

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kelistrikan berbasis pulau kecil adalah suatu sistem kelistrikan yang relatif belum berkembang, dimana satu sama lainnya masih terisolasi. Sistem masih terdiri dari sub-sistem dan sub-sistem kecil yang masing-masing terpisah dan masih terdapat di daerah-daerah terpencil [1]. Umumnya di pulau-pulau kecil menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) sebagai salah satu cara untuk memberikan pasokan listrik di pulau tersebut. Selain itu ada pula sistem lain yang sejauh ini merupakan sistem yang efisien untuk memberikan pasokan listrik ke pulau-pulau kecil, yaitu mengandalkan kabel bawah laut [2].

Sistem kelistrikan pulau kecil berbeda dengan sistem kelistrikan pulau Jawa-Bali dan pulau Sumatera yang menggunakan sistem Interkoneksi. Interkoneksi adalah sebuah jaringan penghubung antar beberapa pusat pembangkit yang mensuplai pelanggan yang ada dalam sistem tersebut. Jadi listrik yang dihasilkan oleh semua pusat pembangkit disalurkan ke seluruh pusat beban di sistem interkoneksi tersebut [3]. Salah satu perbedaan sistem kelistrikan berbasis pulau kecil dengan sistem kelistrikan berbasis pulau besar seperti pulau Jawa-Bali dan Sumatera adalah dari sisi jaringan transmisinya. Sistem interkoneksi kelistrikan di Pulau Jawa-Bali dan Sumatera menggunakan saluran transmisi tegangan tinggi dan ekstra tinggi. Sedangkan pulau kecil umumnya menggunakan jaringan distribusi tegangan menengah.

Terdapat sejumlah persoalan sistem kelistrikan berbasis pulau kecil. Persoalan-persoalan tersebut diantaranya masalah pembangkit eksisting yang menggunakan PLTD. Bahan Bakar Minyak yang digunakan PLTD sejauh ini memunculkan persoalan di pulau-pulau kecil. Diantaranya harga minyak yang terus meningkat, pasokan pengiriman yang sering terhambat, dan emisi karbon yang dihasilkan cukup tinggi. Persoalan itu bukan hanya menghambat keberlanjutan pengoperasian PLTD, namun juga program nasional elektrifikasi di pulau-pulau kecil [4]. Berdasarkan data ESDM (Energi Sumber Daya dan Mineral) minyak

bumi yang ada di Indonesia hanya tersisa 12-15 tahun lagi [5]. Di sisi lain, sambungan kabel listrik bawah laut merupakan solusi yang paling efisien dalam mengatasi sistem kelistrikan di pulau kecil, akan tetapi hanya dapat diterapkan pada beberapa pulau yang dekat dengan sistem di pulau besar (daratan) seperti di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta.

Selain persoalan diatas, masih terdapat permasalahan yang harus diperhatikan dalam sistem kelistrikan di pulau kecil, yaitu mengenai keseimbangan pasokan dan beban puncak. Beban puncak di pulau-pulau kecil umumnya terjadi karena kebutuhan masyarakat di pulau tersebut. Pasokan listrik yang minim dan peningkatan pemakaian yang setiap tahunnya bertambah menjadikan beban puncak cenderung lebih tinggi dari pada pasokan listrik yang diberikan. Beban puncak di pulau-pulau kecil umumnya terjadi pada waktu malam hari, tepatnya dari jam 18:00-06:00, karena pasokan daya yang dihasilkan hanya mencukupi untuk penerangan pada malam hari. Penggunaan genset sebagai tambahan pasokan daya terpaksa dipilih oleh masyarakat penghuni pulau-pulau kecil di malam hari. Di samping itu masyarakat harus menyesuaikan dengan penggunaan bahan bakar yang semakin mahal dan mulai menipis, agar genset tetap dapat beroperasi.

Dengan melihat inti persoalan sistem kelistrikan di pulau-pulau kecil seperti yang sudah dipaparkan di atas, maka perencanaan pengembangan pembangkit di pulau-pulau kecil perlu didesain dengan teknik perencanaan yang tepat. Perencanaan pembangkitan adalah suatu proses kegiatan perencanaan yang rumit yang bertujuan untuk mencari dan memilih suatu rencana yang optimal diantara beberapa alternatif rencana yang tersedia [6]. Teknik perencanaan yang tepat harus memenuhi kriteria sistem pembangkit sebagai berikut.

1. Kecukupan (*Adequacy*)

Kriteria kecukupan adalah suatu kriteria yang menunjukkan daya mampu pembangkit ketika mensuplai listrik, yang mampu mengatasi kebutuhan beban konsumen.

2. Keandalan (*Reliability*)

Kriteria keandalan adalah kriteria pembangkit yang menunjukkan seberapa sering sistem mengalami gangguan dan seberapa cepat proses pemulihan jika terjadi gangguan.

3. Kualitas (*Quality*)

Kriteria Kualitas adalah suatu kriteria yang menunjukkan kestabilan tegangan di titik nominalnya, dan rendahnya gangguan kualitas daya seperti harmonisa.

Adapun dua kriteria tambahan untuk memperkuat perencanaan pengembangan pembangkit di pulau-pulau kecil itu, adalah :

4. *Least cost/Minimum cost*

Kriteria *least cost/minimum cost* adalah biaya pokok pembangkitan yang terdiri dari biaya investasi dan biaya pengoperasian serta pemeliharaan pembangkit harus menghasilkan nilai biaya yang rendah.

5. Pemanfaatan sumber daya alam sekitar

Pemanfaatan sumber daya alam sekitar adalah menggunakan atau mengambil manfaat dari sumber daya alam yang ada untuk digunakan sebagai energi primer pembangkitan listrik.

Pada penelitian tugas akhir ini dikembangkan suatu model perencanaan pengembangan pembangkit di pulau-pulau kecil yang memenuhi minimal 4 kriteria yaitu (1) kecukupan, (2) keandalan, (3) *least cost/minimum cost* dan (4) memanfaatkan sumber daya alam sekitar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan model perencanaan pembangkit di pulau-pulau kecil yang optimal berdasarkan 4 kriteria yaitu, kecukupan, keandalan, *least cost/minimum cost* dan memanfaatkan sumber daya alam sekitar.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengembangkan model perencanaan pengembangan pembangkit untuk pulau-pulau kecil di Indonesia.
2. Merekomendasikan model perencanaan pembangkit yang memenuhi 4 kriteria (kecukupan, keandalan, *minimum cost/least cost*, dan pemanfaatan sumber daya alam sekitar) sebagai pendukung pasokan listrik yang akan membantu aktifitas penduduk di pulau-pulau kecil.

1.4 Manfaat

Penelitian ini memiliki dua manfaat, yaitu di bidang akademis dan di bidang praktis. Adapun manfaat di bidang akademis yang didapatkan adalah:

1. Menambah khazanah keilmuan di bidang sistem tenaga listrik mengenai perencanaan pembangkit berbasis pulau kecil.
2. Memberikan gagasan yang konstruktif dalam rangka pengembangan keilmuan di bidang perencanaan pembangkitan.

Kemudian manfaat di bidang praktis yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan kepada PLN dalam memanfaatkan potensi sumber daya alam setempat untuk dijadikan solusi dalam pengembangan model perencanaan pembangkit di pulau-pulau kecil.
2. Model perencanaan pengembangan pembangkit berbasis pulau kecil yang dihasilkan diharapkan menjadi masukan alternatif teknik meningkatkan rasio elektrifikasi khususnya di pulau kecil di Indonesia.
3. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi kepada masyarakat/LSM (Lembaga Swadaya Masyarakat) dalam memahami potensi sumber daya alam untuk dijadikan solusi dalam pengembangan model perencanaan pembangkit di pulau-pulau kecil.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Perencanaan sistem kelistrikan dibatasi hanya pada perencanaan pembangkit.
2. Pemodelan perencanaan pembangkit yang dilakukan dibatasi hanya pada sistem kecil yang terisolasi dengan studi kasus di pulau-pulau kecil.
3. Opsi pembangkit dibatasi hanya pembangkit yang menggunakan sumber energi baru terbarukan.

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 *state of the art* penelitian lainnya yang di tunjukan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Referensi

Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Deskripsi
<i>Generation Expansion Planning Under Uncertainty: An Application of Stochastic Methods to the German Electricity System</i>	Mario Kendzioriski; Mona Setje-Eilers; Friedrich Kunz	2017	Pada penelitian ini digunakan metode stokastik (ketidakpastian). Metode ini digunakan untuk menganalisa ketidakpastian pembangkit yang memadai dalam bauran teknologi untuk sistem kelistrikan Jerman. Hasil dari penelitian ini adalah memberikan campuran kapasitas yang konsisten dan kuat untuk perencanaan

Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Deskripsi
			pembangkit, akan tetapi biaya total yang dikeluarkan sedikit lebih tinggi.
<i>Generation Expansion Planning Under Uncertainty Considering Power-to-Gas- Technology</i>	N. van Bracht dan A. Moser	2017	Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah perencanaan ekspansi stokastik 'ZEUS' yang mengoptimalkan keputusan investasi dengan ketidakpastian. Hasil dari perencanaan yaitu pergeseran sistem Pembangkit bahan bakar fosil hingga pembangkit energi terbarukan.
Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Hibrida di Pulau Panjang Menggunakan Software HOMER	Ade Irawan; Chairul Saleh; dan Ibnu Kahfi Bachtiar	2013	Pada penelitian ini membuat sebuah perencanaan pembangkit yang optimal yang terdiri atas PV dan generator diesel menggunakan metode hybrid. Hasil simulasi menunjukkan dengan kontribusi listrik dari PV 27% dapat menurunkan biaya operasional 86% dibanding sistem hanya menggunakan generator diesel.

Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Deskripsi
<i>Generation Planning for Standalone Power System</i>	Hong, Ying-Yi; Wang, Yu-Chung; Liang, Rou-Chen; Chang, Chin-Jen; Chang, Yung-Ruei; Hsieh, Chin-Lung	2010	Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah perencanaan perluasan generasi yang mempertimbangkan kriteria LOLE. Hasil nya harga rata-rata pembangkit, cuaca dari pulau-pulau lepas pantai / pegunungan tinggi di Taiwan bermanfaat untuk mempertimbangkan instalasi WTG dan HCPV.

Pada penelitian sebelumnya, Mario Kendziorski, Mona Setje-Eilers; Friedrich Kunz melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *Generation Expansion Planning Under Uncertainty: An Application of Stochastic Methods to the German Electricity System* pada tahun 2017. Di penelitian tersebut Mario Kendziorski et all melakukan penelitian mengenai perencanaan perluasan pembangkit dengan mempertimbangkan ketersediaan energi angin dan solar yang sifatnya *intermittent*. Dalam penelitian tersebut Mario Kendziorski et all menggunakan metode stokastik (ketidakpastian) untuk menganalisa ketidakpastian pembangkit yang memadai dalam bauran teknologi untuk sistem kelistrikan Jerman. Hasil penelitian ini adalah memberikan campuran kapasitas yang konsisten dan kuat untuk perencanaan pembangkit, akan tetapi biaya total yang dikeluarkan sedikit lebih tinggi [7].

Sedangkan, N. van Bracht dan A. Moser melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *Generation Expansion Planning Under Uncertainty Considering Power-to-Gas- Technology* di tahun 2017. Pada penelitian tersebut N. van Bracht et all melakukan penelitian mengenai perencanaan perluasan Pembangkit dengan transformasi paling sedikit dan memuaskan dalam segi keamanan pasokan, serta memberikan fleksibilitas yang cukup untuk menangani

peningkatan efek intermitten untuk sistem tenaga listrik Eropa. Dalam penelitian tersebut N. van Bracht et all menggunakan metode perencanaan ekspansi stokastik 'ZEUS' yang mengoptimalkan keputusan investasi dengan ketidakpastian yang menghasilkan perencanaan pembangkit bahan bakar fosil hingga pembangkit energi terbarukan [8].

Kemudian, Ade Irawan, Chairul Saleh, dan Ibnu Kahfi Bachtiar melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Hibrida di Pulau Panjang Menggunakan Software HOMER di tahun 2013. Pada penelitian tersebut Ade Irawan et all melakukan penelitian, yaitu membuat sebuah perencanaan pembangkit yang optimal yang terdiri atas PV dan generator diesel. Dalam penelitian tersebut Ade Irawan et all menggunakan metode hybrid yang hasil simulasinya menunjukkan bahwa dengan kontribusi listrik dari PV 27% dapat menurunkan biaya operasional 86% dibanding sistem yang hanya menggunakan generator diesel [9].

Kemudian, Hong Ying-Yi, Wang Yu-Chung, Liang Rou-Chen, Chang Chin-Jen, Chang Yung-Ruei, Hsieh Chin-Lung melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *Generation Planning for Standalone Power System* di tahun 2010. Pada penelitian tersebut Hong Ying-Yi et all melakukan penelitian mengenai penyelidikan perencanaan perluasan generasi untuk sistem tenaga mandiri kecil (misalnya, 150 kW) di Pulau Anggrek dan Gunung Jade di Taiwan, sehingga keandalannya dipertimbangkan dalam jangka waktu 5 tahun untuk mempelajari perluasan sistem pembangkit. Dalam penelitian tersebut Hong Ying-Yi menggunakan metode perencanaan perluasan generasi yang mempertimbangkan kriteria LOLE. Dalam sudut pandang total biaya pembangunan pembangkit energi terbarukan mungkin tidak menguntungkan untuk dipasang dalam sistem tenaga mandiri kecil. Namun, ketika mempertimbangkan harga rata-rata, cuaca dari pulau-pulau lepas pantai / pegunungan tinggi di Taiwan bermanfaat untuk mempertimbangkan instalasi WTG dan HCPV. Hasil penelitian ini dalam sudut pandang total biaya pembangunan, pembangkit listrik dengan energi terbarukan mungkin tidak menguntungkan untuk dipasang dalam sistem tenaga mandiri kecil. Namun, ketika mempertimbangkan harga rata-rata, cuaca dari pulau-

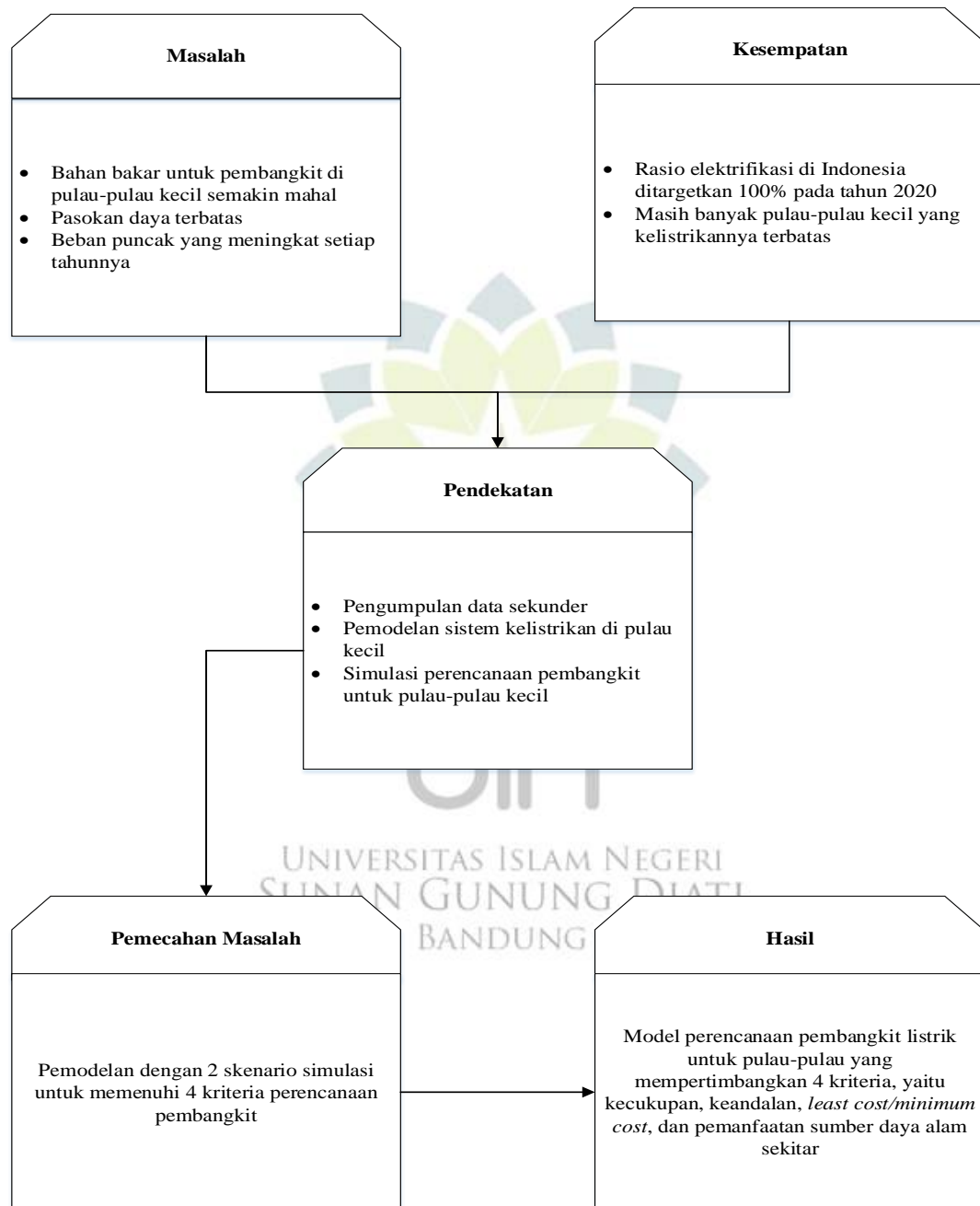
pulau lepas pantai/pegunungan tinggi di Taiwan bermanfaat untuk mempertimbangkan instalasi WTG dan HCPV [10].

Berdasarkan tabel referensi di atas, sudah banyak dilakukan penelitian mengenai perencanaan pembangkit listrik. Akan tetapi pada referensi yang di paparkan, hanya 2 penelitian yang membuat perencanaan pembangkit listrik untuk pulau-pulau kecil. Dengan demikian, pada penelitian tugas akhir ini yang berjudul *Perencanaan Pengembangan Pembangkit Berbasis Pulau Kecil* memiliki kesamaan dengan penelitian yang sudah dilakukan oleh Ade Irawan dkk pada tahun 2013 dan Hong Ying-Yi dkk pada tahun 2010, yaitu sama-sama melakukan perencanaan pembangkit listrik yang optimal untuk pulau-pulau kecil. Sedangkan perbedaan dalam penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk memodelkan perencanaan pembangkit yang akan diterapkan di pulau-pulau kecil. Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah mempertimbangkan 4 kriteria, yaitu kecukupan, keandalan, *least cost/minimum cost*, dan pemanfaatan sumber daya alam sekitar. Sedangkan di penelitian Ade Irawan et all menggunakan metode hybrid dalam perencanaan pengembangan pembangkit di pulau kecil dan untuk penelitian yang di lakukan Hong Ying-Yi et all menggunakan metode perencanaan perluasan generasi yang mempertimbangkan kriteria LOLE (*Loss Of Load Expectation*). Berdasarkan perbandingan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penelitian tugas akhir ini pada dasarnya mengulang penelitian-penelitian sebelumnya, akan tetapi perbedaan dan pembaruannya terletak pada pemodelan perencanaan yang dibuat. Dimana model perencanaan dibuat dengan mempertimbangkan 4 kriteria, yaitu kecukupan, keandalan, *least cost/minimum cost*, dan pemanfaatan sumber daya alam sekitar untuk menghasilkan model perencanaan pembangkit yang optimal.

1.7 Kerangka Pemikiran

Secara umum, kerangka pemikiran penelitian ini digambarkan dalam Gambar

1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Pemikiran

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, kerangka pemikiran, *state of the art*, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi mengenai perencanaan pengembangan pembangkit di pulau kecil, pengertian kriteria-kriteria pembangkit tenaga listrik, sistem kelistrikan terisolasi, karakteristik pembangkit, pembagian pembangkit, jenis-jenis pembangkit.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi diagram alur atau langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian dan jadwal penelitian.

BAB IV Asumsi dan Data Simulasi

Bab ini berisi kumpulan data, seperti data pembangkit-pembangkit yang ada di pulau-pulau kecil di Indonesia yang didapatkan dari pengumpulan data sekunder (Pemodelan), data sistem kelistrikan pulau kecil yang didapatkan dari RUPTL PLN, data konsumsi energi listrik yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS), dan data asumsi yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan regresi linier.

BAB V Simulasi dan Analisis Hasil Simulasi

Bab ini berisi simulasi dan analisa-analisa, seperti simulasi perencanaan RUPTL dan simulasi perencanaan berbasis *iconic island* analisa perencanaan pembangkit existing, analisa perencanaan pembangkit *committed* dan yang di alokasikan, analisa hasil simulasi.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

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