

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga surya (*Photovoltaic Farm*) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. *Photovoltaic* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. *Photovoltaic* merupakan salah satu *distributed generation* (DG) yang bersumberkan energi terbarukan dengan memanfaatkan teknologi dalam mengubah sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik, sekumpulan panel surya berskala besar yang dirancang untuk memasok tegangan kedalam jaringan listrik merupakan *Photovoltaic Farm*.

PLTS memiliki tiga tipe berdasarkan sistemnya. Tipe pertama yaitu PLTS Solar *Thermal*, pembangkit listrik ini memanfaatkan energi panas matahari untuk menggerakkan *heat engine*, yaitu suatu sistem yang mengubah energi panas menjadi energi gerak (kerja), energi gerak yang digunakan untuk memutar generator sehingga menghasilkan listrik. Jenis PLTS yang kedua yaitu *On Grid*, jenis PLTS ini tidak menggunakan *energy power* (penyimpanan arus listrik) yang dihasilkan oleh modul surya, namun jenis *on grid* hanya bisa berfungsi bila telah ada jaringan listrik seperti PLN. Terakhir adalah PLTS *Off Grid* (terpusat), PLTS ini merupakan sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi listrik yang bisa disebut juga sistem independen. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan langsung ke beban untuk kebutuhan listrik yang ada dan selebihnya akan disimpan ke dalam baterai untuk dijadikan sebagai cadangan *energy*. Sistem ini sangat cocok untuk daerah terpencil dan pedesaan atau bisa disebut sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) komunal yang sulit mendapatkan suplai bahan bakar minyak (BBM) ataupun ketiadaan jaringan listrik PLN [1].

Photovoltaic bersifat *intermittent* artinya tidak selalu ada ketika diperlukan. Dimana keluaran bergantung pada kondisi musim, kelembaban, suhu, pergerakan

awan dan kondisi cuaca lainnya. Kondisi ini dapat memungkinkan terjadinya gangguan pada keluaran arus listrik, seperti fluktuasi frekuensi pada sistem, baik pada saat transmisi dan pendistribusian, Berdasarkan aturan operasi (*Connection Code*) batas standar gangguan fluktuasi frekuensi dalam sistem yang aman dan andal dinyatakan frekuensi dalam batas kisaran operasi normal adalah $50 \pm 0,2$ Hz, kecuali penyimpangan dalam waktu singkat atau saat pelapasan beban (*load shedding*) diperkenankan pada kisaran ($50 \pm 0,5$ Hz). Sedangkan selama kondisi gangguan, frekuensi boleh berada pada batas 47,5 Hz dan 52,0 Hz. Sistem dengan tegangan 150 kV harus di pertahankan dalam batasan yang diizinkan yaitu 135 kV sampai 157,5 kV pada keadaan normal. Saat kondisi *load shedding* maka sistem secara otomatis akan memutus beban. Apabila frekuensi belum berada pada batas normal maka pembangkit primer akan segera dioperasikan untuk memenuhi kebutuhan beban sehingga frekuensi kembali pada batas normal [2].

Dalam penelitian ini, gangguan pada sistem yang disebabkan oleh karakteristik *intermittency* seperti kelembaban, suhu, pergerakan perubahan awan dan kondisi cuaca lainnya menyebabkan perubahan pasokan daya ke dalam sistem. Hal ini yang menyebabkan ketidakstabilan nilai frekuensi pada sistem yang seharusnya bernilai konstan disekitar 50 Hz [2]. Berdasarkan kondisi tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apa saja dan seberapa besar fluktuasi frekuensi yang disebabkan oleh karakteristik *intermittency* terhadap sistem kelistrikan yang dapat dianalisis oleh perangkat lunak analisis sistem tenaga listrik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apa saja pengaruh yang diakibatkan oleh karakteristik *intermittency* pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *photovoltaic Farm* pada sistem kelistrikan ?
2. Seberapa besar pengaruh yang di akibatkan oleh karakteristik *intermittency* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Photovoltaic Farm* pada sistem kelistrikan ?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dampak pengaruh gangguan pada sistem kelistrikan akibat karakteristik *intermittency* pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS), sesuai dengan aturan jaringan sistem tenaga listrik Jawa-Madura-Bali.
2. Mensimulasikan dan menganalisis dampak yang disebabkan oleh karakteristik *intermittency* pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada sistem kelistrikan.

1.4. Manfaat

Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan memperoleh manfaat dari sisi praktis dan akademis. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1.4.1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik terkait analisis pengaruh *intermittency photovoltaic farm* pada sistem kelistrikan.

1.4.2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi PT. PLN (persero) dan Pemerintah untuk memperbaiki regulasi aturan jaringan sistem tenaga listrik di Indonesia.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis dan pengolahan data sekunder disimulasikan menggunakan perangkat lunak analisis sistem tenaga listrik.
2. Studi kasus menggunakan Model IEEE 7 Bus.
3. Pengaruh karakteristik *intermittency* karena keadaan lingkungan hanya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Photovoltaic Farm*.

1.6. State Of the Art

State of the art adalah pernyataan yang menunjukkan bahwa penyelesaian masalah yang diajukan merupakan hal yang berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain. Dalam bagian ini akan diuraikan secara singkat penelitian sebelumnya yang dapat memperkuat alasan mengapa penelitian ini akan dilakukan. Adapun daftar Referensi penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Daftar Referensi

JUDUL	PENELITI	TAHUN	DESKRIPSI
<i>Impact of PV and Wind Penetration into a Distribution Network Using Etap</i>	Rashed R. Waqfi dan Mutasim Nour	2017	Penelitian yang dilakukan berfokus pada dampak gangguan dari <i>Photovoltaic Farm</i> dan <i>Wind Farm</i> terhadap jaringan distribusi. Hasil dari penelitian ini yaitu menghasilkan dua kalkulasi data berupa <i>fault current calculation</i> dan <i>Transiens Stability calculation</i> menggunakan perangkat lunak ETAP, kalkulasi data masing-masing dilakukan pada tiga studi kasus model IEEE, yaitu <i>Bus-24</i> , <i>Bus-30</i> dan <i>Bus-19</i> .
<i>Impact of increased penetration of large-scale wind farms on power system dynamic stability - A review</i>	Mohammad Moradzadeh, Hossein Shayeghi, Lieven Vandevelde dan Mehrdad Saif	2015	Penelitian yang dilakukan berfokus pada dampak yang disebabkan <i>intermittency</i> terhadap tipe-tipe generator yang berbeda kedalam kestabilan sistem kelistrikan. Pada penelitian ini para peneliti melakukan analisis perbandingan terhadap tiga tipe teknologi generator turbin angin yaitu : 1. <i>Squirrel-Cage Induction Generator (SCIG)</i> 2. <i>Doubly-Fed Induction Generator (DFIG)</i> 3. <i>Direct-Drive Synchronous Generator (DDSG)</i> . Hasil dari penelitian ini menunjukkan proses transmisi teknologi turbin jenis <i>Doubly-Fed Induction Generator (DFIG)</i> memberikan dampak yang lebih stabil daripada turbin generator jenis <i>Squirrel-Cage Induction Generator (SCIG)</i> .
<i>Impact of large scale wind integration on</i>	S. Jaehnert, dan G. Doorman	2011	Penelitian yang dilakukan berfokus pada besarnya dampak <i>intermittency</i> pada area Eropa timur yang terhubung satu sama lain.

JUDUL	PENELITI	TAHUN	DESKRIPSI
<i>power system balancing</i>			Peneliti melakukan tiga simulasi <i>Wind Power Production (WPP)</i> dari tiga data pada tahun yang berbeda yaitu 2010, 2015 dan 2020. Hasil dari penelitian ini berupa data regulasi penyimpanan daya, data <i>installed wind power generation capacity [MW]</i> , data <i>regulating power market outcome - no market integration</i> dan <i>regulating power market outcome – full market integration</i> yang ada di area pasar model Eropa timur.
<i>Impact of High PV Penetration on the Inter-area Oscillations in the U.S. Eastern Interconnection</i>	Shutang , Gefe Kou, Yong Liu, Member, Xuemeng Zhang, , Yi Cui, Micah J. Till, Wenxuan Yao dan Yilu Liu, Fellow,	2017	Penelitian berfokus pada besarnya dampak gangguan dari <i>Photovoltaic Farm</i> pada osilasi frekuensi dalam sistem kelistrikan yang terkoneksi antar daerah di Amerika Serikat bagian Timur. Penelitian ini menggunakan metode yang disebut “ <i>The Matrix Pencil Method</i> ” yang diterapkan pada frekuensi di masing-masing lokasi. Hasil dari penelitian ini berupa angka yang menunjukkan kenaikan gangguan <i>intermittency</i> PLTS <i>Photovoltaic Farm</i> dari 0,20 Hz sampai 0,28 Hz pada sistem kelistrikan

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1.1, penelitian paling mutakhir di ranah energi baru dan terbarukan adalah dampak pengaruh *intermittency* PLTS *PV Farm* pada sistem kelistrikan yang dilakukan oleh Rashed R. Waqfi dan Mutasim Nour yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *Impact of PV and Wind Penetration into a Distribution Network Using ETAP* pada tahun 2017. Pada penelitian tersebut, Rashed R. Waqfi, Mutasim Nour dkk. melakukan pengujian dan menganalisis tingginya dampak penetrasi yang diakibatkan *intermittency* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin terhadap keandalan *grid* dan tingkat kesalahan stabilitas frekuensi pada tiga model yaitu

Bus-24, Bus-30 dan Bus-19 dengan perangkat lunak ETAP. Hasil dari penelitian ini yaitu data kalkulasi kesalahan arus (*Fault current calculation*) dimana perhitungannya diujikan pada tiga tipe *Bus: Bus-24, Bus-30 dan Bus-19*, serta *Transient stability calculation* yaitu hasil analisis menyeluruh terhadap perubahan sistem saat terjadi gangguan dari *intermittency* secara mendadak [3].

Sedangkan, pada paper yang ditulis oleh Mohammad Moradzadeh, Hossein Shayeghi, Lieven Vandeveld dan Mehrdad Saif tahun 2105 berjudul *Impact of increased penetration of large-scale wind farms on power system dynamic stability - A review*, dalam paper tersebut para peneliti melakukan penelitian yang berfokus pada dampak yang disebabkan *intermittency* pada jenis teknologi generator yang berbeda kedalam kestabilan sistem kelistrikan. Pada penelian ini peneliti menggunakan tiga jenis teknologi turbin generator angin untuk dianalisis dampak dan tingkat kestabilannya pada sistem kelistrikan, tiga jenis turbin generator angin tersebut yaitu :

1. *Doubly Quirrel-Cage Induction Generator (SCIG)*
2. *Fed Induction Generator (DFIG)*
3. *Direct-Drive Synchronous Generator (DDSG)*

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa banyak faktor yang mempengaruhi kestabilan sistem tenaga angin. Pada proses transmisi, teknologi turbin jenis *Doubly-Fed Induction Generator (DFIG)* memberikan dampak yang lebih stabil dari pada turbin generator jenis *Squirrel-Cage Induction Generator (SCIG)*. Untuk menanggulangi besarnya gangguan pada *Renewable Energy Sources (RES)* dan *Synchronous Generator (SG)*, turbin generator harus dilengkapi dengan *Power System Stabilizer (PSS)* dan *Automatic Voltage Regulator (AVR)*[4].

Kemudian pada tahun 2011, peneliti bernama S. Jaehnert, G. Doorman, T. Aigner dan T. Gjengedal dalam paper berjudul *Impact of large scale wind integration on power system balancing* melakukan tiga simulasi *Wind Power Production (WPP)* dari tiga data pada tahun yang berbeda yaitu pada tahun 2010, 2015 dan 2020. Penelitian ini dilakukan di kawasan Eropa Utara meliputi Norwegia, Swedia, Finlandia, Denmark, Jerman dan negara lainnya. Hasil dari penelitian ini berupa tabel data *regulating power market outcome*, yaitu nilai

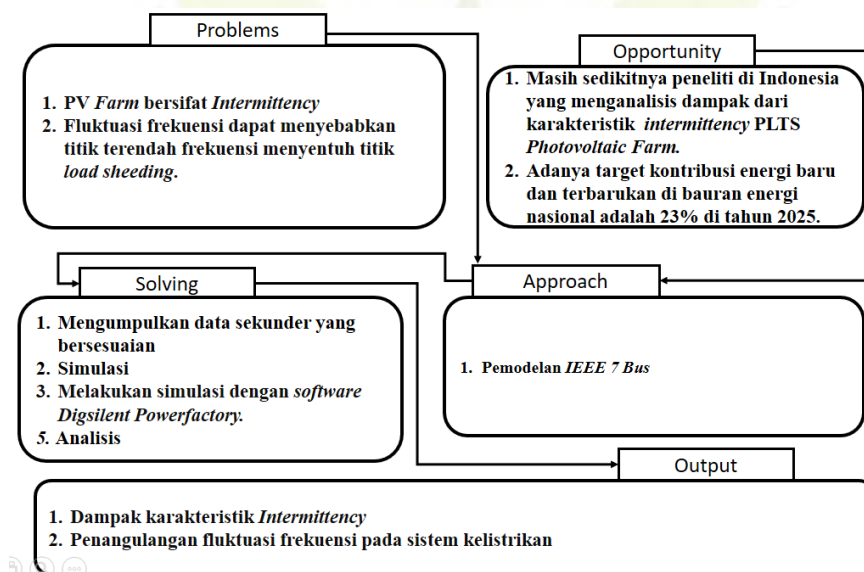
ketidak-stabilan pada sistem kelistrikan di tahun 2010, 2015 dan 2020 yang meningkat hampir tiga kali lipat dari tahun 2010 sampai 2020 [5].

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Shutang, Gefei Kou, Yong Liu, Xuemeng Zhang, Yi Cui, Micah J. Till Wenxuan Yao dan Yilu Liu dipublikasikan dalam jurnal yang berjudul *Impact of High PV Penetration on the Inter-area Oscillations in the U.S. Eastern Interconnection* pada tahun 2017. Dalam jurnal tersebut, Shutang, Gefei Kou, dkk. melakukan penelitian mengenai dampak dari besarnya gangguan *Photovoltaic Farm* yang saling terkoneksi di daerah timur Amerika Serikat. Untuk menganalisis frekuensi yang berada di masing – masing daerah, peneliti menggunakan metode “*The Matrix Pencil method*”, metode tersebut diujikan pada empat kasus yang berbeda. Hasil dari penelitian ini berupa data kenaikan nilai frekuensi dari 0,20 Hz sampai 0,28 Hz pada sistem kelistrikan [6].

Berdasarkan Tabel referensi 1.1, sudah banyak peneliti yang meneliti tentang dampak dan gangguan *intermittency* PLTS *Photovoltaic Farm* terhadap sistem kelistrikan. Penelitian tugas akhir ini berada dalam ranah yang sama yaitu pengaruh karakteristik *intermittency* pada sistem kelistrikan. Tugas akhir ini nantinya akan mendekati penelitian yang dilakukan oleh Rashed R. Waqfi dan Mutasim Nour yang berjudul *Impact of PV and Wind Penetration into a Distribution Network Using ETAP*. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui dampak yang disebabkan oleh gangguan PLTS dan PLTB kedalam sistem kelistrikan menggunakan *software* ETAP. Akan tetapi pada penelitian tugas akhir ini, gangguan akibat karakteristik *intermittency* hanya berfokus pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Photovoltaic Farm*, sehingga pada dasarnya penelitian ini tidak ada kebaruan (*novelty*). Namun perbedaan yang ditawarkan dalam penelitian ini ada pada *software* yang digunakan untuk pengolahan data, yaitu perangkat lunak analisis sistem tenaga listrik untuk menganalisis seberapa besar gangguan akibat karakteristik *intermittency* PLTS *Photovoltaic Farm* pada sistem kelistrikan.

1.7. Kerangka Berfikir

Dalam penelitian ini ditemukan permasalahan bahwa sifat dari karakteristik *intermittency* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Photovoltaic Farm* menyebabkan frekuensi yang tidak sesuai dengan aturan jaringan sistem tenaga listrik karena PLTS tidak dapat beroperasi terus menerus pada kapasitas terpasangnya. Jika terjadi penurunan aliran daya dari PLTS akibat kondisi musim, kelembaban, suhu, pergerakan awan dan kondisi cuaca maka beban yang tidak terlayani harus dipasok oleh pembangkit yang dikategorikan sebagai *fast respond power plant*. Kerangka berpikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

1.8. Sistematika Penulisan

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

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari pengambilan judul penelitian ini, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, posisi penelitian, kerangka berfikir serta sistematika penulisan yang akan dilakukan dalam tugas akhir.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi tinjauan pustaka yang sangat relevan dalam kegiatan penelitian ini yaitu tipe-tipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan *intermittency* pada *solar cell*.

Bab III Metodologi dan Perencanaan Penelitian

Pada bab ini berisi diagram alur atau langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian dimulai dari pengumpulan data sekunder, pemodelan, simulasi dan analisis. Kemudian rencana penelitian, kegiatan penelitian pengaruh *intermittency* PLTS *Photovoltaic Farm* pada sistem kelistrikan memerlukan waktu mulai dari studi literatur sampai tahap menganalisis. Adapun waktu yang dibutuhkan adalah lima bulan.

BAB IV Asumsi dan Analisis

Pada bab ini memaparkan asumsi yang digunakan seperti asumsi IEEE 7 bus, jenis pembangkit, bentuk gangguan *intermittency*, panjang kabel transmisi, trafo *step up*, trafo *step down* dan ilustrasi bus 7.

BAB V Analisa Pengaruh *Intermittency* Pada Sistem Kelistrikan

Pada bab ini memaparkan analisa gangguan kontingensi sebelum dan sesudah PLTS masuk dan pengaruh karakteristik *intermittency* Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS pada sistem kelistrikan

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan yang merupakan hasil dari penelitian. Dalam bab ini juga memaparkan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.