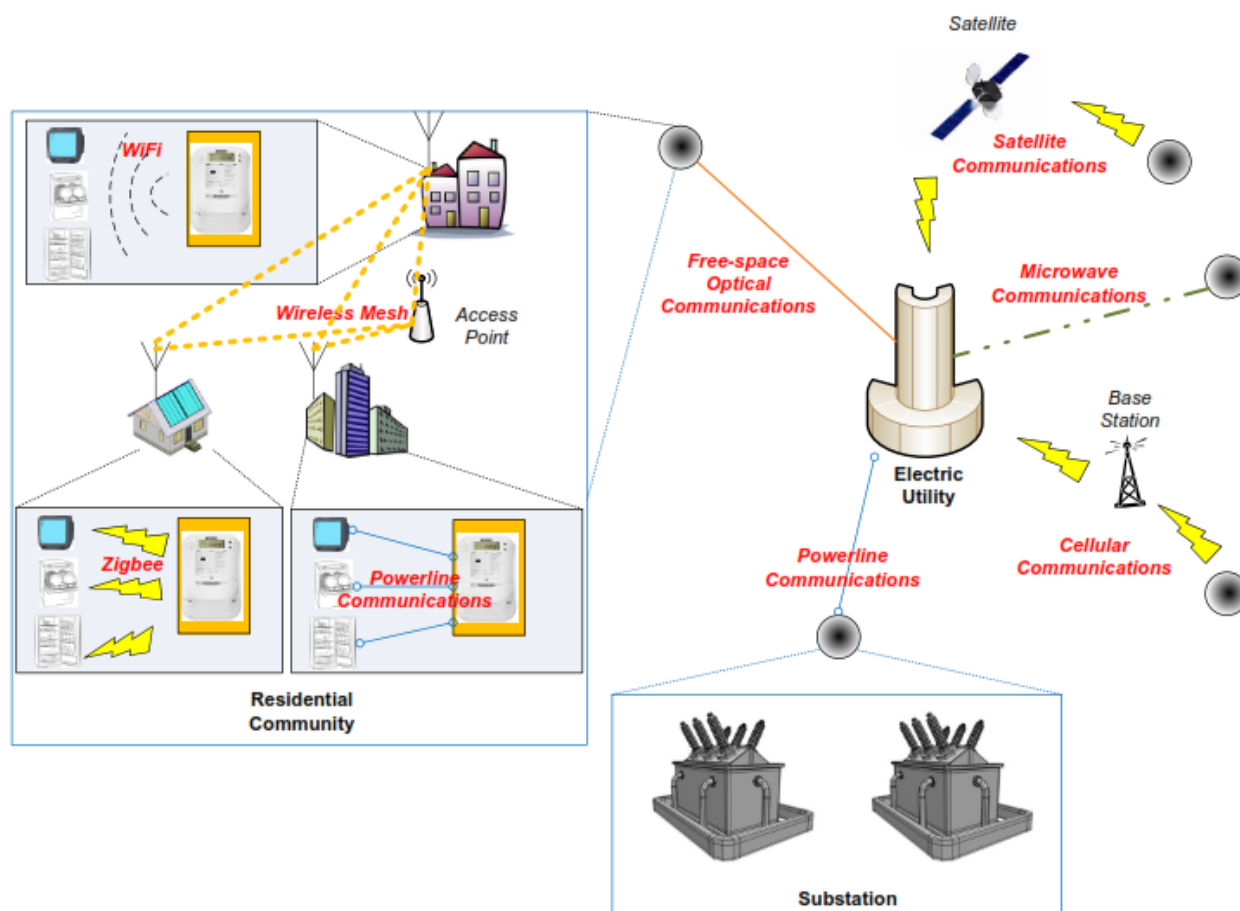
Secara umum, struktur komunikasi dalam smart grid ditunjukkan oleh gambar (Fang). Sistem terdiri dari (Kuzlu M, 2014):

- a. Home Area Network (HAN) yang pada umumnya berisi data dari peralatan elektronik, kendaraan listrik yang di charge, serta PLTS atap dan terhubung dengan energy management system pada rumah tersebut. HAN juga terhubung dengan sistem di atasnya yaitu NAN melalui communication gateway
- b. Neighboring Area Network (NAN) mengumpulkan data dari sekelompok NAN dan mengirimkannya ke pusat data.
- c. Wide Area Network (WAN) mengirimkan data dari NAN ke pusat kontrol. WAN tetap dapat mengirimkan data walaupun pusat kontrol terletak jauh dari NAN

Sistem komunikasi pertama adalah dengan menggunakan teknologi nirkabel (*wireless*). Sistem *wireless* sudah jamak kita temui dalam kehidupan sehari-hari seperti sistem komunikasi selular. Sistem seperti Wifi (IEEE 802.11) cocok digunakan untuk sistem dengan area kecil seperti HAN dan NAN. Sedangkan untuk cakupan luas seperti WAN, sistem selular seperti GPRS, LTE, atau WiMax dapat digunakan. Saat ini juga sedang dikembangkan sistem komunikasi wireless untuk metering pada smart grid bernama wireless sensor network (WSN).

Sistem komunikasi dengan kabel diperkirakan juga akan berperan dalam smart grid. Terdapat dua teknologi yang cukup matang untuk digunakan smart grid: *Fiber Optic* dan *Power Line Communication*.

Sistem *fiber optic* memiliki *bandwidth* yang tinggi dan tahan terhadap gangguan sehingga diramalkan akan memiliki peran penting dalam pengembangan smart grid. Selain itu, komunikasi fiber optik juga umum digunakan pada sistem kelistrikan khususnya tegangan tinggi. Di Indonesia, fiber optic sudah digunakan pada sistem transmisi PLN. Walaupun pemasangan fiber optic membutuhkan modal besar, sistem *fiber optic* sudah banyak digunakan untuk komunikasi internet di Indonesia sehingga penggunaannya untuk smart grid diperkirakan tidak menelan biaya yang tinggi



Gambar 2 Contoh sistem komunikasi dalam smart grid



## KESIMPULAN

Penerapan DSM melalui teknologi smart grid dapat memberikan keuntungan baik bagi penyedia tenaga listrik maupun konsumen. Dengan kontrol dari smart grid, sistem kelistrikan dapat memiliki fleksibilitas yang mencukupi untuk mengadopsi pembangkit kecil dari energi terbarukan. Arah kebijakan Indonesia untuk mengadopsi kendaraan listrik secara masif dapat menyebabkan turunnya performa sistem kelistrikan apabila tidak pengisian baterai tidak dikontrol dengan smart grid. Strategi DSM Indonesia tidak dapat menggunakan pendekatan perubahan tarif dikarenakan alasan politis. Indonesia dapat menggunakan teknik pengurangan konsumsi listrik, pergeseran beban, serta pemanfaatan pembangkit kecil energi terbarukan, dan baterai listrik. Sistem smart grid terdiri dari tiga komponen utama yaitu sistem kontrol, monitoring, informasi dan komunikasi. Sistem kontrol membutuhkan peralatan cerdas yang terhubung ke peralatan listrik konsumen dan pusat kontrol penyedia listrik. Sistem monitoring diaplikasikan dengan AMI dan EMS. Diperlukan sistem informasi yang handal dan tahan dari serangan hacker untuk mencegah kolapsnya sistem kelistrikan. Sistem komunikasi dapat menggunakan teknologi nirkabel maupun dengan kabel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dewan Energi Nasional (2019). *Outlook Energi Indonesia 2019*. Jakarta, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- CAISO (2016). *Outlook What the Duck Curve Tells Us About Managing a Green Grid*. Folsom, CAISO
- Gellings, C. W (1985). The Concept of Demand Side Management for Electric Utilities. *Proceedings of IEEE, Vol. 73, No. 10*
- Dan, Y., Kushler, M., (2005). *Exploring the relationship between demand response and energy efficiency. A Review of Experience and Discussion of Key Issues*
- Nguyen DT (2010), Demand Response For Domestic and Small Business Consumers: A New Challenge. *Proceedings of the 2010 IEEE transmission and distribution conference and exposition*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New Orleans, LA: 2010
- Chawla Y, et al (2019). *Consumer Willingness and Acceptance of Smart Meters in Indonesia*. Resources: 2019
- Arifin Z (2021), *Smart Energy System Market and Business in Indonesia*. Researchgate
- Farhangi H. (2010). *The Path of Smart Grid* . IEEE Power & Energy Mag., 8(1):18–28, 2010
- Saffre F. and Gedge R., Demand Side Management For Smart Grid, *2010 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops*. 2010
- Thakur J., Chakraborty B., *Demand side management in developing nations: A Mitigating Tool For Energy Imbalance And Peak Load Management*, Elsevier Energy 114 (2016) 895-912, Elsevier
- IRENA (2019), *Demand-side Flexibility For Power Sector Transformation*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- NIST (2010). *NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards*, release1.0, 2010
- Molderink A., et al (2010), Management and control of domestic smart grid technology. *IEEE Trans. Smart Grid, 1(2):109–119*, 2010
- Hadley S.W. and Tsvetkova A.A (2009) *Potential impacts of plug-in hybrid electric vehicles on regional power generation*. Electricity Journal, 22(10):56–68, 2009.
- Song Y, et al (2013). Present status and challenges of big data processing in smart grid. *Power System Technology 2013;37:927–35*
- Qiu R, et al (2014) *Big data and smart grid. Smart Grid Using Big Data Analysis Random Matrix Theory Approach 2014:485–91*
- Souryal M., et al (2010) Methodology to evaluate wireless technologies for the smart grid. *IEEE SmartGridComm'10, pages 356–361, 2010*.
- Kuzlu M., et al (2014) *Communication network requirements for major smart grid applications in HAN, NAN and WAN*. Computer Networks 67 (2014) 74–88, Amsterdam: Elsevier
- Kholid A., et al (2017) Performance of the PV Subsystems in Smart Micro Grid Sumba, *IJITEE, Vol. 1, No. 1, March 2017*