

# Bab 1 Pendahuluan

## 1.1 Latar Belakang

Pada beberapa tahun terakhir kebutuhan energi sudah sangat meningkat. Hal ini terlihat dari mulai berkembangnya berbagai kemajuan teknologi yang semuanya memerlukan energi listrik, serta diiringi dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan populasi. Akibatnya semakin membengkaknya kebutuhan energi listrik oleh masyarakat [1].

Sumber energi utama yang digunakan sekarang adalah bahan bakar fosil yang termasuk energi tak terbarukan. Energi tak terbarukan itu jumlahnya terbatas dan jika digunakan secara terus menerus maka jumlahnya akan habis. Jika energi fosil ini terus dieksplorasi, tanpa ada upaya mengimbangnya dengan energi terbarukan, dunia dapat dipastikan mengalami krisis energi di masa yang akan datang [2]. Salah satu solusi dalam masalah ini adalah dengan pemanfaatan energi terbarukan.

Pemanfaatan sumber energi terbarukan semakin meningkat dengan berkurangnya ketergantungan pada penggunaan energi fosil dalam mendukung program pengembangan energi terbarukan (EBT)[3]. Disamping faktor teknis dan ekonomis, kebijakan dari negara juga menjadi faktor pendorong kondisi ini. Di Indonesia, kebijakan ini diatur melalui PP No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional dimana ditargetkan bahwa pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam energi nasional sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050[4].

Salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan yang terkenal luas pada saat ini adalah energi matahari melalui *photovoltaic* / sel surya yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Dalam pemanfaatan energi surya pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) ini tidak terlepas dari komponen penting yang mendukungnya, yaitu PV-inverter. PV-inverter merupakan peralatan yang menghubungkan antara *photovoltaic* selaku sumber daya dengan beban / jaringan listrik. Melalui PV-inverter ini dapat mengubah tegangan DC yang dihasilkan dari *photovoltaic* tadi menjadi tegangan AC, sehingga energi listrik tersebut dapat dimanfaatkan untuk peralatan listrik ataupun dihubungkan ke jaringan [5]. Selain itu PV-inverter juga berperan penting dalam memaksimalkan

daya yang diserap oleh *photovoltaic* dalam mekanisme *maximum power point tracker* (MPPT) [6], serta berperan dalam pengintegrasian tegangan keluaran PV inverter terhadap jaringan yang dibangun dengan mekanisme sistem kontrol yang ada [7].

Kemajuan teknologi PV inverter telah memungkinkan pembangkitan tenaga listrik dari tenaga matahari dilakukan dengan mudah, murah dan dalam skala sangat kecil (ratusan watt), serta dapat dihubungkan ke jaringan tenaga listrik pada level saluran distribusi sekunder atau distribusi tegangan rendah yaitu level tegangan jaringan tenaga listrik dimana instalasi konsumen dihubungkan (di Indonesia 380/220 Volt) [8]. Kondisi ini memberikan akses yang semakin luas bagi masyarakat umum untuk menjadi produsen (usahawan) tenaga listrik, berubah dari yang sebelumnya hanya menjadi konsumen pasif.

Dengan tren perkembangan pemanfaatan energi terbarukan ini, membuat banyaknya PLTS yang akan dibangun dan semakin banyak juga PV-inverter yang akan tersinkronisasi dengan jaringan tenaga listrik. Sekilas jika melihat fenomena tersebut adalah suatu hal yang positif, namun ternyata jika dilihat dari analisa tenaga listrik yang dilakukan ternyata akan menimbulkan gangguan yang merugikan, diantaranya seperti menyebabkan distorsi harmonisa pada jaringan akan bertambah, yang akan menyebabkan pemanasan berlebih pada jaringan, menurunkan faktor daya, dan mendegradasi kapasitas penyaluran sistem distribusi. Dampak negatif lain adalah gangguan tegangan pada titik dimana PV-inverter tersebut dihubungkan (point of common coupling, PCC). Secara tradisional PV-inverter didisain bekerja dengan factor daya satu (unity power factor), hanya menyuntikkan jenis daya aktif (kW) tanpa komponen daya reaktif (kVAR) ke dalam jaringan tenaga listrik. Akibatnya pada PCC tegangan jaringan akan bertambah, semakin banyak PV-inverter yang terhubung, semakin besar pertambahan tegangan yang terjadi. Selanjutnya, pada kondisi tertentu tegangan akan melampaui standar yang dibolehkan dan akan menyebabkan kerusakan pada peralatan jaringan distribusi maupun peralatan konsumen yang terhubung [3].

Melihat fenomena gangguan yang terjadi, maka diperlukan suatu mekanisme tambahan dalam PV-inverter. Beberapa metode yang ada saat ini telah diusulkan untuk mengurangi masalah gangguan tegangan. Seperti menurunkan *set point*

beban *tap changer* pada *substation* tegangan tinggi/rendah. Namun metode ini tidak menjamin profil tegangan akan berada dalam batas yang dapat diterima. Di Jepang, penanggulangan masalah ini, dilakukan dengan pembatasan suplai daya ke jaringan manakala tegangan telah melampaui ambang yang ditentukan [10]. Di Jerman, PV-inverter disetting untuk terputus (*disconnect*) dari jaringan manakala tegangan dan frekuensi (sebagai indikator daya di jaringan) berubah pada level yang ditentukan [10,11]. Teknik ini kurang disukai dari aspek ekonomi karena tidak menguntungkan bagi pemilik modul-modul *photovoltaic* yang telah berinvestasi namun terbatas dalam menjual energi yang dibangkitkan dari modul-modul tersebut [10].

Teknik yang lain adalah dengan suplai daya reaktif pada jaringan yang dilakukan dengan peralatan khusus supplier daya reaktif, seperti mesin sinkron, dan kapasitor bank. Selain dengan peralatan-peralatan yang dipasang secara terpisah tersebut, teknik lain yang dikembangkan adalah dengan fasilitas/fungsi pembangkitan dan suplai daya reaktif. Jahangiri mengusulkan tingkat level daya reaktif dilakukan dengan membentuk suatu fungsi terbatas yang menghubungkan level daya reaktif yang harus dibangkitkan dengan perubahan tegangan yang terjadi [10]. Kelemahan metode ini adalah pembentukan fungsi yang menghubungkan besarnya daya reaktif terbangkit dengan berbagai parameter yang sifatnya khas untuk setiap lokasi.

Pemanfaatan metoda penambahan kemampuan suplai daya reaktif menjadi peluang dalam menghasilkan jenis PV-inverter baru, karena umumnya pada saat ini masih didominasi PV-inverter yang tidak dilengkapi dengan fasilitas tersebut. Namun beberapa kendala yang dihadapi dalam metoda penambahan kemampuan suplai daya reaktif pada disain sebuah PV-inverter adalah :

1. Penentuan porsi daya reaktif terhadap kapasitas PV-inverter (rasio kVAR/KW). PV-inverter memiliki rating kapasitas kVA tertentu, sehingga diperlukan jumlah daya reaktif tepat untuk dibangkitkan sehingga masih tetap dapat mengkompensasi perubahan tegangan. Suplai daya reaktif yang terlalu tinggi akan membatasi daya aktif yang disalurkan sebaliknya suplai daya reaktif yang terlalu kecil tidak akan cukup untuk mengkompensasi perubahan tegangan. Untuk itu perlunya ada algoritma optimasi yang tepat dalam sistem kontrol PV-inverter.

2. Metode pemrosesan daya reaktif yang harus dibangkitkan dan metode injeksinya. Komponen daya aktif, reaktif dipresentasikan dalam bentuk tegangan dan arus. Untuk melakukan operasi, komponen-komponen daya yang terkandung harus diidentifikasi dengan cara dilakukan pemisahan (*extraction*). Maka dari itu, diperlukan teknik pemisahan komponen daya yang tepat dan cepat mengingat besaran ini berubah setiap saat. Permasalahan lainnya ketika besar arus daya reaktif telah teridentifikasi, bagaimana cara menginjeksikan daya reaktif ke jaringan dengan kemampuan untuk dapat diubah secara adaptif mengikuti perubahan tegangan jaringan.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, penulis mencoba untuk menghasilkan suatu teknologi baru PV-inverter dengan sistem kontrol yang dilengkapi fungsi pembangkitan daya reaktif. Sistem kontrol yang ada berisi algoritma yang dapat memonitor besaran daya yang dibangkitkan dan disalurkan dari modul *photovoltaic* serta memonitor dan mengkompensasi perubahan tegangan yang terjadi pada jaringan.

Untuk melakukan kajian penerapan sistem kontrol ini, diperlukan model yang mewakili sistem PV-inverter satu fasa menggunakan sistem kontrol tersebut yang akan dilakukan secara simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab/Simulink tanpa harus merealisasikan secara real untuk menanggulangi biaya dan waktu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan pada poin diatas, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana membuat algoritma dari PV-inverter yang memiliki kemampuan suplai daya reaktif ?
2. Bagaimana memodelkan PV-inverter tersebut yang dapat disimulasikan dengan software MATLAB/Simulink ?
3. Bagaimana performansi sistem PV-inverter tersebut ?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian tugas akhir ini menggunakan perangkat lunak matlab / Simulink R2014.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Membuat algoritma dari PV-inverter yang memiliki kemampuan suplai daya reaktif.
2. Membuat model simulasi dari PV-inverter yang memiliki kemampuan suplai daya reaktif.
3. Melakukan pengujian dari model simulasi dengan software MATLAB/Simulink untuk melihat unjuk kerja PV-inverter dengan kemampuan suplai daya reaktif.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memperlihatkan kemampuan suplai daya reaktif pada PV-inverter dalam menghadapi masalah gangguan tegangan pada jaringan. Dengan adanya sistem ini, tegangan yang ada pada jaringan akan menghasilkan tegangan yang optimal sehingga gangguan pada jaringan dapat dihindari.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disajikan dengan sistematika sebagai berikut :

#### BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

#### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang landasan teori yang berhubungan dengan inverter, PV inverter, *photovoltaic* sebagai Distributed Generation (DG), efek

pembangkit distribusi PV ke kualitas daya sistem, metode ekstraksi dan sinkronisasi, pengendali arus, serta kemampuan suplai daya reaktif.

### BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan.

### BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil penelitian dan analisa terhadap penelitian yang dilakukan.

### BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dan analisa penelitian tugas akhir ini.

