

KAJIAN PENERAPAN TEKNOLOGI KOMUNIKASI DAN KEAMANAN CYBER DALAM JARINGAN CERDAS

Nur Aryanto Aryono¹⁾, Hamzah Hilal²⁾

Balai Besar Teknologi Konversi Energi – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Cluster Energi Gedung 620-625 Kawasan Puspiptek Serpong
Tangerang Selatan, Banten 15314, Telepon (021) 756 0916, 756 0092
e-mail: ¹⁾nuraryantoaryono@yahoo.com, ; ²⁾taura889@yahoo.com

Abstrak

Jaringan cerdas mengkolaborasikan teknologi digital dan teknologi mutakhir lainnya dalam rangka mengawasi serta mengelola distribusi listrik dari segala sumber termasuk pembangkit energi terbarukan (EBT) agar dapat memenuhi semua jenis kebutuhan listrik para pengguna. Pada jaringan cerdas digunakan komunikasi dua arah dalam jaringan listrik dan informasi untuk menciptakan sebuah jaringan listrik yang terotomatisasi dan terdistribusi sehingga mempunyai kemampuan untuk pulih sendiri dari gangguan (self healing), serta mampu meningkatkan partisipasi konsumen dalam penyediaan energi listrik yang dikenal dengan istilah demand reponse. Makalah ini menguraikan beberapa isu terkait dengan penerapan teknologi komunikasi dan keamanan cyber yang harus ditangani sebelum manfaat penuh jaringan cerdas dapat dicapai, kemudian dilanjutkan dengan paparan beberapa fitur jaringan cerdas dalam penggunaan teknologi informasi dan komunikasi. Metodologi yang digunakan adalah survey literature yang dilanjutkan dengan focus group discussion dan analisis. Kajian ini menyimpulkan bahwa jaringan cerdas akan membuka banyak peluang bisnis baru dan banyak risiko keamanan cyber yang perlu diantisipasi sejak awal.

Kata kunci: Jaringan Cerdas, sistem komunikasi dan informasi, keamanan cyber.

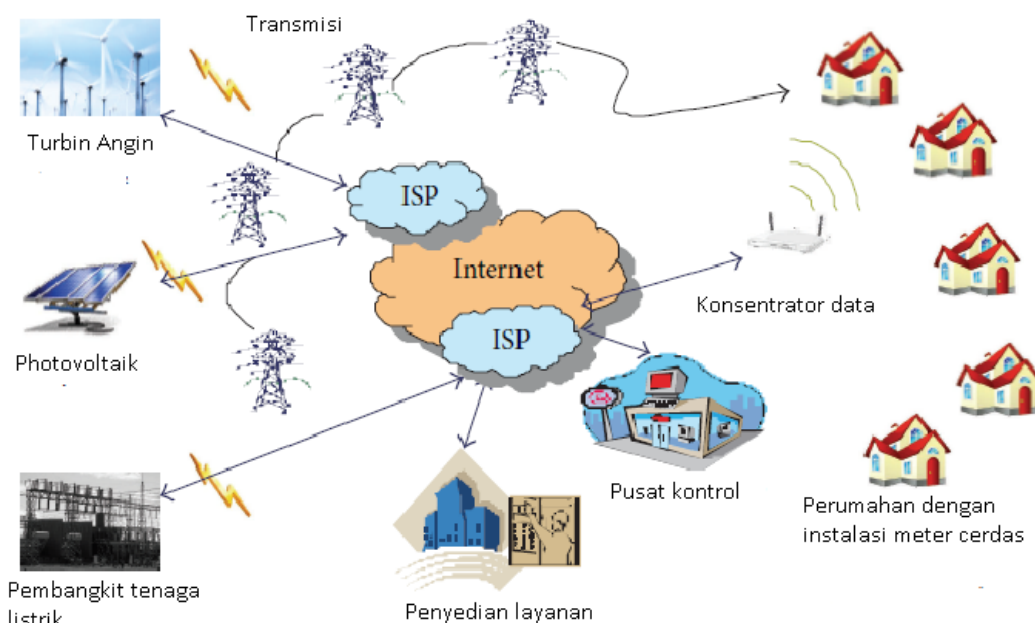
PENDAHULUAN

Generasi sistem tenaga listrik saat ini, yang dikenal sebagai jaringan cerdas, merupakan solusi yang menjanjikan untuk evolusi industri jangka panjang. Jaringan cerdas ini diharapkan dapat merevolusi pembangkitan listrik, transmisi, dan distribusi dengan memungkinkan aliran dua arah, baik untuk daya listrik maupun informasi. Selain itu, jaringan listrik saat ini dapat dilengkapi dengan sumber energi terbarukan, seperti angin, surya, dan biomassa, yang memberikan lingkungan bersih dibandingkan dengan bahan bakar fosil yang banyak digunakan pada fasilitas pembangkit tenaga listrik massal. Selanjutnya, masing-masing sistem pembangkit listrik dengan energi terbarukan ini relatif kecil dan dapat didistribusikan di sekitar pusat-pusat beban untuk meningkatkan kehandalan dan mengurangi kerugian transmisi atau distribusi, yang menambah tingkat fleksibilitas dan sekaligus juga meningkatkan kompleksitas sistem tenaga listrik.

Jaringan cerdas didefinisikan sebagai jaringan kelistrikan yang mampu mengintegrasikan tindakan pengguna yang terkoneksi didalamnya (konsumen, pembangkit, dan keduanya) secara cerdas sehingga menghasilkan listrik yang efisien, berkelanjutan, ekonomis, dan suplai yang aman (sumber: *European Technology Platform Smart Grids*). Dengan demikian definisi dan deskripsi jaringan cerdas tidak perlu unik, karena visi para pemangku kepentingan dan kompleksitas teknologi dapat berbeda.

Jaringan cerdas menggunakan komunikasi, sensor, otomatisasi dan komputer untuk meningkatkan fleksibilitas, keandalan, efisiensi, dan keamanan sistem kelistrikan. Hal ini menawarkan peningkatan pilihan kepada konsumen dengan memfasilitasi kesempatan untuk mengontrol penggunaan listrik dengan merespon perubahan harga listrik dan menyesuaikan konsumsi listriknya. Jaringan cerdas mencakup diversifikasi sumber daya energi yang tersebar dan mengakomodasi pengisian (*charging*) kendaraan listrik. Ini akan

memberikan fasilitas koneksi dan operasi terpadu. Singkatnya, jaringan cerdas membuat semua elemen mulai dari sistem produksi listrik, pengiriman dan konsumsi lebih dekat bersama-sama untuk meningkatkan operasi sistem secara keseluruhan dan lebih memberikan perhatian pada kepentingan konsumen serta lingkungan [1,2].



Gambar 1. Contoh arsitektur komunikasi dalam jaringan cerdas.

Pembangkit skala kecil terdistribusi banyak dijumpai di Indonesia dengan kisaran kapasitas dari beberapa kW sampai beberapa MW, kebanyakan dari mesin diesel atau gas, dan PLTU skala kecil, sedangkan pembangkit yang menggunakan panel surya, turbin angin kecil, biomassa, biogas, dan mikroturbines sedang dalam pengenalan koneksi ke jaringan. Pembangkit terdistribusi umumnya digunakan sebagai cadangan dan tidak terhubung ke jaringan. Namun, sistem komunikasi dan pengendalian yang menghubungkan dan mengoperasikan jaringan pembangkit dalam berkoordinasi dengan jaringan mulai muncul. Ini menghilangkan kebutuhan untuk infrastruktur dalam melayani kebutuhan beban puncak yang mahal dan menjamin tidak terjadinya pemadaman. Intelijen elektronik juga menghubungkan panel surya dan turbin angin ke jaringan, yang memungkinkan penggunaan meter ekspor-impor energi dari dan ke konsumen [3]. Teknologi interkoneksi ini merupakan awal dari "Energi Web", pergeseran ke suatu jaringan listrik dengan banyak unit pembangkit lokal. Mengintegrasikan teknologi energi terbarukan dan bersih pada jaringan saat ini yang terhubung dengan beberapa stasiun pembangkit terpusat akan memerlukan sistem kontrol yang lebih kompleks dan terotomatisasi. Energi Web akan menawarkan setidaknya tiga manfaat: keandalan yang tinggi, mengurangi kerugian jaringan listrik dan meningkatkan kemampuan untuk memanfaatkan limbah panas dari pembangkit listrik.

Secara umum, jaringan cerdas merupakan kombinasi dari jaringan distribusi tradisional dan jaringan komunikasi dua arah untuk penginderaan, pemantauan, dan penyebaran informasi tentang konsumsi energi. Contoh arsitektur komunikasi dalam jaringan cerdas diilustrasikan pada gambar 1. Sebuah jaringan cerdas tipikal terdiri atas berbagai entiti pembangkit listrik dan entity peralatan yang mengkonsumsi daya, dan semua terhubung melalui suatu jaringan. Pembangkit mensuplai energi ke jaringan dan

konsumen menarik energi dari jaringan. Keunggulan jaringan cerdas adalah dapat mengelola dinamika dan distribusi energi yang terdesentralisasi.

Pada makalah ini dijelaskan beberapa isu terkait dengan penerapan teknologi komunikasi dan keamanan cyber yang dilanjutkan dengan paparan beberapa fitur jaringan cerdas dalam penggunaan teknologi informasi dan komunikasi untuk mengumpulkan dan bertindak berdasarkan pada informasi tersebut dalam mode otomatis untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, ekonomi, dan keberlanjutan produksi, transmisi, dan distribusi listrik.

Metodologi penelitian dilakukan dengan langkah-langkah: survei literatur operasi tenaga listrik yang diintegrasikan dengan menggunakan teknologi komunikasi dan informasi, serta survei literatur terkait dengan cyber security, melakukan forum group discussion tentang materi yang dikaji, dilanjutkan dengan analisis beberapa aspek komunikasi dalam jaringan cerdas dan pertimbangan penting dalam desain jaringan cerdas seperti persyaratan keandalan dan keamanan.

MANFAAT TEKNOLOGI JARINGAN CERDAS

Teknologi jaringan cerdas mempunyai potensi yang berarti untuk menaikkan produktivitas sistem tenaga listrik sehingga biaya produksi menurun. Sebagai contoh, sensor pada saluran daya (pada transformator daya, dan jaringan) memberikan informasi temperatur saluran dan kondisi-kondisi lainnya secara *real-time* kepada operator jaringan, sehingga apabila ada komponen saluran yang mengalami beban lebih atau pemanasan lebih akan cepat diketahui yang bila keadaan tersebut berpotensi menimbulkan outage atau gangguan maka jaringan cerdas dapat melakukan aksi-aksi yang diperlukan untuk mengatasi situasi.

Secara khusus, teknologi digital yang diimplementasikan di seluruh jaringan listrik dapat mengontrol penggunaan akhir permintaan daya, sehingga mengurangi beban puncak dan memberikan fleksibilitas baru dalam merespon kontinjensi tak terduga. Ketika teknologi digital yang dimasukkan ke dalam jaringan listrik, kebutuhan penggunaan akhir dapat disesuaikan dengan pasokan listrik yang tersedia. Kemampuan untuk mengelola dan mengurangi permintaan puncak ini akan menghindari permintaan yang memuncak dengan harga mahal. Potensi penghematan besar dapat terjadi karena penambahan infrastruktur listrik dapat dihindari.

Teknologi jaringan cerdas memperbaiki keandalan sistem tenaga listrik secara berarti, karena tingginya penetrasi teknologi untuk mencegah terjadinya gangguan. Dengan berkurangnya pemadaman dan gangguan listrik, maka utiliti dapat memperoleh pendapatan yang lebih karena berkurangnya energi yang tidak terjual, begitupula pada sisi konsumen akan terjamin terhindarnya dari penghentian produksi secara tiba-tiba. Membangun sistem manajemen energi yang memungkinkan partisipasi dalam sistem demand response juga membuat efisiensi energi lebih tinggi secara keseluruhan.

KOMUNIKASI DALAM JARINGAN CERDAS

Sistem energi terdistribusi yang terotomatis disalurkan oleh jaringan mikro sebagian besar bergantung pada aliran dua arah arus listrik dan dua arah arus informasi. Keseimbangan sesaat antara pasokan dan permintaan di tingkat perangkat dalam jaringan cerdas ini dimungkinkan karena penggabungan komputasi dan komunikasi terdistribusi yang memungkinkan pertukaran informasi secara *real time* [2]. Dalam sebuah laporan oleh *Electric Power Research Institute (EPRI)* dan *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, komunikasi pada jaringan cerdas ditekankan sebagai berikut: Komunikasi antara setiap komponen dalam jaringan cerdas ini sangat penting untuk memaksimalkan penggunaan daya listrik tersedia secara efektif baik keandalan maupun

biaya. Karena itu, bagaimana melakukan pengelolaan yang baru secara efisien, sistem daya yang cerdas dan mengintegrasikannya ke dalam sistem yang ada telah menjadi salah satu tantangan utama untuk infrastruktur jaringan cerdas. Jaringan cerdas, menjadi sistem yang luas, dapat memanfaatkan berbagai teknologi komunikasi dan jaringan dengan aplikasi-aplikasinya, yang meliputi baik kabel (misalnya, kabel tembaga, kabel serat optik, dan power line carrier) dan komunikasi nirkabel (misalnya, seluler, satelit, *microwave*, dan WiMAX). Teknologi komunikasi nirkabel jarak pendek seperti WiFi dan ZigBee juga dapat digunakan dalam beberapa aplikasi jaringan cerdas, seperti pada jaringan di area lingkungan tertentu.

Klasifikasikan aplikasi jaringan cerdas mungkin dapat dilakukan dalam lima kategori fungsional, yaitu: infrastruktur meter canggih, respon permintaan, sumber dan penyimpan energi terdistribusi, transportasi listrik, dan manajemen jaringan distribusi. Beberapa teknologi komunikasi dan jaringan dapat digunakan dengan berbagai aplikasi [3].

Salah satu aplikasi pada komunikasi jaringan cerdas adalah infrastruktur meter canggih (*Advanced Metering Infrastructure*, AMI). Berbeda dengan cara tradisional, dimana teknisi yang datang ke setiap pelanggan setiap bulan untuk merekam data secara manual untuk tujuan penagihan, meter cerdas dalam AMI menyediakan kemampuan pemantauan secara *real-time* dari beban listrik secara jauh. Informasi penggunaan daya dapat dikumpulkan secara periodik (misalnya, setiap 15 menit) oleh konsentrator data pada lapisan menengah dengan menggunakan komunikasi kabel atau nirkabel dan diteruskan ke lokasi pusat. Data *real-time* yang diperoleh adalah efisien dan akurat. Ini memungkinkan perusahaan utiliti untuk menganalisis data konsumsi energi konsumen dan untuk memberikan pemberitahuan pemadaman dan informasi penagihan dengan menggunakan komunikasi dua arah [3]. Selanjutnya melalui AMI, konsumen dapat memperoleh data historis untuk konsumsi energi dan harga dinamis, serta saran untuk mengurangi beban puncak. Hal ini akan mendorong partisipasi dan respon dari pengguna akhir atau konsumen dalam manajemen energi. Misalnya, konsumen dapat menyesuaikan penggunaan daya berdasarkan pada informasi konsumsi energi rinci dan harga puncak dinamis, yang dapat ditampilkan pada unit *in-home display* (IHD). Analisis data juga membantu perusahaan utiliti untuk lebih memahami pola konsumsi daya konsumen dan untuk merencanakan pengurangan beberapa beban keuangan mereka.

Dalam konteks aplikasi rumah dan kantor dari AMI, jaringan utiliti akan memiliki empat tingkatan yaitu *backbone* (tulang punggung) yang merupakan jalan menuju pusat data utiliti, *backhaul* yang merupakan titik agregasi data jaringan dekatnya, jalur akses yang kemungkinan besar meter cerdas, dan jaringan area rumah (JAR). JAR akan dihubungkan ke meter cerdas, peralatan cerdas, kendaraan listrik, unit pembangkit energi, dan unit penyimpan energi. Idenya di sini adalah untuk menggabungkan komunikasi data IHD dan kontrol beban untuk manajemen energi terotomatisasi saat beban puncak. Biasanya, setiap perangkat di JAR akan mentransfer data yang menunjukkan penggunaan listrik sesaat tersebut. Oleh karena itu, kebutuhan komunikasi masih dalam tingkat yang sederhana. Namun, teknologi komunikasi apapun yang dipilih untuk aplikasi ini harus terukur untuk memenuhi kebutuhan rumah dan gedung perkantoran besar. Hal ini tercantum dalam acuan [3] bahwa, selain respon permintaan dan pembangkit terdistribusi, persyaratan keandalan untuk aplikasi di rumah tidak begitu kritis (berkisar antara 99 persen sampai 99,99%), dan begitu juga kebutuhan waktu respon (antara 2 dan 15 detik). Ketepatan waktu yang wajar masih diperlukan meskipun hanya untuk menyadarkan konsumen, dan untuk setiap aplikasi hulu seperti respon permintaan yang tentunya akan tergantung pada informasi ini.

Untuk komunikasi dengan kebutuhan daya yang rendah, teknologi jarak pendek telah diteliti untuk aplikasi lokal yang meliputi komunikasi nirkabel, seperti WiFi dan ZigBee, serta *powerline communication* (PLCo) dengan *home plug* yang menggunakan kabel listrik yang ada di rumah untuk membawa data. Meskipun belum ada konsensus umum begitupula belum ada standar, ZigBee dan *home plug* tampaknya merupakan teknologi yang menjanjikan untuk aplikasi ini. ZigBee, sebagai teknologi nirkabel menawarkan beberapa keuntungan dan diharapkan dapat berkomunikasi secara efektif dan mengendalikan berbagai peralatan cerdas di rumah. JAR juga dapat membuka kemungkinan pemantauan dan pengontrolan rumah dari jarak jauh, seperti memantau dan mengontrol termostat atau peralatan lain melalui ponsel cerdas.

Setelah perangkat JAR berkomunikasi data ke meter cerdas, informasi ini harus dibawa ke titik agregasi, yang mungkin merupakan panel listrik atau gardu distribusi, suatu perangkat tiang listrik, atau menara komunikasi. *Bandwidth*, kehandalan, dan persyaratan waktu respon untuk aplikasi ini mirip dengan jaringan di rumah. Kemungkinan teknologi *power line carrier* (PLCa) dapat digunakan, dan biaya biasanya rendah, namun *bandwidth*-nya sangat rendah dan juga adanya hambatan transformator. Untuk mengatasi masalah ini, banyak AMI yang digunakan saat ini telah menggunakan jaringan *wireless mesh* untuk aplikasi ini. Selain itu, pada acuan [3] diperoleh bahwa PLCa tradisional dan *wireless mesh* mungkin akan digantikan oleh komunikasi *broadband* seperti WiMAX *mobile*, PLCa *broadband* atau teknologi seluler berikutnya. Informasi dari titik agregasi ke utiliti ditransfer melalui *backhaul*. Beberapa teknologi yang telah digunakan termasuk serat optik, *microwave*. Untuk mentransfer data dari hub ke utiliti, konektivitas nirkabel komersial juga dapat digunakan. Dibandingkan dengan JAR dan titik agregasi, jaringan *backhaul* mungkin membutuhkan waktu respon rendah dan *bandwidth* yang relatif lebih tinggi. Suatu diskusi rinci tentang AMI dan kebutuhan komunikasi untuk aplikasi jaringan cerdas lainnya seperti respon permintaan, sumber energi dan penyimpan energi terdistribusi, transportasi listrik, dan manajemen jaringan distribusi dapat ditemukan pada acuan [3].

Umumnya, infrastruktur komunikasi untuk jaringan cerdas harus memenuhi persyaratan untuk sinkronisasi waktu, kehandalan, dan pengiriman data. Selain itu, masalah utama dalam jaringan komunikasi pada jaringan cerdas adalah interoperabilitas. Standarisasi komunikasi jaringan cerdas telah menerima perhatian yang berarti. Sejumlah organisasi telah bekerja pada area ini seperti IEEE, *International Electrotechnical Commission* (IEC), dan *National Institute of Standards and Technology* (NIST).

Para peneliti juga sedang bekerja keras menyelidiki dampak dan isu-isu dalam jaringan cerdas. Misalnya pada acuan [4], dapat dilihat hasil survei pada penggunaan sistem metering cerdas dan IHD dalam lingkungan perumahan pada 2 kota ukuran berbeda di Korea yang menunjukkan bahwa dengan mengetahui umpan balik *real-time* dari konsumsi daya, pengurangan konsumsi energi bisa sampai 10% selama musim dingin.

KEAMANAN PADA JARINGAN CERDAS

Sebuah jaringan cerdas merupakan suatu sistem skala besar yang terbentang mulai dari fasilitas pembangkit listrik ke setiap perangkat pengonsumsi daya seperti peralatan rumah tangga, komputer, dan telepon. Skala besar yang terbentuk secara alami ini telah meningkatkan kemungkinan operasi jarak jauh (*remote*) manajemen daya dan sistem distribusi. Dengan menjadikannya energi sebagai sumber daya premium, maka dalam jaringan cerdas perlu menjadi perhatian utama adanya jaminan keamanan terhadap pencurian, dan kegiatan berbahaya.

Tantangan dalam memastikan sekuriti *cyber* pada jaringan cerdas sangat beragam secara alami karena keragaman komponen dan konteks di mana jaringan cerdas diimplementasikan. Implementasi jaringan cerdas tanpa langkah-langkah keamanan yang kuat dapat memungkinkan serangan *cyber* canggih untuk tidak terdeteksi, yang akhirnya mengganggu seluruh sistem [5]. Langkah-langkah keamanan yang tidak memadai juga dapat membahayakan stabilitas jaringan dengan memungkinkan hilangnya informasi rahasia pengguna dan data konsumsi energi.

Tujuan keamanan *cyber* dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori berikut [5, 6].

- a. Integritas, melakukan perlindungan terhadap modifikasi yang tidak sah atau perusakan informasi. Akses informasi yang tidak sah membuka pintu terjadinya kesalahan penanganan informasi yang akan mengarah ke salah urus atau penyalahgunaan wewenang.
- b. Kerahasiaan, melakukan perlindungan terhadap privasi dan pemilik informasi dengan pembatasan wewenang akses informasi dan keterbukaan.
- c. Ketersediaan, memastikan akses yang tepat dan dapat diandalkan untuk informasi dan layanan.

Ketersediaan dan integritas adalah tujuan keamanan yang paling penting dalam jaringan cerdas dari perspektif keandalan sistem. Namun, karena sistem berinteraksi dengan konsumen, pentingnya kerahasiaan juga berkembang di dua arah sistem komunikasi data ini yang menghubungkan seluruh sistem termasuk meter, kolektor, jaringan komunikasi, dan pusat data utiliti.

Seperti disebutkan sebelumnya, jaringan cerdas telah memperkenalkan konsep baru di sektor energi seperti harga aktual, pelepasan beban, manajemen permintaan, dan integrasi sumber energi terbarukan yang terdistribusi. Hal ini berakibat perlunya sistem kontrol yang banyak yang dapat menjadi target oleh penyerang. Selanjutnya, jaringan cerdas menciptakan lebih banyak titik akses dengan perintah yang berasal dari *interface* dalam rumah dan bisnis di JAR. Setiap jalur akses tersebut dapat dimanipulasi oleh penyerang untuk menembus jaringan, mendapatkan akses untuk mengontrol perangkat lunak, dan mengubah kondisi beban untuk mengacaukan jaringan dengan cara yang tak terduga. Penting untuk dicatat bahwa serangan pada setiap titik dapat mempengaruhi seluruh bagian pada jaringan cerdas karena sebagian besar didasarkan pada jaringan mesh, dan setiap serangan ganas dapat merambat ke seluruh jaringan, karena semua komponen dalam jaringan cerdas dapat berkomunikasi satu sama lainnya. Salah satu titik tertentu yang menjadi perhatian dalam hal ini adalah dari satu meter konsumen ke kolektor data, yang dapat menggunakan komunikasi nirkabel. Ini dapat memberikan kesempatan untuk penyerang, jika mekanisme keamanan tidak memadai.

Mekanisme keamanan jaringan cerdas harus ditegakkan di beberapa lapisan termasuk lapisan fisik dan logika. Secara fisik, sistem jaringan cerdas dan komponen harus aman dari gangguan, pengrusakan, pencurian, vandalisme, dan sabotase. Contoh lapisan keamanan fisik meliputi pemasangan pagar, *video surveillance*, dan sistem peringatan. Keamanan dilapisan logika berhubungan dengan perlindungan data digital. Dalam acuan [5], pembahasan rinci mekanisme keamanan lapisan logika telah disajikan, dan beberapa hal penting diberikan sebagai berikut:

- a. Enkripsi. Enkripsi data dalam jaringan cerdas dari meter ke pusat utiliti merupakan alat yang berguna untuk mencegah pengintipan dan menjaga kerahasiaan data. Algoritma yang kuat tapi efisien dapat digunakan, namun semua perangkat jaringan cerdas misalnya: meter, kolektor, prosesor, dan router, harus mempunyai kemampuan pemrosesan enkripsi.

- b. Otentikasi. Ini adalah proses penentuan bahwa pengguna atau badan, memang sama seperti yang telah diklaim. Aplikasi jaringan cerdas harus memiliki kemampuan otentikasi yang kuat, untuk mendeteksi dan menolak koneksi yang tidak sah antara komponen-komponennya, misalnya, meter dan *interface* utiliti.
- c. Kontrol keamanan aplikasi. Aplikasi meter cerdas harus dirancang dan diberikan kode dengan tepat sehingga penjahat *cyber* tidak dapat mengakses meter untuk memasang serangan atau untuk menanamkan *malware*. Validasi data adalah contoh teknik yang dapat digunakan.
- d. Keamanan *patch*. Hal ini digunakan untuk melindungi aplikasi dari ancaman yang dikenal. Oleh karena itu, kode harus terus *ter-up to date* dengan *patch* keamanan terbaru.
- e. Penyingkiran virus. Penggunaan *software* antivirus dan anti-*spyware* di seluruh aplikasi jaringan cerdas dapat membantu untuk mendeteksi dan menghapus virus atau *malwares* dari sistem.

Memastikan keamanan *cyber* pada jaringan cerdas membutuhkan pemantauan terus menerus sehingga setiap kemungkinan serangan dapat terdeteksi dalam waktu dan tindakan tepat secara cepat. Juga dengan memantau berbagai parameter, jaringan cerdas akan membantu mengidentifikasi aktivitas yang mencurigakan atau tidak normal. Selain itu, rencana pemulihan yang cepat juga penting dimiliki. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi masalah keamanan pada jaringan cerdas, dan berikut ini diuraikan beberapa pendekatan yang diusulkan antara lain:

- a. *Public key infrastructure*, merupakan solusi yang diusulkan dalam acuan [7], yang memberikan suatu mekanisme yang mengikat kunci publik dengan identitas pengguna yang unik oleh otoritas sertifikat (OS). Pengguna harus mendapatkan sertifikat kunci publik sebelum memulai komunikasi yang aman dan terpercaya dengan satu sama lainnya. Ruang lingkup *public key infrastructure* juga mencakup kebijakan dan prosedur, khususnya untuk persyaratan keamanan domain pada *platform* kombinasi *hardware* dan *software*. Skema yang diusulkan dalam acuan [7] ini, adalah para peserta dalam jaringan cerdas harus berkomunikasi melalui sistem *public key infrastructure*. Standar keamanan untuk sebuah jaringan cerdas juga disajikan dalam acuan [7].
- b. Penganoniman. Penggunaan kebutuhan data energi perlu disampel sesering mungkin untuk membuat keseimbangan pembangkitan-beban secara *real-time* dalam jaringan cerdas. Jenis data ini juga menyebabkan munculnya sejumlah besar informasi sensitif. Sebuah pendekatan untuk melindungi informasi rahasia ini adalah dengan penganoniman seperti disajikan dalam acuan [8].
- c. Privasi dalam meter cerdas. Jaringan informasi dalam jaringan cerdas sering mengangkut informasi rahasia yang berkaitan dengan konsumen misalnya: identitas, lokasi, kepemilikan peralatan elektronika dan perangkat, dan profil penggunaan daya. Karena peran privasi dan informasi hak milik dalam lanskap sosial ekonomi modern yang semakin penting, maka melindungi privasi pengguna menjadi sangat berarti dan penting. Beberapa pendekatan solusi telah diusulkan dalam hal ini, salah satunya adalah privasi melestarikan skema meter cerdas. Langkah-langkah dari skema ini adalah sebagai berikut.
 - Meter mentransmisikan pembacaan pengukuran tersertifikat kepada pengguna melalui saluran aman.
 - Pengguna menghitung tagihan akhir dengan menggabungkan pembacaan meter dengan kebijakan tarif tersertifikat.
 - Tagihan ditransmisikan ke penyedia bersama bukti validasi perhitungan.

- Tidak ada data lain yang dikirim dari pengguna ke penyedia layanan. Dengan membatasi pertukaran data dengan hanya pada informasi tagihan, maka privasi pengguna terjaga. Pendekatan yang diusulkan pada acuan [9] memiliki fleksibilitas untuk menggabungkan skema tarif yang berbeda serta teknik sertifikasi.
- d. Agregasi data terdistribusi untuk penagihan. Suatu pendekatan agregasi data tambahan terdistribusi untuk penagihan disajikan dalam acuan [10]. Sebuah entitas khusus, yang disebut agregator, bertindak sebagai akar pohon agregasi yang mencakup semua meter di lingkungan tertentu. Semua meter cerdas di lingkungan yang diberikan mengikuti jalan yang didikte oleh pohon agregasi untuk meneruskan data-data dari agregator. Perjalanan data dienkripsi dengan menggunakan enkripsi *homomorphic*. Data dikumpulkan pada setiap *node* dari pohon sebelum diteruskan ke tingkat atas. Agregator bertanggung jawab untuk menjaga komunikasi dengan penyedia layanan. Karena meter cerdas mengambil bagian dalam agregasi data dan *forwarding* hanya dapat melihat sebuah fragmen dari hasil akhir, dan dalam hal ini privasi pengguna terlindungi. Telah diklaim dalam acuan [10] bahwa pendekatan ini cocok untuk jaringan cerdas dengan tugas-tugas agregasi data rutin berulang.
 - e. Penggunaan kolaborasi sumber daya. Permintaan dinamis terhadap pasokan energi dalam jaringan cerdas dapat dipenuhi oleh penggunaan kolaboratif sumber daya. Hal ini memungkinkan desentralisasi, agak otonom, dan distribusi lokal. Namun, karena beberapa entitas dalam suatu jaringan membagi energi dari tempat (gardu) yang sama, dan juga mungkin satu atau lebih entitas penting di jaringan menuntut lebih banyak energi sementara pengguna lain yang berbagi dari gardu yang sama diminta untuk menurunkan dayanya atau bahkan berhenti beroperasi. Untuk mengatasi perilaku konsumen “penting atau premium” semacam ini, maka konsep konsumen kolaboratif dan skema penggunaan sumber daya kolaboratif yang disebut skema voucher diperkenalkan pada acuan [11]. Dengan mengelompokkan dua atau lebih entitas bersama-sama untuk berbagi energi, tingkat desentralisasi dapat dicapai. Dalam skema yang diusulkan dalam acuan [11], otoritas pusat memasok energi untuk kelompok, dan kelompok mendistribusikan energi di antara anggota tergantung pada kebutuhan. Ini merupakan cara mengurangi kebutuhan pengiriman informasi sensitif ke titik pusat kontrol. Dalam kelompok, pengguna daya yang membutuhkan tenaga ekstra mengeluarkan voucher, sertifikat yang kebal terhadap berbagai serangan keamanan, untuk pengguna listrik lain yang bersedia untuk mentransfer hakpenggunaan dayanya kepada konsumen “penting atau premium” yang membutuhkan. Dengan demikian kedua belah pihak mendapatkan keuntungan keuangan.

KESIMPULAN

Dari pembahasan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

- a. Dalam tulisan ini, beberapa fitur jaringan cerdas telah dibahas yang meliputi komunikasi, respon permintaan, keamanan, jaringan mikro, dan integrasi elemen jaringan baru seperti sumber energi terbarukan. Literatur yang tersedia menunjukkan bahwa untuk menuai manfaat penuh dari jaringan cerdas ini bergantung pada pemenuhan sejumlah tantangan pada tingkat jaringan yang berbeda dan pada infrastruktur komunikasi untuk manajemen energi dan keamanan.
- b. Jaringan cerdas merupakan sistem interkoneksi yang luas dengan munculnya banyak komponen dan aplikasi baru, yang juga membutuhkan penyelidikan menyeluruh pada isu-isu interoperabilitas. Jelas, banyak tantangan teknis dan isu-isu yang terkait dengan komunikasi yang efektif dan aman dan pengolahan informasi harus diselesaikan sebelum mewujudkan visi dari jaringan listrik cerdas.

- c. Jaringan mikro dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik lokal melalui kontrol aktif beban internal dan pembangkit yang memanfaatkan sumber energi terbarukan sehingga membantu untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Selain itu, dapat membatasi kerugian (*losses*) jaringan, meningkatkan kualitas tegangan, dan menyediakan pasokan listrik yang tidak terputus. Namun, aturan integrasi harus dibuat konsisten dan masalah teknis harus diselesaikan sebelum manfaat dapat dicapai sepenuhnya.
- d. Jaringan cerdas telah membuka banyak peluang bisnis baru dan juga banyak risiko keamanan. Melindungi pembangkitan energi harus diberikan prioritas tertinggi, selain untuk melindungi privasi konsumen. Pembangkit tenaga listrik dapat menjadi sasaran teroris yang menarik. Oleh karena itu, dalam rangka mencapai manfaat dari jaringan cerdas, sangat penting untuk mengembangkan solusi jaringan yang sangat handal dan aman.
- e. Jaringan cerdas "*Smart Grid*" yang terkoneksi internet membutuhkan keamanan yang mumpuni. Serangan dari cyber yang mengancam dapat menimbulkan banyak kerugian dan membahayakan sistem kelistrikan. Untuk mengimplementasikan jaringan cerdas "*Smart Grid*" membutuhkan teknologi informasi untuk pengoperasiannya. Melalui teknologi informasi ini komunikasi antar jaringan dapat terhubung dan terkontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].CEA. (2010). *The smart grid: a pragmatic approach*, Tech. Rep., Canadian Electricity Association, <http://www.electricity.ca/media/SmartGrid/SmartGridpaper EN.pdf>.
- [2].D. V. Dollen. (2009). *Report to NIST on the Smart Grid interoperability standards roadmap*, Tech. Rep., Electric Power Research Institute (EPRI), <http://www.nist.gov/smartgrid/upload/Report to NIST August10 2.pdf>.
- [3].U. S. DOE. (2010). *Communications requirements of Smart Grid technologies*, Tech. Rep., US Department of Energy, <http://energy.gov/gc/downloads/communications-requirements-smart-grid-technologies>.
- [4].T. Choi, K. Ko, S. Park, Y. Jang, Y. Yoon, and S. Im. (October 2009). *Analysis of energy savings using smart metering system and IHD*, in *Proceedings of the Transmission and Distribution Conference and Exposition: Asia and Pacific*, pp. 1–4.
- [5].E.Hayden. *There is No SMART in Smart Grid without secure and reliable communications*, Tech.Rep, Varizon, http://www.verizonenterprise.com/resources/white_papers/wp_no-smartin-smart-grid-without-secure-comms_en_xg.pdf.
- [6].X. Fan and G. Gong. *Security challenges in smart-grid metering and control systems*, *Technology Innovation Management Review*. In press.
- [7].A. R. Metke and R. L. Ekl. (2010). *Security technology for smart grid networks*, *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 1, no. 1, pp.99–107.
- [8].C. Efthymiou and G. Kalogridis. (2010). *Smart grid privacy via anonymization of smart metering data*, in *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Smart Grid Communications (Smart Grid Comm '10)*, pp. 238–243.
- [9].A. Rial and G. Danezis. (October 2011). *Privacy-preserving smart metering*, in *Proceedings of the 10th annual ACM Workshop on Privacy in the Electronic Society (WPES '11)*, pp. 49–60, Chicago, Ill, USA.
- [10].F. Li, B. Luo, and P. Liu. (2010). *Secure information aggregation for smart grids using homomorphic encryption*, in *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Smart Grid Communications (Smart Grid Comm '10)*, pp. 327–332.

- [11]. H. Son, T. Y. Kang, H. Kim, and J. H. Roh. (2011). *A secure framework for protecting customer collaboration in intelligent powergrids*, *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 2, no. 4, pp. 759–769.
- [12]. H. Hamzah. *Pengkajian Pengoperasian Jaringan Mikro*, Untar, SNMI 16, Jakarta.
- [13]. E. Hossain, Z. Han, and H. V. Poor. (2012). *Smart Grid Communications and Networking*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [14]. L. Chen, N. Li, S. H. Low, and J. C. Doyle. (October 2010). *Two market models for demand response in power networks*, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Smart Grid Communications (Smart Grid Comm '10)*, Gaithersburg, Md, USA.