

## KEANDALAN SISTEM SMART GRID ( LITERATUR REVIEW)

**Ida Bagus Ketut Sugirianta, I Nyoman Sukarma**

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, Tuban Badung - BALI

Phone :+62-361-701981, Fax:+62-361-701128, e-mail: [ibksugirianta@yahoo.co.id](mailto:ibksugirianta@yahoo.co.id)

**Abstrak:** *Smart grids* menawarkan salah satu solusi yang paling menarik untuk mengatasi masalah yang dihadapi pada sektor energi. *Smart grid* sendiri merupakan bagian dari energi inisiatif yang cerdas, yaitu menggabungkan berbagai teknologi yaitu teknologi informasi, komunikasi, pembangkitan, distribusi, dan transmisi. Dengan sistem ini banyak cara yang bisa dilaksanakan untuk mendapatkan suatu sistem listrik yang mempunyai keandalan yang tinggi, efisien, dan mempermudah penggunaan energi baru terbarukan. Peningkatan efisiensi dapat dilaksanakan dengan berbagai cara dengan mengaplikasikan teknologi informasi dan komunikasi pada sistem tenaga listrik.

**Kata kunci :** Smart Grid, keandalan, teknologi informasi, dan komunikasi

### RELIABILITY SMART GRID SYSTEM ( LITERATUR REVIEW)

*Abstrak : Smart grids offer one of the most interesting solutions to solve the problems facing the energy sector. Smart grid is a part of an intelligent energy initiative, which combines various technologies namely information technology, communications, generation, distribution and transmission. With this system are many ways that can be implemented to obtain an electrical system that has a high reliability, efficient and facilitate the use of renewable energy.*

*Increased efficiency can be implemented in various ways by applying information and communication technology in electric power systems.*

*Keywords : Smart Grid, Reliability, Information Technology and Communication*

#### I. PENDAHULUAN

Jaringan listrik adalah sistem yang menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke pengguna melalui saluran transmisi dan distribusi. Tujuannya adalah menyalurkan daya pada konsumen sesuai dengan permintaan, level ekonomi, keandalan, dan kualitas yang dapat diterima. Sistem tenaga listrik sangat rentan terhadap ketidaknormalan seperti kesalahan pada kontrol, kegagalan proteksi atau komunikasi, gangguan sistem, dan faktor kesalahan manusia. Dengan demikian, untuk menjaga sistem tenaga tetap stabil dan handal merupakan masalah penting dalam desain sistem tenaga di masa depan. Jaringan listrik konvensional tidak didesain untuk diintegrasikan dengan teknologi terbaru, tidak ekonomis, tidak memperhatikan pengaruh emisi karbon, dan tidak memperhatikan konservasi dan efisiensi energi. Jaringan listrik konvensional mengalami permasalahan dalam hal-hal sebagai berikut.

a. Belum bisa diaplikasikan deregulasi pasar listrik pada jaringan listrik yang menyajikan skenario aliran daya yang tidak pasti.

- b. Jaringan tidak mendukung aliran informasi data yang baik.
- c. Peningkatan penetrasi energi terbarukan pada sistem telah menambah masalah dalam hal kestabilan sistem.
- d. Masyarakat pengguna teknologi digital membutuhkan catu daya dengan kualitas dan ketersediaan yang tinggi
- e. Perlunya penggunaan energi terbarukan yang memiliki dampak baik bagi lingkungan.

Dengan adanya kekurangan-kekurangan jaringan konvensional, muncul konsep *smart grid*, yang mengaplikasikan teknologi digital dan komponen baru pada sektor tenaga listrik untuk meningkatkan keandalan, mengurangi biaya, dan meningkatkan efisiensi.

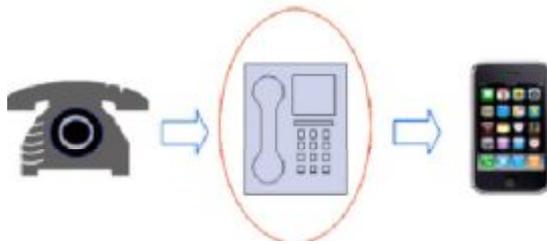
*Smart grid* sendiri merupakan bagian dari energi inisiatif yang cerdas, yaitu menggabungkan berbagai teknologi dan praktek pengoperasian sistem tenaga listrik menjadi lebih efisien. Selain itu *smart grid* memudahkan penggunaan energi efisien dalam gedung dan industri, serta memungkinkan penggunaan energi baru terbarukan.

Pada jaringan konvensional sering muncul pertanyaan - 'bagaimana bisa ada peningkatan keandalan sistem

listrik?, sementara pada sistem *smart grid* yang memanfaatkan teknologi informasi dan sistem komunikasi (ICT) bisa menjadi kontributor yang layak dalam dirinya sendiri, selain meningkatkan efisiensi operasional, sehingga mengurangi kebutuhan untuk ekspansi infrastruktur yang luas.

Instrumentasi seperti sensor dan metering serta bentuk infrastruktur komunikasi yang smart merupakan tulang punggung ICT. Sistem ICT yang mendukung smart grid ini memberikan peluang yang sangat besar untuk peningkatan diagnosis kegagalan power sistem dan dengan demikian banyak peluang untuk meningkatkan keandalan sistemnya. Beberapa langkah yang bisa dilaksanakan seperti peningkatan efisiensi melalui demand side management, demand response, integrasi sumber energi, sistem penyimpanan energi, dan sebagainya.

Pendekatan arsitektur dalam transformasi sistem grid ke *smart grid* dianalogikan seperti paradigma transformasi sistem telepon ke *smart phone* yang diwakili dengan telepon layar sentuh pada gambar. 1.1



Gambar 1. Analogi Transformasi Teknologi Smart Grid[9].

**II. LANDASAN TEORI**

Teknologi *smart grid* dapat berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dengan meningkatkan efisiensi dan konservasi, memfasilitasi integrasi energi terbarukan, dan memungkinkan penggunaan mobil listrik (Plug in Hybrid Electric Vehicle – PHEV). Selain itu, konsumen dapat mengontrol penggunaan listriknya.

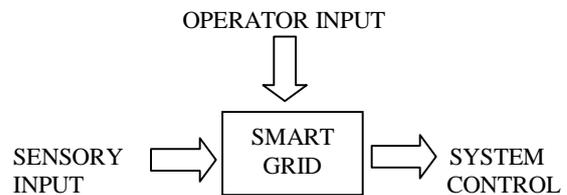
Teknologi *smart grid* terdiri dari jaringan komunikasi, sensor canggih, dan peralatan pemantauan, yang mendasari konsep baru pembangkitan dan penyaluran daya. *Smart grid* memungkinkan adanya aliran daya dua arah, hal ini dikarenakan banyaknya pembangkitan yang terdistribusi terutama pada wilayah beban. Aliran daya ini perlu diatur agar didapatkan kinerja jaringan yang efisien dan optimal. Untuk mengatur aliran daya tersebut diperlukan pengaturan pada peralatan atau aset-aset yang berada pada jaringan, maka dari itu *smart grid* sangat erat kaitannya dengan teknologi komunikasi dan informasi. Pengaturan ini dapat dilakukan karena smart grid memiliki sistem komunikasi data dua arah.

*Smart grid* memiliki banyak pusat penyimpanan energi, besar, kecil, bergerak, ataupun diam yang tersebar pada jaringan. Pusat penyimpanan energi ini digunakan untuk mengantisipasi perubahan beban tiba-tiba ataupun fluktuasi pada pembangkitan tenaga angin dan matahari. Teknologi Quick-response Battery Energy Storage System (BESS) dan Voltage Source Converter (VSC) telah diuji coba dan sesuai untuk sistem penyimpanan energi. Diperkirakan bahwa beban listrik di masa depan tidak lagi beban diam. Perkembangan teknologi baterai saat ini memungkinkan era komersialisasi mobil listrik.[5]

Diperkirakan di masa depan setiap harinya akan ada 10 juta mobil yang dihubungkan ke smart grid, seperti di tempat parkir, pusat perbelanjaan, rumah, maupun kantor. Baterai pada mobil tersebut dapat dianggap sebagai beban ketika pengisian ataupun sebagai sumber energi. Pengisian dan pemakaian baterai ini harus dikontrol untuk menghindari fluktuasi daya.[5]

**2.1. Bagian kontrol**

Dalam *smart grid* perlu diimplementasikan metode dan algoritma kontrol baru yang mampu memantau komponen dalam jaringan, mendiagnosa secara cepat, memprediksi kondisi, dan memiliki respons yang sesuai untuk suatu kejadian. Gambar 2.1 menunjukkan bahwa kontrol menjadi bagian dalam jaringan.



Gambar 2. Konseptual dari Smart Grid[7]

**2.2. Bagian Komunikasi**

Jaringan komputer dan komunikasi data memainkan peranan penting dalam sistem *smart grid*. Sistem komunikasi yang digunakan harus mempunyai kecepatan yang memadai, mempunyai dua arah komunikasi, dan terintegrasi secara penuh sehingga menjadikan smart grid begitu dinamis dan interaktif untuk pertukaran data dan daya secara *real time*.

Data *real time* menjadi sumber informasi berharga pada kontrol otomatis untuk menjaga kestabilan sistem. Berdasarkan penelitian, pemutusan daya yang meluas pada USA bagian barat pada 10 Agustus 1996 dapat dihindari jika 0,4% beban dilepas selama 30 menit. Pemutusan pada tahun 1996 menunjukkan bahwa pertukaran informasi pada area yang luas secara *real time* merupakan faktor penting untuk keandalan dan kestabilan sistem tenaga di masa depan. Dengan pengukuran *real time* dan berkecepatan tinggi, proteksi dan aksi kontrol yang sesuai dapat dilakukan untuk menjamin keandalan sistem saat terjadi gangguan. Penyaluran dan akuisisi

informasi secara luas, real time, dan cepat merupakan kunci pengontrolan dan optimasi operasi sistem tenaga pada wilayah yang luas. Untuk mendukung kebutuhan komunikasi data tersebut, teknologi dan arsitektur komunikasi masa depan harus dapat memberikan informasi data *real time* pada saat sistem membutuhkannya. Selain itu, jaringan di masa depan membutuhkan protokol dan standar, sehingga memudahkan dalam implementasinya.

**2.3. Bagian Aplikasi**

*Smart grid* membutuhkan aplikasi dan piranti *real time* yang membuat operator dapat membuat keputusan dengan cepat. Pendukung keputusan ini membutuhkan peralatan yang menghubungkan jaringan dengan pengguna. Aplikasi dan peralatan tersebut haruslah mudah untuk digunakan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Karakteristik of Smart Grid**

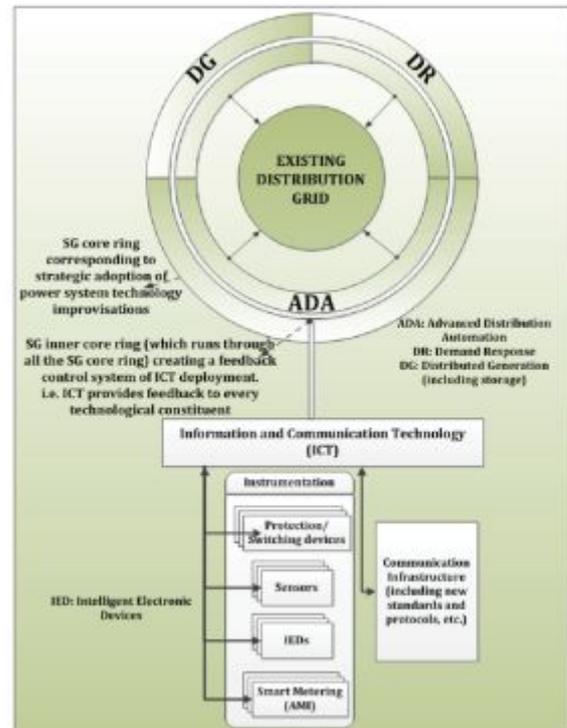
Kajian yang berjudul *A New Method For Smart Grid Reliability*, menyebutkan bahwa kaeakteristik dari smart grid adalah :

- a. *Self healing*: itu akan berjalan terus, penilaian diri dan mengambil cara pencegahan rata-rata dari kontrol, mendeteksi tepat waktu, diagnosis cepat dan menghilangkan kesalahan yang tersembunyi. Ketika kesalahan terjadi, jika tidak ada sedikit campur tangan manusia atau tidak, itu dapat dengan cepat mengisolasi kesalahan, self healing untuk menghindari terjadinya pemadaman listrik yang luas.
- b. Interaksi: Sistem dioperasikan terhubung ke pasar listrik untuk mencapai *a seamless interface*. Ini akan mendukung pelaksanaan yang efektif dari transaksi listrik, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya. Pada saat yang sama, itu akan mendorong partisipasi yang lebih baik di pasar listrik dari manajemen keamanan jaringan listrik utama melalui transaksi pasar untuk meningkatkan tingkat keselamatan operasi sistem.
- c. Kuat: setiap elemen *smart grid* akan dipertimbangkan persyaratan keamanan untuk memastikan tingkat tertentu integrasi dan keseimbangan dalam seluruh sistem.
- d. *Compatible*: tidak hanya akan *compatible* dengan sistem yang besar, *plants* terpusat, dan harus bersama-sama dengan pertumbuhan energy yang didistribusikan.
- e. Kualitas: bisa memberikan harga yang berbeda sesuai dengan berbagai tingkat power, mengurangi masalah kualitas yang disebabkan oleh komponen transmisi dan distribusi, pemantauan komponen diperlukan untuk mencapai solusi yang cepat dan baik, menerapkan hasil penelitian terbaru dari superkonduktor, bahan, penyimpanan energi, elektronika daya untuk meningkatkan kualitas daya.[3]

**3.2. Potensi Peningkatan Keandalan Sistem Smart Grid**

Studi kasus yang dilakukan di Norwegia, dengan mengkaji sebuah sistem *smart grid* (SG) untuk menjawab hipotesis bahwa dengan memanfaatkan SG di tingkat distribusi, diharapkan untuk pengurangan frekuensi dan durasi gangguan pelanggan, dan biaya gangguan yang terkait. Makalah ini menyajikan perspektif keandalan untuk mendapatkan dampak individual teknologi *smart grid* di tingkat distribusi. Sebuah studi kasus di Hafslund Nett, perusahaan terbesar jaringan distribusi di Norwegia. Data menunjukkan dalam perioda 10 tahun 2001-2010 instalasi 1 kV sampai dengan 22 kV memberikan kontribusi 75% dari *energy not supply* (ENS) adalah akibat gangguan, sedangkan jaringan dari 33 kV sampai dengan 420 kV berkontribusi sebesar 25% dari total ENS.

Salah satu teknologi SG digunakan untuk pengujian oleh Hafslund, dengan penggunaan sensor arus gangguan yang terhubung ke SCADA dengan menggunakan unit *remote terminal* (RTUs). Penempatan sensor dan RTUs di berbagai lokasi di MV-grid dilakukan untuk menyelidiki kegunaan praktis dan efek yang sebenarnya pada keandalan suplai di berbagai jenis jaringan (kabel bawah tanah vs saluran udara, serta kombinasinya).



Gambar 3. Arsitektur Level Keandalan Smart Grid[2]

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada studi percontohan di Hafslund ini, diperkirakan persentase ENS akan turun sekitar 30%, dan angka kesalahan permanen akan turun sekitar 5%. Biaya teknologi sensor dan skema regulasi pendapatan akan

memainkan peran yang menentukan untuk menentukan keuntungan yang bersih. Namun, untuk kesalahan sementara tidak ada pengurangan yang signifikan dari ENS, tetapi meningkatkan pengetahuan tentang di mana kesalahan sementara yang mungkin terjadi akan memberikan nilai yang lebih efisien dalam bidang inspeksi.[2]

### 3.3. Demand Side Management

Sebuah kajian yang membahas tentang kemungkinan dampak dari *demand side manajemen* (DSM) dalam fungsinya pada peningkatan kinerja keandalan dan prosedur baru dalam penilaian perumusan keandalan jaringan listrik di masa depan. Dua skenario DSM dibahas dan diimplementasikan dalam analisis keandalan berdasarkan profil beban pada sektor perumahan di Inggris. Makalah ini menganggap bahwa hanya "bebanbasah" yang cocok berpengaruh terhadap keandalan sistem. Beban basah yang dimaksud terdiri dari sekitar 22% beban mesin cuci piring, 31% beban mesin cuci, 31% beban mesin pengering dan 16% beban gabungan mesin cuci-pengering, dengan skema :

- a. Skema pertama DSM (DSM 1) didefinisikan menggeser 40% beban basah dari jam malam (17:30-21:00) ke jam malam (21:30-1:00), ini adalah skema khas DSM untuk mengurangi kondisi puncak pembebanan.
- b. Skema kedua DSM (DSM 2) didefinisikan dalam makalah ini sebagai pendekatan baru dalam DSM, diterapkan untuk meningkatkan indeks keandalan, yaitu untuk mengurangi jumlah interupsi pelanggan perumahan.

DSM 2 juga menganggap pergeseran 40% dari beban basah, tetapi pada interval waktu yang berbeda dari muatan puncak jam malam.

Sebagai langkah pertama dilakukan secara tradisional dengan menggunakan metrik kontinuitas suplai dan indeks penilaian untuk uji keandalan sistem tanpa mempertimbangkan skema DSM. Perbedaan dalam hasil terhadap indeks keandalan dalam test pemodelan sistem dengan beban massal dan pemodelan sistem dengan detail konfigurasi jaringan suplai yang terhubung ke beban adalah *quantified*, penekanan pada kesalahan yang terjadi ketika bagian dari sistem diabaikan selama estimasi dari kinerja keandalan. Setelah itu, dianalisis efek DSM pada pengujian kinerja keandalan yang sama, untuk menilai manfaat potensi dari DSM ke operator jaringan, khususnya yang berkaitan dengan laporan kinerja tahunan. Sampai akhirnya dibahas, kemungkinan perubahan dalam menggunakan metrik keandalan, seperti *smart grid* yang memungkinkan untuk mengganti persamaan standard yang diwakili oleh sistem beban, pada level tegangan yang lebih tinggi, dengan informasi yang lebih akurat dan rinci pada sisi beban, dan struktur beban, termasuk perkiraan kontribusi dari

porsi beban yang bisa dimanage dari sisi beban terhadap total kebutuhan.[4]

### 3.4. Smart grid generation Pool

Sebuah kajian tentang keandalan *smart grid generation pool* yang terdiri dari beberapa tipe unit pembangkit, seperti diesel generator set, turbin angin, pembangkit listrik tenaga surya dan sejenisnya. Tergantung pada situasi kondisi power pada waktu tertentu, adalah *expedient* pada bagian dari sistem operator untuk mengekstrak optimal pembangkitan dari semua unit. Teknik unit komitmen (UC) dapat diterapkan dalam situasi seperti ini. Setiap unit telah dikaitkan dalam variabel seperti peringkat kontinuitas, karakteristik start-up dan shut-down, indek keandalan, tingkat kegagalan dan perbaikan. UC telah dieksplorasi secara mendalam selama bertahun-tahun. Aplikasi untuk *smart grid* adalah kompleks karena karakteristik dari masing-masing pembangkit listrik sangat berbeda dalam *smart grid* ini. Hal ini diusulkan untuk mengurangi kompleksitas dengan memperkenalkan *redundant state* analisis. Ini menghasilkan *redundant state* dengan kombinasi kegagalan dan perbaikan pada pool mesin. Hal ini didasarkan pada konsep sekuensial mesin dalam konteks elektronik digital. Makalah ini mengusulkan metode baru dari *redundant state* analisis untuk membantu sebuah pool pembangkit *smart grid* dalam penyelesaian unit komitmen yang efisien. *Redundant state* diidentifikasi dengan menggunakan konsep perbedaan state, yang diambil dari finitestate mesin yang merupakan karakteristik kas dari mesin Mealy. Penyesuaian kondisi data diperlukan sebagai pilihan tempat pertama dari unit data. Metode efisiensi yang diusulkan ini telah dipelajari dalam jadwal tujuh hari dari tujuh unit system.[4]

### 3.5. Teknologi Smart Grid Pada Sistem Distribusidan Transmisi

Dengan menggunakan metode pemodelan, sebuah studi yang berjudul *Reliability Impact of Different Smart Grid Techniques on a Power Distribution System*. Makalah ini, berfokus pada penerapan dari teknologi *smart grid* ke sebuah sistem distribusi dan dampaknya terhadap keandalan sistem tersebut. Teknik *smart grid* telah diteliti secara menyeluruh dalam bentuk tinjauan pustaka. Beberapa teknik yang dianggap berdampak pada keandalan dipilih untuk dimodelkan menggunakan simulasi Monte Carlo yang dilakukan dengan MATLAB. Untuk sistem pengetesan menggunakan Roy Billinton Test System (RBTS) dengan bus 5 feeder, dimana 1 & 2 dipilih sebagai model teknik. Simulasi dipisahkan menjadi 2 kasus dasar dan 5 teknik *smart grid* diaplikasikan pada kasus ini. Masing-masing teknik dilaksanakan secara terpisah dengan kasus terakhir menjadi kombinasi dari semua teknik. Teknik-teknik telah menunjukkan peningkatan indeks keandalan meskipun jumlah peningkatan bervariasi antara teknik

yang satu dengan teknik yang lain. Hasil kajian yang didapatkan diantaranya adalah :

- a. Skema penentuan lokasi kerusakan memberikan perbaikan antara 7 - 10% dalam durasi *outage*.
- b. Otomatisasi feeder mengurangi durasi pemadaman sebesar 12,5%.
- c. Balancing beban meningkatkan tingkat kejadian gangguan sebesar 20 - 30%.
- d. Pemanfaatan dari semua teknologi aditif menghasilkan pengurangan SAIDI keseluruhan 18% dan pengurangan SAIFI sebesar 23%.
- e. Dalam perbandingan teknologi feeder individu otomatis terbukti telah memberikan manfaat paling besar untuk mengurangi durasi pemadaman sementara *load balancing* adalah satu-satunya teknologi untuk mengurangi frekuensi interupsi secara signifikan.[10]

Studi lain yang berjudul *Implications of Smart Grid Technology on Transmission System Reliability*, meng-*explore* kelayakan dari peningkatan keandalan sistem dengan mengaplikasikan sistem monitoring untuk menseleksi *circuit breaker* dan transformator. *Smart grid* teknologi menurunkan biaya maintenance dengan metode monitoring kondisi sistem yang memberikan informasi kepada operator terkait dengan kemungkinan kegagalan yang terjadi pada suatu kondisi. Karena sistem monitoring kondisi dapat meningkatkan biaya operasi, maka hanya transformator dan *circuit breaker* yang kritis saja dipilih dalam sistem ini. Paper ini menjelaskan metode untuk mengidentifikasi transformator dan *circuit breaker* dengan menggunakan metode *ranking contingency*.

Tulisan ini mendiskusikan sebuah metode untuk meningkatkan keandalan power sistem dengan menyiapkan suatu kelengkapan yang lebih bagi operator untuk kegagalan didalam sistem. Konsepnya adalah mengimplementasikan konsep *smart grid*. Monitoring kondisi dari *circuit breaker* dan mengenalkan monitor satu komponen transformator dengan berdasarkan kepada estimasi kemungkinan kegagalan komponen. Indikasi hasil simulasi, bahwa sinyal sensor dapat digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem daya. Jika sinyal diterima dari monitoring kondisi *circuit breaker* dan transformator, memungkinkan untuk peningkatan indikasi kerusakan komponen, operator disarankan untuk mengambil tindakan korektif untuk mencegah terjadinya kerusakan dimasa yang akan datang.

Metode *contingency ranking* menunjukkan hasil yang efektif dalam mengidentifikasi tekanan yang paling keras dari transformator dan *circuit breaker*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode *ranking contingency* adalah bernilai untuk aplikasi ini. Satu kelebihan dari pendekatan ini adalah lebih peka terhadap titik tekanan sistem yang berpotensi untuk terjadinya pemadaman. Konsekuensinya operasi lebih aman dan kemungkinan sistem lebih handal.[7]

### 3.6. Kunci Teknologi *Smart Grid*

Yang menjadi kunci dari teknologi *smart grid* adalah[3] :

- a. **Komunikasi terpadu.** Integrasi teknologi komunikasi adalah dasar dari *smart grid* sebagai *smart grid* tergantung pada pengumpulan data, perlindungan dan kontrol.
- b. **Fasilitas daya canggih.** Menerapkan hasil penelitian terbaru, seperti superkonduktivitas, penyimpanan energi, elektronika daya dan teknologi mikroelektronika untuk mencapai kapasitas transmisi yang lebih tinggi, stabilitas sistem yang lebih baik dan kualitas, meningkatkan efisiensi dan sistem diagnosis *realtime*.
- c. **Metode kontrol advanced.** Menganalisis, mendiagnosis dan memprediksi situasi perangkat *smart grid* dan algoritma, membuat keputusan yang tepat dan mengambil tindakan yang tepat untuk menghilangkan, mengurangi atau menghindari kekurangan listrik dan masalah kualitas daya.
- d. **Teknologi pendukung keputusan.** Menggunakan *paperless*, informasi *real time* pada peralatan listrik dan alat-alat untuk membantu manajer membuat keputusan dengan cepat. *Advanced* visualisasi dengan jelas akan menunjukkan status sistem kepada bagian operasi, melalui simulasi canggih dan proses pelatihan untuk meningkatkan kapasitas operator dalam pengambilan keputusan.
- e. **Sensing dan pengukuran.** Menerapkan sensor digital, sensor magnetik untuk mengatasi gangguan elektromagnetik tradisional, melaksanakan pengukuran serba digital.

## IV. SIMPULAN

Dari pembahasan terhadap keandalan sistem *smart grid* dapat disimpulkan beberapa hal seperti di bawah :

1. Aplikasi *smart grid* pada jaringan distribusi, dengan investasi pemasangan sensor dan jaringan komunikasi dan IT, memberikan keuntungan layak untuk diimplementasikan.
2. Kebijakan *demand side management* yang dilaksanakan dalam kajian ini, yaitu mensimulasikan pergeseran operasi beban basah dari waktu beban puncak ke luar waktu beban puncak, memberikan peningkatan keandalan sistem dan juga memberikan efisiensi yang lebih tinggi.
3. Sebuah studi dengan simulasi *monte carlo* dengan menggunakan matlab dan sistem pengetesan RBTS mendapatkan hasil bahwa penerapan *smart grid* pada jaringan distribusi memberikan tingkat keandalan yang layak diimplementasikan.

4. Aplikasi *smart grid* pada jaringan transmisi dengan pemasangan sensor pada *circuit breaker* dan transformator mampu memberikan peningkatan keandalan dengan diketahuinya *schedule maintenance* yang sesuai dengan prioritas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anjan Bose, *Models and Techniques for the Reliability Analysis of the Smart Grid*, 978-1-4244-6551-4/10/\$26.00 ©2010 IEEE
- [2]. Gerd H. KJØLLE, Vijay Venu VADLAMUDI Sigurd KVISTAD, Kjell A. TUTVEDT, 22nd International Conference On Electricity Distribution Stockholm, 10-13 June 2013, Paper 0667CIRED2013 Session 5 Paper No 0667, *Potential For Improved Reliability And Reduced Interruption Costs Utilizing Smart Grid Technologies*.
- [3]. Hong Yun-fu Liu Zong, Yin Hong-xu Zhang Jian-hua, *A New Method For Smart Grid Reliability* School of Electrical & Electronic Engineering, North China Electric Power University, NCEPUBeijing, China. 978-1-4244-6255-1/11/\$26.00 ©2011 IEEE
- [4]. Irinel-Sorin Ilie, Ignacio Hernando-Gil, Adam J. Collin, Jorge L. Acosta, Sasa Z. Djokic, *Reliability Performance Assessment in Smart Grids with Demand-side Management*
- [5]. Khosrow Moslehi, Member, IEEE, And Ranjit Kumar, *A Reliability Perspective Of The Smart Grid*, IEEE Transactions On Smart Grid, Vol. 1, No. 1, June 2010
- [6]. Mark Lauby, John Moura, Eric Rollison, *Reliability Considerations from the Integration of Smart Grid*, IEEE, 2011
- [7]. P.C.Thomas, Amal Jyothi, Kanjirapally, Kottayam, Dr.P.A.Balakrishnan, *Reliability Analysis of Smart-Grid Generation Pools 2011* IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - India 978-1-4673-0315-6/11/\$26.00©2011 IEEE, 2011.
- [8]. Previn P. Subban, Kehinde O. Awodele, *Reliability Impact of Different Smart Grid Techniques on a Power Distribution System*, IEEE 2013.
- [9]. S. Eftekharijad, G. T. Heydt, *Implications Of Smart Grid Technology On Transmission System Reliability*, Life Fellow, IEEE, V. Vittal, Fellow, IEEE 2011
- [10]. Stéphanie Bouckaert, Vincent Mazauric, Edi Assoumou and Nadia Ma`izi, Antipolis, France, *Smart Grids and power supply reliability: the impact of Demand Response on future power mixes*