

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Salah satu tipe teknologi PLTS dalam penyediaan energi listrik alternatif yang siap untuk diterapkan secara massal saat ini adalah Sistem Energi Surya Fotovoltaik. Sistem Fotovoltaik merupakan konversi dari sinar matahari menjadi energi listrik melalui panel surya. Sistem ini sangat handal dan mudah dalam pengoperasiannya sehingga mampu bersaing dengan pembangkit konvensional lain. Selain teknologi Fotovoltaik tipe teknologi Tenaga Surya yang lain adalah *Solar Thermal*. Pada sistem surya termal, kolektor surya menyerap radiasi matahari lalu mengkonversi menjadi energi panas yang digunakan sebagai pemanas medium fluida seperti air atau udara yang kemudian dapat digunakan secara langsung atau pun tidak langsung pada berbagai penerapan[1]. Beberapa penerapan sistem Fotovoltaik antara lain *PV Farm*, *PV Roof Top*, *PV Solar Home System (SHS)*, *Solar Street Lamp*, *Solar Pump* dan lain sebagainya. Pada *PV Farm* terdapat sistem *On-Grid* dan *Off-Grid*, perbedaannya adalah *On-Grid* terkoneksi langsung dengan jaringan PLN, sedangkan *Off-Grid* atau sistem *stand alone* biasanya dilengkapi penyimpanan daya.

Saat ini arah perkembangan teknologi PLTS di Indonesia adalah sistem *On-Grid*. PLTS *On-Grid* merupakan sebuah sistem yang bekerja secara langsung di panel surya. Sistem tidak memakai baterai, dan listrik yang dihasilkan adalah AC sehingga sistem panel surya *On-Grid* ini dapat diterapkan bersama-sama dengan jaringan PLN. Salah satu contoh proyek yang akan dioperasikan dalam waktu dekat ini adalah PLTS Manokwari 1 MW. Proyek PLTS dengan biaya sebesar 60 Miliar ini menggunakan teknologi dari Jerman dan dimandatorikan dari Pemerintah kepada PT. Len. PLTS ini nantinya akan beroperasi secara *On-Grid* ke jaringan PLN. Jaminan sistem berlaku selama 1 tahun sedangkan jaminan teknologi adalah 5 tahun[2].

Pembangkit listrik merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga pada kapasitas tertentu. Sesuai aturan jaringan Jawa Bali tahun

2007 klasifikasi unit pembangkitan menurut kapasitasnya didefinisikan sebagai berikut[3].

Besar : lebih besar atau sama dengan 200 MW;

Medium : dari 50 MW sampai kurang dari 200 MW;

Kecil : kurang dari 50 MW.

Saat ini PLTS *On-Grid* yang telah beroperasi di Indonesia sudah tersebar kurang lebih di 70 lokasi, dengan daya total lebih dari 50 MW. Dari data PLTS yang beroperasi di Indonesia saat ini, ditinjau dari kapasitasnya PLTS masuk kedalam kategori pembangkit kapasitas medium. Dalam perkembangannya, PLTS kapasitas besar akan banyak dibangun di Indonesia. Adapun PLTS skala mikro atau kecil dengan daya kurang dari 100 kW terhubung langsung pada saluran distribusi sekunder yang memiliki kapasitas tegangan sebesar 120/240 V[4].

Salah satu karakteristik pembangkit listrik tenaga surya adalah sifat *intermittent*. *Intermittent* adalah sifat pembangkit yang tidak ada setiap kali dibutuhkan[5]. Dengan menggunakan tenaga surya sebagai energi primernya terkadang produksi pembangkit yang dihasilkan tidak selalu maksimal karena radiasi matahari yang terpancar tertutup oleh awan yang biasa datang kapan saja tanpa terprediksi sebelumnya.

Di sistem tenaga listrik yang terinterkoneksi operasi seluruh komponen yang terinterkoneksi tersebut diatur dengan suatu nilai frekuensi nominal dengan batas toleransi kenaikan dan penurunan yang diizinkan. Meskipun demikian variasi beban dari waktu ke waktu dan adanya gangguan, dapat menyebabkan frekuensi meningkat drastis atau menurun drastis. Jika frekuensi menurun atau meningkat sampai batas toleransi yang diperbolehkan, maka sistem tidak perlu melakukan proses *recovery*. Tetapi jika frekuensi meningkat atau menurun drastis hingga melebihi batas toleransi yang diperbolehkan maka proses *recovery* dilakukan. Hal ini pula yang sering terjadi pada sistem fotovoltaik, saat radiasi matahari tertutup oleh awan maka daya yang dihasilkan PV tersebut akan turun sehingga frekuensi pun ikut turun. Penurunan nilai frekuensi yang melebihi batas nominal memaksa sistem melakukan proses *load shedding* atau melepas beban (beban-beban yang tidak sensitif seperti listrik rumah tangga) untuk pengamanan

operasi dari unit-unit pembangkit dari kemungkinan terjadi padam total (*black out*). Selain itu teknologi fotovoltaik termasuk pembangkit *non dispatchable*, karena teknologi ini tidak sanggup menyesuaikan detik per detik dengan beban untuk menjaga keseimbangan sistem dan keandalannya [6].

Salah satu pendekatan untuk mengatasi intermitensi adalah dengan *demand response*. *Demand response* merupakan suatu gagasan metodologi, jika pembangkit energy terbarukan yang bersifat *intermittent* beroperasi dalam suatu sistem kelistrikan maka secara otomatis *demand* menyesuaikan dengan pola operasi pembangkit *intermittent* tersebut.

Pada dasarnya, alternatif utama untuk mengatasi persoalan intermitensi adalah pengoperasian pembangkit *fast response*. Beberapa pembangkit yang dapat dijadikan sebagai alternatif antara lain PLTA, PLTG, dan PLTD. Ketiga pembangkit tersebut memiliki keunggulan terutama respon pembangkit yang cepat saat sistem sedang tidak seimbang sehingga mampu menyesuaikan kebutuhan beban. Selain itu PLTA juga memiliki kelemahan, yaitu air yang telah digunakan tidak dapat digunakan kembali untuk beroperasi. Sementara kelemahan PLTG dan PLTD adalah harga bahan bakar yang sangat tinggi. Salah satu alternatif mengatasi persoalan intermitensi dalam pengoperasian pembangkit *intermittent* dengan meminimalkan keterlibatan pembangkit *fast response* adalah dengan *demand response*. Persoalannya adalah bagaimana memodelkan suatu *demand response*.

Penelitian tugas akhir dilakukan untuk membentuk model *demand response* dengan studi kasus PLTS Fotovoltaik *On-Grid* kapasitas kecil.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana model proyeksi *demand response* dalam sistem distribusi listrik yang mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Fotovoltaik *On-Grid* kapasitas kecil.

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah.

1. Membuat model *demand response* yang tepat dan terukur untuk dikembangkan ke dalam sistem distribusi fotovoltaik *on-grid* kapasitas kecil.
2. Memproyeksikan model *demand response* untuk keandalan sistem distribusi fotovoltaik *on-grid* kapasitas kecil.

### 1.4 Manfaat

Penelitian ini memiliki dua manfaat, yaitu dibidang akademis dan dibidang praktis. Adapun manfaat dibidang akademis yang didapatkan adalah penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik mengenai pemodelan *demand response* untuk dikembangkan ke dalam sistem distribusi fotovoltaik *on-grid* kapasitas kecil.

Kemudian manfaat dibidang praktis yang didapatkan dari penelitian ini adalah penelitian ini dapat bermanfaat bagi pemangku kepentingan dibidang kelistrikan atau pemerintah sebagai regulator untuk digunakan sebagai masukan dan referenai dalam penelitian ini yang dibuat adalah model proyeksi.

### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah.

1. Pemodelan yang dilakukan hanya pemodelan *demand response*.
2. Pemodelan dilakukan di sistem yang di dalamnya beroperasi PLTS *PV On-Grid* kapasitas kecil.
3. Studi kasus menggunakan model IEEE 30 BUS.
4. Perangkat lunak yang digunakan, Perangkat Komputasi Numerik dan Spreadsheet.

### 1.6 State of the Art

*State of the art* merupakan isi dari penulisan yang menunjukkan penyelesaian masalah sesuatu yang berbeda dengan penelitian pihak lain. Bagian ini merupakan ringkasan penelitian. Adapun *state of the art* penelitian lainnya dijabarkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Daftar Rujukan

Judul	Penelitian	Tahun	Deskripsi
<i>Security-Based Active Demand Response Strategy Considering Uncertainties in Power Systems.</i>	Haiteng Han, dkk	2017	Penelitian berdasarkan teori <i>Hyper-box</i> dan <i>Hyper-elips Space</i> dengan menerapkan metode <i>sampling hypercube Latin</i> dengan hasil strategi <i>Demand Response</i> aktif yang mampu memperbaiki keamanan sistem tenaga saat terjadi gangguan jalur di bawah uktuasi tenaga angin dan mampu membantu operator mengelola keamanan <i>grid</i> yang lebih efektif.
<i>Evaluating Demand Response Impacts on Capacity Credit of Renewable Distributed Generation in Smart Distribution Systems.</i>	Jiahuan Feng, dkk	2017	Penelitian menggunakan metode <i>Sequential (SMCS)</i> untuk menghasilkan hitungan matematika kapasitas kredit <i>DG</i> terbarukan dalam sistem tenaga sesuai evaluasi dampak <i>Demand Response</i> .
<i>Residential Demand Response for Renewable Energy Resources in Smart Grid Systems.</i>	Laihyuk Park, Yongwoon Jang, dkk	2017	Penelitian menggunakan pendekatan optimasi cembung untuk menjamin solusi optimal dalam kebijakan harga <i>real time</i> , dan solusi optimal untuk meminimalkan tagihan listrik dan konsumen puncak, serta memaksimalkan kenyamanan pengguna.
<i>A Survey on Demand Response in Smart Grids : Mathematical Model and Approaches.</i>	Ruilong Deng, Zaiyue Yang, dkk.	2017	Penelitian menggunakan pendekatan matematika yang menghasilkan <i>demand response</i> untuk maksimalisasi utilitas, minimisasi biaya, prediksi harga, energi terbarukan, dan penyimpanan energi yang diorientasikan

Judul	Penelitian	Tahun	Deskripsi
			terhadap masalah.
<i>Demand Response Impacts On Off-Grid Hybrid Photovoltaic-Diesel Generator Microgrids.</i>	Aaron St. Leger	2015	Penelitian menggunakan metode simulasi dua diesel hibrida yang berbeda topologi <i>microgrid</i> generator <i>PV</i> , satu dengan generator diesel tunggal dan satu dengan banyak generator diesel paralel. Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat <i>demand response</i> yang modern dapat berdampak positif signifikan terhadap operasi hybrid <i>microgrids</i> melalui pengurangan biaya energi, konsumsi bahan bakar dan peningkatan pemanfaatan sumber <i>PV</i> .

Pada penelitian sebelumnya, Haiteng Han melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal yang berjudul *Security-Based Active Demand Response Strategy Considering Uncertainties in Power System* di tahun 2017. Di jurnal tersebut, Haiteng Han dkk melakukan penelitian mengenai strategi *Demand Response* aktif untuk diusulkan dalam mempertimbangkan tingkat keamanan komposit sistem tenaga. Pertama, indeks keamanan komposit dibuat berdasarkan teori *Hyper-box* dan *Hyper-elips Space*, dengan kombinasi metode *Hypercube Latin*. Kedua, model optimasi *Demand Response* aktif dibuat dengan pertimbangan indeks keamanan komposit. Penelitian ini menghasilkan strategi *Demand Response* aktif yang mampu mengkondisikan keamanan sistem tenaga saat terjadi gangguan jalur di bawah uktuasi tenaga angin dan mampu membantu operator mengelola keamanan *grid* yang lebih efektif[7].

Sedangkan penelitian yang dilakukan Jiahuan Feng melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal yang berjudul *Evaluating Demand Response Impact on Capacity Credit of Renewable Distributed Generation in Smart Distribution System* di tahun 2017. Di jurnal tersebut, Jiahuan Feng melakukan penelitian mengenai analisis sistematis terhadap kapasitas kredit RDG pada sistem

distribusi untuk masa depan menggunakan model *demand response*. Dalam penelitian tersebut, Jiahuan Feng menggunakan metode *Sequential Monte Carlo Simulation (SMCS)* untuk mendapatkan hitung-hitungan kredit kapasitasnya[8].

Penelitian Laihyuk Park, Yongwoon Jang, dkk melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal yang berjudul *Residential Demand Response for Renewable Energy Resources in Smart Grid System* di tahun 2017. Di jurnal tersebut, Laihyuk Park, Yongwoon Jang, dkk melakukan penelitian mengenai optimasi *demand response* di sistem *smart grid* perumahan untuk sumber energy terbarukan. Dalam penelitian tersebut menggunakan pendekatan optimasi cembung untuk menjamin solusi optimal dalam kebijakan harga real time, dan solusi optimal untuk meminimalkan tagihan listrik dan konsumsi puncak, serta memaksimalkan kenyamanan pengguna[9].

Pada penelitian Ruilong Deng, Zaiyue Yang, dkk melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal yang berjudul *A survey on Demand Response in Smart Grids: Mathematical Models and Approaches* di tahun 2015. Di jurnal tersebut, Ruilong Deng, Zaiyue Yang, dkk melakukan penelitian mengenai survei *Demand Response* pada *Smart Grid* ini secara komprehensif mengeksplorasi empat aspek utama, yaitu program, masalah, pendekatan, dan ekstensi masa depan. dalam penelitian tersebut menggunakan pendekatan Matematika yang menghasilkan *demand response* untuk maksimalisasi utilitas, minimisasi biaya, prediksi harga, energi terbarukan, dan penyimpanan energi yang diorientasikan terhadap masalah[10].

Kemudian, Aaron St. Leger melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal yang berjudul *Demand Response Impacts On Off-Grid Hybrid Photovoltaic-Diesel Generator Microgrids* di tahun 2015. Di penelitian tersebut, menganalisis dampak *demand response* pada *microgrid* hibrida *off-grid*, yang di dalamnya diesel dan fotovoltaik, seperti yang diterapkan pada lingkungan perumahan kecil. Dalam penelitian tersebut, Aaron St. Leger menggunakan metode simulasi dua diesel hibrida yang berbeda topologi *microgrid* generator-PV, satu dengan generator diesel tunggal dan satu dengan banyak generator diesel paralel, untuk lingkungan perumahan kecil dengan berbagai tingkat permintaan

tanggapan. Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat *demand response* yang modern dapat berdampak positif signifikan terhadap operasi hibrida *microgrid* melalui pengurangan biaya energi, konsumsi bahan bakar, dan peningkatan pemanfaatan sumber *PV*[11].

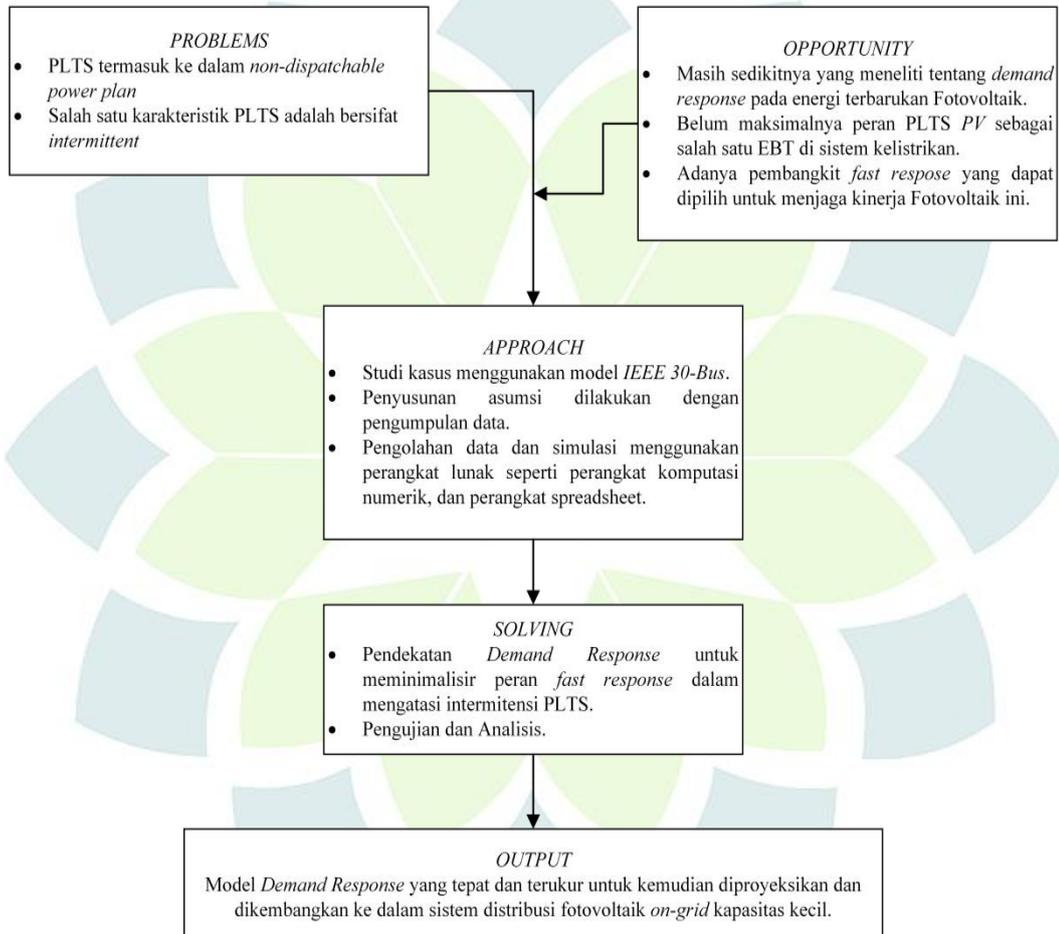
Berdasarkan Tabel 1.1 dan analisis *state of the art*, maka penelitian tugas akhir ini berada di ranah penelitian pemodelan *demand response* dalam sistem kelistrikan energi terbarukan. Dari semua referensi yang dianalisis di atas yang paling mendekati ke tugas akhir pemodelan *demand response* adalah penelitian dari Haiteng Han dkk, pada studi kasus *Security-Based Active Demand Response Strategy Considering Uncertainties in Power System*. Perbedaannya adalah Haiteng Han dkk menganalisis pemodelan *demand response* untuk mengkondisikan keamanan sistem tenaga saat terjadi gangguan jalur di bawah uktuasi pembangkit tenaga angin. Sementara penelitian yang akan dilakukan ini menganalisis pemodelan *demand response* untuk meminimalisasi peran pembangkit *fast response* dalam mengatasi intermitensi PLTS *PV on-grid*. Dengan demikian, penelitian tugas akhir ini dilihat dari metodologi dan pemodelan tidak memiliki kebaruan (*novelty*), tetapi kebaruan yang dimiliki adalah dalam studi kasus yang menggunakan PLTS *PV on-grid*.



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN GUNUNG DJATI  
BANDUNG

## 1.7 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir dari penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 1.1 Kerangka Berfikir

## 1.8 Sistematika Penulisan

Metodologi penulisan disusun dengan sistematis sebagai berikut.

### BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, kerangka pemikiran, *state of the art*, dan sistematika penulisan yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini.

### BAB II Dasar Teori

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka yang keterkaitan dengan kegiatan penelitian ini berupa karakteristik pembangkit tenaga surya dan dampak intermitensi pada sistem kelistrikan serta pemodelan menggunakan pendekatan *Demand Response*, dan studi kasus penelitian.

### BAB III Metodologi dan Perencanaan Penelitian

Pada bab ini berisikan metodologi atau langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian yang dimulai dari studi literatur, pengumpulan data, pemodelan, memproyeksikan model, dan membuat simulasi serta penjelasan perencanaan penelitian.

### BAB IV Pemodelan dan Simulasi *Demand Response*

Pada bab ini berisikan kasus IEEE 30 Bus System Test, asumsi *load curve IEEE 30-Bus*, daya keluaran PLTS Fotovoltaik dan proyeksi *load curve* dengan keluaran daya PLTS Fotovoltaik.

### BAB V Hasil dan Analisis Model Proyeksi *Demand Respons*

Bab ini berisikan tentang model matematika untuk prediksi *demand response* dan *demand resonse* secara teknis.

### BAB VI Penutup

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN GUNUNG DJATI  
BANDUNG