BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Wilayah Indonesia yang berada di garis khatulistiwa mendapatkan energi matahari yang sangat cukup, hal ini tentunya memiliki potensi yang besar. Energi matahari juga merupakan energi terbarukan yang tidak akan habis. Potensi ini menjadi skala prioritas setelah sektor energi mikrohidro dan geothermal.

Pembangunan ekonomi di Indonesia menyebabkan peningkatan pesat dalam permintaan listrik seperti yang ditunjukkan dengan dua kali lipat dari kapasitas yang terpasang dari tahun 2001. Ini adalah tren yang diperkirakan akan terus berlanjut sampai tahun-tahun mendatang. Ekspansi kapasitas sebagian besar telah dipenuhi melalui pembangunan batubara dan pembangkit listrik berbahan bakar gas yang dioperasikan oleh Perusahaan Listrik Negara, yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN). Namun, sumber energi konvensional saat ini masih belum dapat memenuhi puncak permintaan beban, yang mengarah ke pemadaman di beberapa bagian daerah [1].

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia tentang Rencana Umum Energi Nasional No. 22 tahun 2017 menyatakan bahwa potensi EBT seperti panas bumi, air, bioenergi, sinar matahari, dan angin/bayu sangat melimpah di indonesia masih sangat rendah, pada tahun 2015 saja bauran energi naional produksi di sektor kelistrikan hanya sebesar 10,5%. Potensi tersebut menjadi dasar rencana pengembangan EBT paling sedikit 23% dari total bauran energi primer di tahun 2025 dan paling sedikit 31% dari total bauran energi pada tahun 2050 [2]. Solar PV Farm di Indonesia lebih dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan aplikasi skala besar dari *solar photovoltaic* (PV) untuk menghasilkan listrik yang bersih dan ramah lingkungan, pembangkit ini mengkonversikan energi foton dari sinar matahari ke listrik.

PLTS memiliki sifat intermiten dan non-dispatchable yang berarti tidak selalu ada ketika dibutuhkan dan tidak dapat diatur. Kondisi tersebut menyebabkan PLTS tidak dapat beroperasi secara terus menerus yang mengakibatkan akibatnya adanya penurunan aliran daya dari PLTS. Maka beban yang tidak terlayani harus dipasok oleh pembangkit yang dikategorikan sebagai *fast respond power plant* yaitu PLTA, PLTD, dan PLTD.

Selain bersifat intermiten, daya yang dikelurkan oleh solar PV Farm juga dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, musim, awan, dan cuaca. Hal tersebut menyebabkan gangguan yang sangat mempengaruhi stabilitas dari sistem kelistrikan pada industri. Perubahan beban yang bervariatif berdampak pada kestabilan sistem. Jika daya pada pembangkit tidak dengan segera menyesuaikan dengan besarnya beban listrik, maka frekuensi dan tegangan akan bergeser dari posisi normal. Perubahan yang signifikan dapat menyebabkan sistem keluar dari batas stabil. Maka dari itu diperlukan analisis kestabilan agar pembangkit yang terganggu tidak lepas dari sistem.

Sistem peralihan dari satu pembangkit ke pembangkit lain menimbulkan biaya produksi yang berbeda. Ketika PLTS beroperasi, skema operasi pembangkitan yang ada akan berubah, hal tersebut disebabkan oleh biaya produksi PLTS yang lebih rendah dibanding pembangkit lain. Biaya bahan bakar yang merupakan komponen utama pada PLTS adalah nol. Ketika PLTS masuk kedalam suatu sistem maka akan ada nilai yang bergeser sehingga diperlukan analisis ekomi pembangkitan.

Seiring dengan terbenamnya matahari, kebutuhan pemakaian listrik yang disebut beban akan semakin memuncak. Ketidaksesuaian dalam produksi dan konsumsi melakukan pembalikan mendadak saat matahari terbenam, secara efektif mematikan pasokan listrik sementara permintaan listrik masih tinggi. Jika divisualisasikan maka akan membentuk *duck curve*.

Karena kondisi-kondisi diatas maka diperlukan batasan kapasitas suatu sistem menerima aliran daya PLTS, kapasitas maksimum dapat diartikan sebagai jumlah maksimum output yang dapat diproduksi atau dihasilkan dalam satuan waktu tertentu. Kapasitas tersebut ditentukan berdasarkan kapasitas solar PV yang terhubung ke sistem. Untuk mendapatkan nilai maksimum dari kombinasi ketiga metode tersebut maka perlu diilakukan optimasi kapasitas maksimum Solar PV Farm yang dapat masuk ke sistem dengan mengkombinasikan metode *frequency stability*, keekonomian sistem, dan *duck curve*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan kapasitas maksimum Solar PV *Farm* yang dapat

masuk ke sistem dengan metode *frequency stability*, , keekonomian sistem, dan duck curve studi kasus area 2 Jawa Barat?

2. Bagaimana optimasi kapasitas maksimum Solar PV *Farm* dengan mengkombinasikan *frequency stability*, keekonomian sistem, dan analisis *duck curve*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan optimasi kapasitas maksimum Solar PV *Farm* dengan mengkombinasikan tiga metode yaitu *frequency stability*, keekonomian sistem, dan *duck curve*.
2. Mengoptimalkan kapasitas maksimun dari Solar PV Farm yang masuk ke sistem PLTS Subsistem Area 2 Jawa Barat.

1.4 Manfaat

Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat memperoleh manfaat dalam bidang akademis maupun praktis. Manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Akademis

Manfaat akademis yang didapatkan adalah menambah pengetahuan dibidang teknik tenaga listrik khususnya dalam penentuan kapasitas maksimum solar PV farm yang dapat masuk kedalam suatu sistem dan mengoptimalkannya.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Hasil penelitian optimasi kapsitas maksimum Solar PV Farm yang dapat masuk ke sistem studi kasus subsistem area 2 Jawa Barat diharapkan dapat menjadi masukan bagi pengelola Sistem Jawa Bali.
2. Penelitian ini juga diharapakan dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi pemerintah sebagai regulator dan PLN sebagai penyedia listrik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

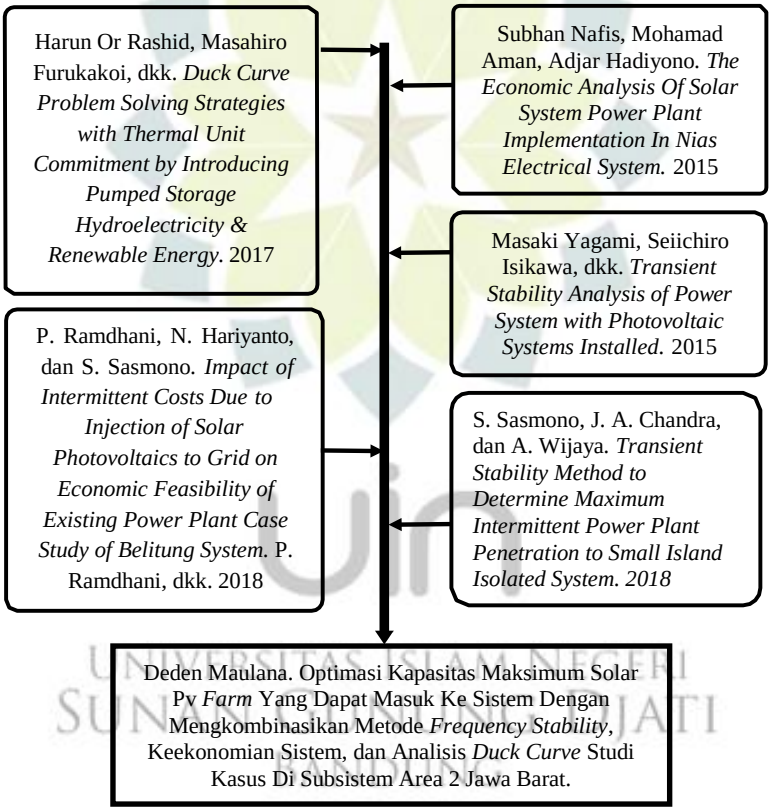
1. Studi kasus dalam penelitian ini adalah Subsistem Area 2 Jawa Barat.
2. Pemodelan Subsistem Area 2 Jawa Barat dari sistem Jawa-Bali menggunakan perangkat lunak *Digsilent Power Factory*.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

3. Metode yang digunakan pada penentuan kapasitas maksimum Solar PV *Farm* ini adalah mengkombinasikan *frequency stability*, keekonomian sistem, *duck curve*.
4. Penelitian ini hanya menentukan kapasitas maksimum tanpa adanya pembagian kapasitas PV setiap tahunnya.

1.6 State of The Art

Penelitian ini menggunakan tiga pendekatan yaitu *frequency stability*, keekonomian sistem, dan *duck curve*. Dari penelusuran literatur penelitian di bidang teknik tenaga listrik. Bagan posisi dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 *State of The Art*

Penelitian yang dilakukan oleh Masaki Yagami dkk., penelitian ini berfokus pada dampak dari *photovoltaics* (PV) berskala besar pada stabilitas sistem tenaga transien, kapasitas generator sinkron konvensional perlu dikurangi secara relatif. Hal ini menyebabkan inersia sistem yang lebih rendah dan reaktansi generator yang lebih tinggi, dan karenanya, stabilitas transien sistem daya dapat terpengaruh

secara negatif [3]. Penelitian yang dilakukan oleh S. Sasmono dkk., juga berfokus pada integrasi pembangkin listrik yang bersifat intermiten yang dapat menyebabkan ketidakpastian dalam operasi sistem. Sehingga digunakan metodologi *frequency stability* untuk memaksimalkan kapasitas maksimum yang dapat di penetrasi dari pembangkit intermittent [4]. Perhitungannya mencakup efek sementara gerakan awan menuju PV farm [5].

P. Ramdhani, dkk., melakukan penelitian analisis biaya PV sistem on grid yang terintegrasi dalam energi baru terbarukan. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penurunan kelayakan ekonomi dari pembangkit listrik yang ada dapat dikompensasikan dengan penurunan biaya produksi sistem kelistrikan [5]. Subhan Nafis dkk., juga melakukan penelitian di tahun 2015 tentang bagaimana cara menurunkan Biaya Pokok Pembangkitan (BPP). Dengan memanfaatkan PLTS sebagai pembangkit cadangan dari PLTD [6]. Hasil dari penelitian ini bahwa biaya konsumsi bahan bakar yang dapat dihemat sebesar Rp. 1,26 milyar per tahun.

Penelitian yang dilakukan oleh Harun Or Rashid dkk., pada tahun 2017, berfokus pada dampak dari adanya solar PV Farm yang menyebabkan beban puncak ketika solar PV Farm tidak menginjeksi pembangkit. Ketika dikurva kan beban ini membentuk kurva yang menyerupai bebek [7]. Terjadi kesenjangan yang jauh ketika solar PV Farm tidak digunakan, hal ini menjadi tantangan untuk memotong beban puncak dan meningkatkan beban off-peak yang berarti meratakan beban dengan cara mengoptimalkan pembangkit thermal.

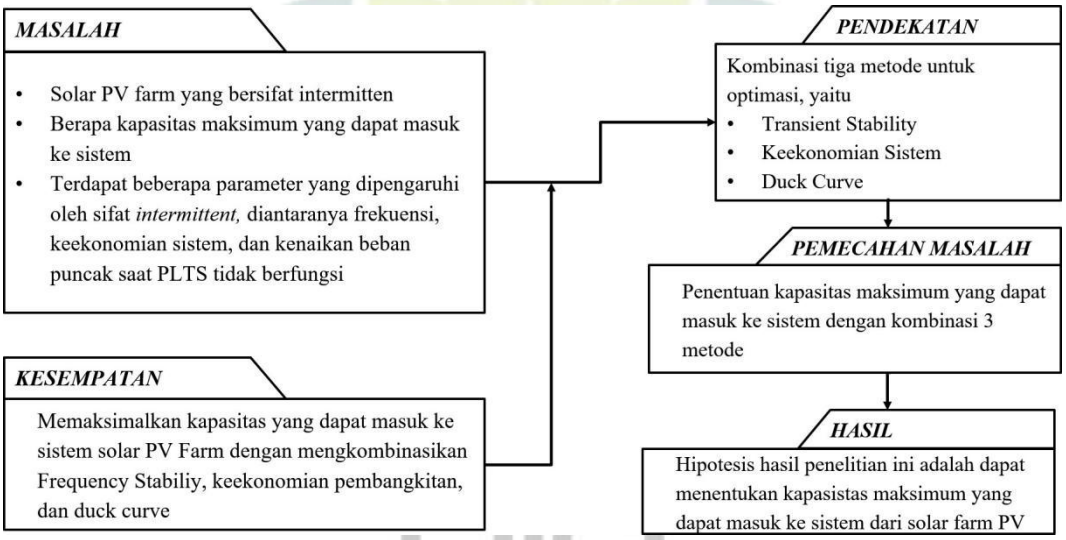
Berdasarkan *state of the art* yang telah dipaparkan, penelitian tugas akhir ini memiliki kedekatan dengan penelitian yang dilakukan oleh S. Sasmono [4] [5] yaitu memaksimalkan kapasitas maksimum solar PV Farm yang dapat dipenetrasi dari pembangkit intermittent dan analisis biaya solar PV Farm dengan sistem *on grid*. Sedangkan pada penelitian ini menekankan pada kapasitas maksimum dari solar PV Farm yang diperoleh dari tiga metode yang dikombinasikan untuk mendapatkan kapasitas maksimum yang dapat digunakan secara optimal. Ketiga metode tersebut yaitu: *frequency stability*, keekonomian sistem, dan analisa *duck curve*. Penelitian ini juga dilakukan studi kasus di Subsistem Area 2 Jawa Barat.

1.7 Kerangka Berfikir

Dalam penelitian ini ditemukan permasalahan bahwa PLTS yang bersifat intermittent atau tidak selalu ada saat dibutuhkan. Hal tersebut menyebabkan

gangguan yang dapat menyebabkan perubahan beban yang bervariatif berdampak pada kestabilan sistem. Perubahan yang signifikan dapat menyebabkan sistem keluar dari batas stabil.

Maka dari itu diperlukan analisis kestabilan agar pembangkit yang terganggu tidak lepas dari sistem. Ketika terjadi penurunan daya maka beban yang ada perlu di pasok oleh pembangkit lain. Kondisi tersebut menjadikan bertambahnya biaya produksi. Ketidaksesuaian dalam produksi dan konsumsi melakukan pembalikan mendadak saat matahari terbenam, secara efektif mematikan pasokan listrik kita sementara permintaan listrik kita masih tinggi dan meningkat. Jika divisualisasikan maka akan membentuk *duck curve*.



Gambar 1.2 Kerangka Pemikiran Penelitian

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Secara umum, kerangka pemikiran penelitian ini dapat dihat pada Gambar 1.2 yang menggambarkan penelitian yang akan dilakukan yaitu optimasi penentuan kapasitas maksimum Solar PV *Farm* dengan mengkombinasikan tiga pendekatan yaitu *frequency stability*, keekonomian sistem, dan *duck curve*.

1.8 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan dengan jumlah tiga bab. Berikut penjabaran isi setiap bab:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang pengambilan judul penelitian, rumusan

masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian secara praktis dan akademis, batasan masalah, *state of the art*, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi teori-teori relevan yang menunjang penelitian ini berupa Penjelasan PLTS, *frequency stability*, keekonomian sistem, dan *duck curve*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi diagram alur atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Dilengkapi dengan penjelasan disetiap langkah yang dilakukan.

BAB IV PENENTUAN KAPASITAS MAKSIMUM DENGAN METODE DUCK CURVE, KEEKONOMIAN SISTEM, DAN FREQUENCY STABILITY

Bab ini memaparkan penentuan dari kapasitas maksimum yang dapat mesuk ke dalam sistem dengan metode *Duck Curve* dengan asumsi yang digunakan yaitu pengasumsian solar PV Farm yang telah diinjeksi ditahun sebelumnya, pengumpulan dan pengolahan data beban, menghitung nilai ramp up pembangkit eksisting dan data irradiasi matahari. Serta memparkan hasil dari *test case* dan *consider* untuk penetuan kapasitas maksimum.

Dalam menentukan kapsitas maksimum menggunakan keekonomian sistem dilakukan simulasi perhitungan BPP sebelum dan setelah PV farm beroperasi, simulasi perubahan *dispatch* pembangkit eksisting, mengetahui *Capacity factor*, dan simulasi perubahan keekonomian pembangkit eksisting.

Penentuan kapasistas maksimum dengan menggunaka *frequency stability* dilakukan dengan pengumpulan data berupa data beban, data pembangkit, serta simulasi *single line diagram* dengan memasukan parameter dari data yang sudah dikumpulkan, kemudian divalidasi, dan uji *frequency stability*.

BAB V OPTIMASI KAPASITAS MAKSIMUM

Pada bab ini dilakukan optimasi dengan kombinasi tiga metode sebelumnya untuk mendapatkan hasil kapasitas maksimum solar PV farm yang dapat masuk ke subsistem Jawa Barat.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, berisi tentang kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian Tugas Akhir ini dan saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG