

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 *Smart Grid*

Listrik berkualitas tinggi merupakan suatu keharusan didunia modern. Hal ini dikarenakan ada banyak bidang yang menuntut kualitas daya, seperti manufaktur elektronik, *mikroprosesor*, dan banyak perangkat sensitif yang digunakan oleh manusia. Oleh karena itu, sangat penting bagi perusahaan utilitas untuk menyediakan daya listrik yang lebih terjangkau, handal, dan berkualitas untuk semua. *Smart grid* merupakan solusi yang dapat diterapkan untuk menjawab kebutuhan tersebut.

*Smart Grid* pada dasarnya melapisi sistem tenaga listrik secara fisik dengan sistem informasi yang menghubungkan berbagai peralatan dan aset bersama-sama dengan sensor untuk membentuk platform layanan pelanggan. Hal ini memungkinkan utilitas dan konsumen untuk terus memantau dan menyesuaikan penggunaan listrik.

##### A. Definisi *Smart Grid*

Dalam pengembangannya, tidak ada definisi baku untuk menjelaskan konsep *smart grid*. Hal ini terjadi karena pengembangannya yang berbeda-beda di setiap kasus dan negara. Ada beberapa definisi yang dibuat untuk menjelaskan smart grid. Menurut *International Electrotechnical Commission (IEC)*, *smart grid* adalah konsep modernisasi jaringan listrik. Melalui penambahan teknologi *smart grid*, jaringan menjadi lebih fleksibel, interaktif dan mampu memberikan umpan balik secara real time. Ini adalah jaringan listrik cerdas yang dapat mengintegrasikan tindakan dari

semua pengguna yang terhubung pada pembangkit, konsumen dan para pelaku baik dalam rangka penyediaan yang berkelanjutan secara efisien, ekonomis dan pasokan listrik yang aman.

*Menurut International Energy Agency (IEA), smart grid* merupakan jaringan listrik yang menggunakan teknologi canggih digital untuk memantau dan mengelola transportasi listrik dari semua sumber pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik yang bervariasi dari pengguna akhir, smart grid mengkoordinasikan kebutuhan dan kemampuan semua generator, operator jaringan, pengguna akhir dan stakeholder pasar listrik untuk mengoperasikan semua bagian dari system secara efisien, meminimalkan biaya dan dampak lingkungan sekaligus memaksimalkan keandalan sistem, ketahanan dan stabilitas.

#### **B. Teknologi *Smart Microgrid***

Mempromosikan partisipasi pelanggan aktif dan pengambilan keputusan serta menciptakan lingkungan operasi di mana kedua utilitas dan pengguna listrik mempengaruhi satu sama lain.

Sebuah *smart grid* menggunakan produk dan layanan yang inovatif bersama dengan monitoring cerdas, kontrol, komunikasi, dan teknologi pemulihan diri untuk: Memfasilitasi koneksi dan pengoperasian generator dari semua ukuran dan teknologi; Memungkinkan konsumen untuk berperan dalam mengoptimalkan pengoperasian sistem; Menyediakan konsumen dengan informasi dan pemilihan pasokan yang lebih besar; Secara signifikan mengurangi dampak lingkungan dari seluruh sistem tenaga listrik; Memberikan peningkatan keandalan dan keamanan pasokan. *Smart grid*

sebagai jaringan listrik modern memiliki beberapa perubahan terhadap jaringan tradisional. Beberapa perubahan tersebut diilustrasikan pada gambar.

Teknologi *smart grid* menyediakan berbagai solusi yang dapat disesuaikan dengan spesifik kebutuhan masing-masing daerah. *Smart grid* tidak hanya akan membantu mengurangi pencurian, tetapi juga meningkatkan efisiensi jaringan, efisiensi penggunaan, dan dapat memanfaatkan sumber daya energi pembangkitan tersebar pada kapasitas optimalnya.

## 2.2 *Microgrid*

*Smart Microgrid* merupakan jaringan skala kecil yang terdiri dari pembangkitan tersebar (*distributed generation*), yang meliputi *microturbine*, *fuel cell*, PV dan energi terbarukan lainnya, dengan dilengkapi media penyimpanan energi (*flywheels*, kapasitor energi dan baterai) serta beban. *Microgrid* adalah suatu sistem yang mengintegrasikan teknologi-teknologi ini dengan *switchgear* otomatis, manajemen beban (*load management*), dan sistem tenaga yang mempergunakan energi terbarukan. *Microgrid* biasanya beroperasi pada tegangan rendah dan bekerja dengan kondisi terhubung ke jaringan (*grid – connection*) dan tidak terhubung ke jaringan (*islanded*), dapat beroperasi dengan aliran daya 2 arah yaitu dari jaringan menuju sistem *microgrid*, dan dari sistem *microgrid* menuju jaringan. sehingga dapat meningkatkan keandalan serta ramah lingkungan karena menggunakan sumber energi terbarukan. *Microgrid* cerdas didefinisikan sebagai sistem pembangkit lokal dan beban listrik yang saling terinterkoneksi. Sistem pembangkit lokal *microgridcerdas* biasanya menggunakan sumber energi terbarukan alternatif seperti *photovoltaic* (PV) yang

mengubah energi surya menjadi energi listrik. Salah satu fungsi sumber energi terbarukan alternatif pada *microgrid* cerdas yaitu untuk *Open Access*

Kelebihan dari sistem *microgrid* adalah dilihat dari keandalannya. Dilihat dari sisi keandalan, sistem *microgrid* mempunyai keandalan yang sangat tinggi, bahkan lebih tinggi dari pasokan energi listrik lokal. Seringkali pengguna akhir energi listrik memerlukan layanan yang berkelanjutan bahkan pada saat kondisi ekstrem, seperti badai, gempa bumi, atau mungkin selama situasi pemadaman listrik "rutin" di jaringan listrik (misalnya karena terjadi gangguan di sistem jaringan distribusi) yang menyebabkan gangguan dalam penyaluran listrik ke beban pelanggan. Dalam kondisi ekstrem, mempertahankan aliran listrik ke beban agar tetap mengalir menjadi hal yang sangat penting.

*Microgrid* menjadi konsep yang menarik untuk memenuhi peningkatan kebutuhan energi dan mengatasi polusi udara. Sumber energi terdistribusi (DER) di *Microgrid* biasanya dihubungkan dengan jaringan utilitas oleh inverter, sehingga karakteristik stabilitas *Microgrid* jauh berbeda dari jaringan tradisional. Pengembangan *microgrid* berfokus pada pembangkitan teknologi, arsitektur *microgrid*, elektronika daya, sistem kontrol, sistem proteksi. Makalah ini mengulas berbagai perkembangan teknologi yang berkaitan dengan sistem *microgrid* dan studi kasus tentang pengembangan sistem *microgrid* dengan menggunakan *grid tie inverter* (GTI).

Teknologi *microgrid* dapat secara efektif mengintegrasikan keuntungan dari pembangkit terdistribusi, dan juga menyediakan cara teknis baru untuk aplikasi

berskala besar dari pembangkit energi baru dan energi terbarukan yang terhubung ke jaringan. *Microgrid* tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan kaskade energi, tetapi juga digunakan sebagai pelengkap jaringan listrik yang efektif dan meningkatkan keandalan pasokan listrik dan kualitas daya.

### 2.3 Sumber Energi Listrik

Sumber energi listrik biasanya diklasifikasikan menjadi banyak dari sumber energi utama dan terbagi menjadi dua kelompok: energi *konvensional* dan energi terbarukan.

#### 1. Energi Konvensional

Energi konvensional adalah energi yang diperoleh dari sumber yang tidak dapat diregenerasi dan hanya tersedia dalam jumlah sedikit di Bumi. Sumber-sumber ini akan habis dengan cepat atau lambat dan berdampak buruk pada lingkungan karena mencemari udara, air, dan tanah, mengurangi standar hidup dan kesehatan. Bensin, solar, gas likuid petroleum (LPG), batu bara, gas alam, dan uranium adalah beberapa contoh sumber energi primer konvensional.

#### 2. Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan secara terus menerus dari sumber alam seperti matahari, angin, dan air. Karena panel surya merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di Bumi, sumbernya tidak merugikan lingkungan. Dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas industri di setiap bidang ekonomi negara, kebutuhan energi terus meningkat. Kebutuhan energi yang meningkat tidak sejalan dengan ketersediaan sumber daya. Akibatnya, sumber daya energi fosil menjadi sumber daya utama di Indonesia, meskipun sumber daya fosil semakin menipis dan tidak mencukupi lagi untuk memenuhi permintaan. Untuk mengatasi kelangkaan sumber daya dan mempertahankan ketahanan, sumber daya terbarukan yang melimpah diharapkan untuk menggantikan sumber daya fosil yang semakin menipis.

## 2.4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Teknologi *photovoltaic* (PV) baru-baru ini menjadi populer di seluruh dunia. Jumlah energi yang dikonsumsi di seluruh dunia mencapai 19.710 milyar kilowatt-jam per tahun pada tahun 2016, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pembangkitan energi PV sejak 2010. Ada dua jenis sistem yaitu PLTS yang terhubung ke jaringan PLN (*on grid*), dan PLTS yang tidak terhubung ke jaringan PLN, yaitu:

1. PLTS *On-Grid*.

Sistem PLTS *On-Grid* bekerja dengan cara berikut: komponen panel surya mengubah dari cahaya matahari menjadi energi listrik DC, kemudian inverter mengubah energi listrik DC menjadi energi listrik AC, yang dipararelkan dengan jaringan PLN. Jika ada kelebihan daya yang dihasilkan oleh PLTS, maka daya tersebut akan disuplai ke jaringan PLN.

2. PLTS *Off-Grid*.

Sistem kerja PLTS *Off-Grid* sederhana terdiri dari komponen panel surya yang mengubah dari energi matahari menjadi energi listrik DC. Energi DC ini kemudian disimpan di baterai sebelum grid inverter mengubah energi listrik DC menjadi energi listrik AC, yang dapat digunakan untuk beban AC

## 2.5 Panel Surya

Panel *photovoltaic* terhubung secara seri dan membentuk modul *photovoltaic*. Panel-panel terhubung melalui kawat busbar yang dilindungi oleh bahan pelapis atau enkapsulasi. Bahan ini melindungi panel-panel dari kekuatan mekanik yang dapat merusak panel tipis di luar. Tegangan dan arus (V-I) adalah indikator kinerja modul *photovoltaic* dalam kelistrikan. Kurva yang menunjukkan operasi tegangan dan arus modul *photovoltaic* pada sinar matahari dan suhu tertentu. Modul *photovoltaic* adalah komponen utama dari sepuluh PLTS, jadi sangat penting bahwa modul *photovoltaic* berkualitas tinggi untuk mempertahankan operasional sistem.



Gambar 2.1 Struktur Panel Surya.

Keterangan dari gambar di atas adalah sebagai berikut:

1. Bingkai terbuat dari aluminium *anodized* untuk menghindari dari korosi. Oleh karena itu pemasangan dari bingkai dilakukan diakhir proses pembuatan, bingkai memiliki fungsi yaitu untuk memastikan dari kekokohan panel
2. Kaca pelindung yaitu melindungi dari panel photovoltaic dilingkungan dan memastikan kekokohan dari panel, maka fungsi tersebut kaca pelindung mengambil proporsi tertinggi dari total berat modul *photovoltaic*. Gambar 2.1 Bagian-bagian panel *photovoltaic* 13 3.
3. Enkapsulasi atau laminasi yaitu lapisan yang terletak antara kaca pelindung dan panel *photovoltaic*. Panel *photovoltaic* yang dilindungi dari kerusakan mekanis melalui laminasi, yang juga mengisolasi tegangan dari komponen lain dalam modul. Biasanya, laminasi menggunakan *ethylene-vinylacetate* (EVA).
4. Panel photovoltaic adalah komponen utama pada modul *photovoltaic*. Panel yang terbuat dari bahan semi konduktor menangkap dan mengubah dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Dengan menggunakan kawat busbar, panel yang terhubung secara seri sebanyak sebelas menghasilkan tegangan yang lebih besar secara keseluruhan. Bahan yang dipakai untuk panel photovoltaic umumnya yaitu silicon, seperti *polycrystalline* dan *Monocrystalline*.
5. Lembar insulasi (*backsheet*) terbuat dari bahan plastik sebagai pelindung dan secara elektrik mengisolasi panel-panel dari kelembaban cuaca.

6. Kotak penghubung (*junction box*) digunakan sebagai terminal untuk menghubungkan panel *photovoltaic* ke beban atau panel tambahan. Seperangkat berisi kawat busbar dari rangkaian panel *photovoltaic*, kabel, dan *bypass diode*.

## 2.6 *Inverter*

*Inverter* adalah bagian dari PLTS yang mengubah tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan arus bolak-balik (AC). Fungsinya adalah untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan keluaran arus bolak-balik (AC) yang simetris dengan magnitudo dan frekuensi yang diinginkan pengguna. Dengan masukan tegangan DC tetap dan tidak terkontrol, tegangan keluaran inverter dapat berubah-ubah atau tetap dengan memvariasikan penguatan inverter. Sebaliknya, dengan masukan tegangan DC tetap dan tidak terkontrol, tegangan keluaran *inverter* dapat berubah-ubah dengan memvariasikan penguatan *inverter*. Beberapa *inverter* biasanya menyertakan masukan *multi-string*, yang memungkinkan penggabungan lebih dari satu *string* tanpa menggunakan kotak penggabung tambahan.

## 2.7 Penghantar DC

Untuk mengetahui penghantar DC yang diperlukan untuk menerapkan PLTS, nilai arus maksimal dari array surya harus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut. Penentuan luas. Karena kabel akan dimasukkan ke dalam *conduit* untuk perlindungan tambahan, penampang kabel yang dipilih mengacu pada metode instalasi B1. Berdasarkan (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011, 2011)

## 2.8 Spesifikasi Penghantar AC

Panel AC *Disconnecting* berfungsi untuk mengantarkan dan memutus daya input dari *inverter* menuju panel AC yang kemudian disalurkan ke panel *Low Voltage Main Distribution Panel*. Perancangan PLTS ini membutuhkan nilai arus maksimal keluaran dari *inverter*. Kemudian, menggunakan perhitungan, kuat hantar arus kabel yang diperlukan.