

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang sangat besar dan negara yang sering kali berpotensi terjadinya ancaman bencana baik itu bencana yang disebabkan oleh faktor alam, faktor non-alam maupun bencana yang dihasilkan oleh faktor manusia itu sendiri yang memunculkan adanya kerugian yang cukup besar. Masyarakatnya pun sudah biasa hidup berdampingan secara harmonis dengan bencana yang sering terjadi. Kondisi cuaca pun sering kali berubah dengan waktu yang begitu cepat. Beberapa tahun kebelakang, cuaca ekstrem dan bencana alam menjadi momok yang menakutkan bagi jaringan listrik. Akibatnya yaitu sering menyebabkan pemadaman listrik dalam waktu yang tidak ditentukan. Peningkatan jaringan listrik dan penguatan sistem menjadi hal yang sering dibicarakan agar jaringan listrik semakin terbarukan dan menjadikannya tangguh terhadap bencana maupun cuaca ekstem [1].

Tenaga listrik merupakan salah satu jenis energi yang sangat diperlukan dalam pembangunan. Dengan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan sekitar 7% - 10% per tahun sampai tahun 2025, konsumsi listrik Indonesia akan meningkat dengan cepat [2]. Manusia dimasa sekarang sangat memerlukan pada kesiapan tenaga listrik untuk mendukung kemudahan berbagai macam aktivitas kehidupan sehari-hari dan memajukan perkembangan area industri. sayangnya pertumbuhan penduduk, kemajuan ekonomi dan kemajuan bidang industri membuat naiknya kebutuhan tenaga listrik secara signifikan. Sistem penyaluran (transmisi) sebagai upaya dari sistem tenaga listrik memegang bagian penting untuk pengiriman tenaga listrik dari pusat-pusat pembangkit tenaga listrik ke gardu induk distribusi [3].

Sistem *resilience* listrik adalah kemampuan sistem listrik beroperasi dengan cepat memulihkan keadaan seperti semula sesudah terjadinya gangguan bencana alam serta kondisi untuk mengurangi hilangnya fungsi sistem selama bencana yang berskala besar [4]. Bencana bisa diklasifikasikan menjadi tiga pola, yaitu: sesuai dengan lokasi, pengaruh jangkauan, dan cara penyebaran. Yang

termasuk pola bencana sesuai dengan lokasi yaitu letusan gunung berapi, tanah longsor. Pola bencana pengaruh jangkauan adalah bencana dihasilkan di luar jaringan listrik lalu bencana bergerak dan melewati jaringan listrik memiliki kecepatan tertentu contohnya banjir, angin puting beliung dan tsunami. Pola bencana sesuai cara penyebaran didistribusikan secara merata di seluruh jaringan listrik contohnya badai salju, badai hujan dan lain-lain [4]. Sistem tenaga listrik mudah mengalami kehancuran karena memiliki sisi kelemahan seiring terjadinya bencana alam yang dahsyat dan yang tak diduga buatan tangan manusia. Seperti apa cara menanggung beban, menanggapi dengan segera mungkin, beradaptasi dengan bencana dalam waktu dekat dan bagaimana upaya menghasilkan energi listrik secepatnya merupakan sesuatu tantangan yang luar biasa untuk diteliti lebih dalam [5].

Dengan bertambahnya kebutuhan listrik untuk kehidupan sehari-hari dan objek vital seperti pusat transportasi, perdagangan, komunikasi, rumah sakit dan lain-lain. Ada kebutuhan yang harus segera dipenuhi untuk menguatkan ketahanan infrastruktur pengiriman listrik agar berkurangnya dampak yang dihasilkan oleh bencana alam dan perubahan iklim terhadap kualitas hidup, aktivitas perekonomian, dan juga keamanan nasional. Mendirikan sistem *Resilience* jaringan listrik suatu keharusan yang mendesak dalam beberapa tahun ini. Melindungi ketahanan jaringan listrik saat peristiwa bencana alam dan gangguan jaringan listrik lain sangat diperlukan, sehingga fasilitas vital seperti rumah sakit dan instansi pemerintahan bisa beroperasi selalu [6]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat *Resilience* sistem transmisi 150 kV dan menurunkan nilai *Expected Energy Not Served* & probabilitas gagal sistem dengan cara mengusulkan perbaikan yang belum dilakukan oleh PLN tetapi dengan mempertimbangkan nilai investasi serta benefit yang akan didapatkan. Bencana yang paling besar nilai *Expected Energy Not Served* & probabilitas gagal sistemnya berarti bencana yang paling menyebabkan kerugian.

1.2 State Of The Art

State of the art adalah bukti penguatan bahwa penelitian yang diajukan, merupakan penelitian yang berbeda dengan yang dilakukan oleh peneliti lain. Dalam tabel dibawah ini, akan diuraikan secara singkat penelitian-penelitian sebelumnya yang saling berhubungan dengan penelitian tetapi berbeda. Adapun *state of the art* pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Tabel referensi.

JUDUL	PENELITI	TAHUN	DESKRIPSI
<i>Evaluation of Resilience in Grid-connected Microgrids under Extreme Disasters</i>	Lin Yang, Shuai Fan, Guangyu He, Zhihua Wang	2018	Penelitian ini mempelajari evaluasi sistem ketahanan <i>microgrid</i> , yang bisa mengevaluasi dan mengurangi dampak bencana ekstrim di <i>microgrid</i> . Penelitian ini mengklasifikasikan bencana sesuai dengan aturan kejadian dan penyebaran, yang dapat membantu menilai jangkauan pengaruh dan mengendalikan bencana. Metode yang digunakan dalam pekerjaan ini yaitu <i>Model of wind turbine</i> untuk mengevaluasi efek dari berbagai tindakan yang diterapkan sebelum, selama dan setelah bencana dan juga memberikan referensi untuk pembangunan <i>microgrid</i> .
<i>A Survey on</i>	Izgh Hadachi,	2019	Penelitian ini mengeksplorasi

JUDUL	PENELITI	TAHUN	DESKRIPSI
<i>Simulation of Power Systems Resilience Under Extreme Weather Events</i>	Sahin Albayrak		berbagai peningkatan untuk mendorong dan mempercepat pengembangan jaringan listrik tangguh terhadap peristiwa cuaca ekstrem. Untuk menganalisis dan mengelola saling kebergantungan dalam ketahanan jaringan listrik, harus menggunakan simulasi bersama atau simulasi yang diatur dimana perilaku domain spesifik dimodelkan.
<i>Boosting the Power Grid Resilience to Extreme Weather Events Using Defensive Islanding</i>	Mathaios Panteli, Dimitris N. Trakas, Pierluigi Mancarella, Nikos D. Hatziargyriou	2016	Penelitian ini menyajikan pendekatan untuk meningkatkan ketahanan jaringan listrik terhadap peristiwa cuaca ekstrem dengan menggunakan ukuran ketahanan operasional cerdas, yaitu pertahanan mode pulau. Telah terbukti secara efektif bahwa penerapan pertahanan mode pulau menjadi semakin bermanfaat untuk nilai <i>severity risk index</i> (SRI) yang tinggi (yaitu, $SRI > SRI_{thres}$).

JUDUL	PENELITI	TAHUN	DESKRIPSI
<i>Research on Resilience of Power Systems Under Natural Disasters—A Review</i>	Yezhou Wang, Chen Chen, Jianhui Wang, Ross Baldick	2016	Penelitian ini membahas tentang dampak bencana alam pada sistem tenaga, dan bagaimana teknologi <i>smart grid</i> yang canggih dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan jaringan. Karena kerumitan masalah, penelitian melibatkan teknik interdisipliner seperti statistik, meteorologi, teknik tenaga, optimisasi, komunikasi dan kontrol, serta kebijakan dan peraturan.

Penelitian [2] mempelajari evaluasi sistem ketahanan *microgrid*, yang bisa mengevaluasi dan mengurangi dampak bencana ekstrim di *microgrid*. Penelitian ini mengklasifikasikan bencana sesuai dengan aturan kejadian dan penyebaran, yang dapat membantu menilai jangkauan pengaruh dan mengendalikan bencana. Metode yang digunakan dalam pekerjaan ini yaitu *Model of wind turbine* untuk mengevaluasi efek dari berbagai tindakan yang diterapkan sebelum, selama dan setelah bencana dan juga memberikan referensi untuk pembangunan *microgrid*.

Penelitian [3] mengeksplorasi berbagai peningkatan untuk mendorong dan mempercepat pengembangan jaringan listrik tangguh terhadap peristiwa cuaca ekstrem. Untuk menganalisis dan mengelola saling ketergantungan dalam ketahanan jaringan listrik, harus menggunakan simulasi bersama atau simulasi yang diatur dimana perilaku domain spesifik dimodelkan.

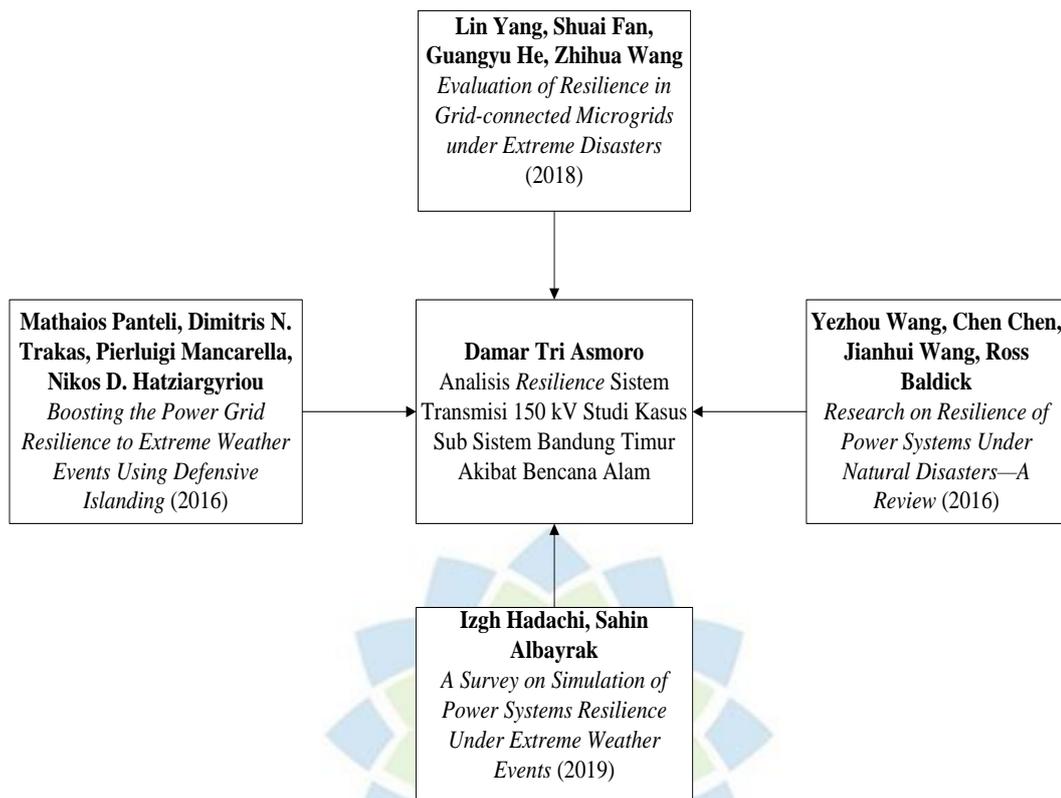
Penelitian [1] menyajikan pendekatan untuk meningkatkan ketahanan jaringan listrik terhadap peristiwa cuaca ekstrem dengan menggunakan ukuran ketahanan operasional cerdas, yaitu pertahanan mode pulau. Telah terbukti secara

efektif bahwa penerapan pertahanan mode pulau menjadi semakin bermanfaat untuk nilai *severity risk index* (SRI) yang tinggi (yaitu, $SRI > SRI_{thres}$).

Penelitian [4] membahas tentang dampak bencana alam pada sistem tenaga, dan bagaimana teknologi *smart grid* yang canggih dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan jaringan. Karena kerumitan masalah, penelitian melibatkan teknik interdisipliner seperti statistik, meteorologi, teknik tenaga, optimisasi, komunikasi dan kontrol, serta kebijakan dan peraturan.

Berdasarkan Tabel Tabel 1.1, sudah banyak penelitian tentang ketahanan pada bencana alam/cuaca buruk pada sistem jaringan listrik. Namun belum ada penelitian yang membahas mengenai gangguan bencana alam Sistem Transmisi 150 kV di negara Indonesia yang paling berdampak pada kinerja teknis dan ekonomis sistem, dan studi kasus yang digunakan penelitian berbeda, yang akan dilakukan kali ini akan lebih dekat dengan dua penelitian yaitu [2] dan [1]. Karena penelitian yang pertama menganalisis evaluasi sistem ketahanan *microgrid* dan penelitian yang kedua menganalisis tentang pendekatan untuk meningkatkan ketahanan jaringan listrik terhadap peristiwa cuaca ekstrem.

Letak perbedaan dengan penelitian sebelumnya yaitu menentukan tingkat Resilience sistem transmisi 150 kV dan menurunkan nilai *Expected Energy Not Served* & probabilitas gagal sistem dengan cara mengusulkan perbaikan yang belum dilakukan oleh PLN tetapi dengan mempertimbangkan nilai investai serta benefit yang akan didapatkan. Posisi penelitian yang dilakukan yaitu di PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur. Secara umum, bagan *State of The Art* penelitian ini digambarkan dalam Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Bagan *State of The Art*.

1.3 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana menentukan Tingkat *Resillience* di PT PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur sistem transmisi 150 kV pada tahun 2018-2019 karena gangguan bencana alam?
2. Mengetahui bencana alam apa yang paling berdampak menyebabkan padam listrik di PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur Sistem Transmisi 150 kV ?
3. Bagaimana meminimalisir nilai *Expected Energy Not Served* (EENS) & probabilitas gagal sistem sehingga sistem bisa beroperasi secara optimal?
4. Bagaimana melakukan *Forecasting* rata-rata lama waktu padam sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan sistem?

1.4 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan

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

1. Menentukan Tingkat *Resillience* di PT PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur sistem transmisi 150 kV pada tahun 2018-2019 karena gangguan bencana alam.
2. Mengetahui bencana alam yang paling berdampak menyebabkan padam listrik di PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur Sistem Transmisi 150 kV
3. Memberikan rekomendasi untuk meminimalisir nilai *Expected Energy Not Served* (EENS) & probabilitas gagal sistem sehingga sistem bisa beroperasi secara optimal.
4. Melakukan *Forecasting* rata-rata lama waktu padam sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan sistem.

1.4.2 Manfaat

Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan dapat memperoleh manfaat penelitian ini adalah:

Manfaat Akademis

1. Memberikan kontribusi akademik di bidang elektro khususnya arus kuat sistem transmisi 150 kV.
2. Memberikan kontribusi akademik dalam bidang pengetahuan Tingkat *Resilience* sistem transmisi 150 kV yang diakibatkan oleh bencana alam.

Manfaat Praktis

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberi gambaran mengenai keadaan sistem transmisi 150 kV sesaat atau sesudah terjadi bencana alam dan Tingkat *Resilience* pada kinerja alat dan keekonomisan sistem transmisi 150 kV PT.PLN (PERSERO) sub sistem bandung timur.

2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi PT PLN (PERSERO) dan pemerintah dalam pembuatan kebijakan khususnya pada sistem transmisi agar jauh lebih andal mengingat Indonesia merupakan negara yang sering dilanda bencana alam.

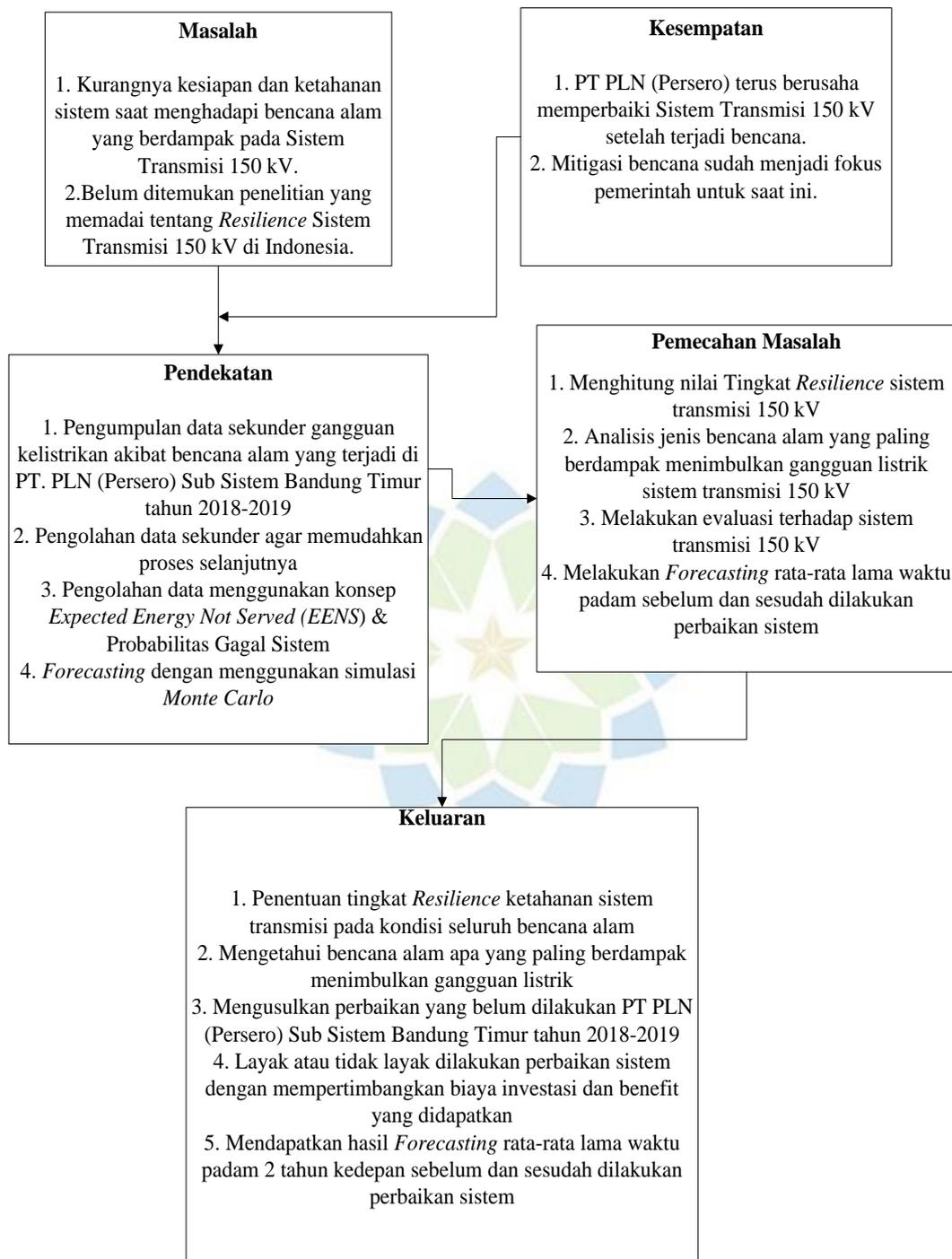
1.5 Batasan Masalah

Agar lebih baik dalam membahas permasalahan yang telah dirumuskan, maka perlu dilakukan batasan masalah penelitian. Dalam penelitian ini batasan masalah penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Studi kasus dalam penelitian ini dilakukan di Sistem Transmisi 150 kV PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur.
2. Data gangguan kelistrikan yang digunakan adalah data sekunder dari PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur tahun 2018-2019.
3. Jenis bencana alam yang diolah pada penelitian ini yaitu semua bencana alam yang terjadi pada studi kasus PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur.
4. Perangkat lunak yang digunakan untuk menghitung Tingkat *Resilience* yaitu *Spreadsheet*.
5. Perangkat lunak yang digunakan untuk *Forecasting* rata-rata lama waktu padam sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan sistem yaitu *Crystal Ball*.
6. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Expected Energy Not Served (EENS)*, Probabilitas Gagal Sistem dan Simulasi *Monte Carlo*.

1.6 Kerangka Pemikiran

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi bencana alam apa yang paling berdampak mempengaruhi kinerja teknis dan ekonomi sistem, perbandingan dampak yang terjadi setelah bencana melanda terhadap kinerja teknis dan ekonomi sistem, termasuk pendefinisannya, cara hitungnya, serta mengevaluasi keekonomian sistem dan kinerja teknik. Secara umum, kerangka pemikiran penelitian ini digambarkan dalam Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kerangka pemikiran.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan proposal penelitian tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan dengan jumlah 6 bab, dimana setiap masing-masing bab mempunyai isi, berikut penjabaran isi setiap bab:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tinjauan pustaka yang sangat relevan dengan kegiatan penelitian ini berupa Sistem Transmisi 150 kV, bencana alam, jenis bencana alam, *resilience* Sistem Transmisi 150 kV, *Expected Energy Not Served (εENS)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)*, *Probabilitas Resilience Enhancement*, Penurunan Jumlah Kerugian, dan Metode *Forecasting*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi diagram alir atau langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DATA DAN SIMULASI

Pada bab ini dipaparkan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini, data yang telah terkumpul kemudian digunakan untuk mengolah nilai *Expected Energy Not Served (EENS)* dan probabilitas gagal sistem agar mengetahui tingkat *resilience* sistem transmisi 150 kV PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur yang diakibatkan gangguan bencana alam, mengusulkan perbaikan sistem yang belum dilakukan untuk mengurangi nilai *Expected Energy Not Served (EENS)* dan melakukan simulasi *Monte Carlo* untuk melakukan *Forecasting* rata-rata lama waktu padam sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan sistem.

BAB V HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini dipaparkan hasil tingkat *resilience* sistem transmisi 150 kV pada kondisi semua bencana alam yang terjadi di PT. PLN (Persero) Sub Sistem Bandung Timur, mengevaluasi dengan cara merekomendasikan perbaikan sistem

yang terdampak gangguan listrik akibat bencana alam dengan mempertimbangkan *benefit* serta biaya investasi dan mendapatkan hasil *Forecasting* waktu padam 2 tahun kedepan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan sistem

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.

