

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara dengan prinsip ekonomi terbuka, Indonesia tidak dapat menghindar dari era perdagangan bebas, yang merupakan penerapan globalisasi ekonomi [1]. Namun saat ini PLN belum menerapkan prinsip tersebut. Mekanisme jual beli listrik antara PT. PLN (Persero) dengan produsen listrik swasta (*Independent Power Producer/IPP*) menggunakan sistem kontrak TOP (*Take or Pay*) dan DOP (*Delivery Or Pay*).

Mekanisme *delivery Or Pay* adalah kebalikan dari *Take Or Pay*. Jika *Take Or pay* mewajibkan PLN menyerap Listrik dari IPP dalam jumlah minimal sekian persen dari kapasitas total pembangkit listrik, *Delivery Or Pay* mewajibkan IPP memasok listrik ke PLN dalam jumlah tertentu [2]. Misalkan kapasitas pembangkit 100 MW, ada ketentuan *Delivery Or Pay* 85%, maka pembangkit milik IPP harus terus memasok ke PLN minimal 85 MW. Kalau pembangkit terganggu karena kesalahan IPP, misalnya karena kualitas mesin pembangkit yang tidak sesuai standar, maka IPP harus membayar denda kepada PLN. Sebaliknya PLN juga didenda kalau membeli listrik di bawah 85% dari kapasitas Pembangkit. Kalau tidak mampu menyerap hingga 85 MW, maka PLN harus membayar denda *Take Or Pay* kepada IPP. Pelaksanaan mekanisme TOP dioperasikan oleh *Dispatcher* atau operator yang mengatur lalu lintas.

Dispatcher bertugas mengoperasikan serta mengendalikan sistem tenaga listrik secara *real time* dengan panduan rencana operasi dan strategi operasi untuk pemulihan apabila terjadi gangguan dan tetap memperhatikan mutu dan keandalan [3]. Adapun sistem yang dikelola oleh *Dispatcher* yaitu:

1. Pembebanan unit-unit pembangkit
2. Manuver gangguan
3. Gangguan dan proses pemulihannya

4. Aliran daya periode LWBP (Lewat Waktu Beban Puncak) dan WBP (Waktu Beban Puncak)
5. pengoperasian sistem dengan Teknologi informasi.

Namun berbeda halnya di negara lain misalnya Iran. Iran telah membangun kembali struktur sistem pasar daya listriknya. Restrukturisasi pasar listrik di Iran telah diterima dan dioperasionalkan mengikuti pasar kekuasaan di negara-negara industri. Peningkatan efisiensi melalui pertimbangan ekonomi dan transisi dari monopoli ke kondisi yang lebih kompetitif, untuk menjadi lebih dekat dengan status optimal merupakan dasar dari strukturisasi tersebut [4]. Dalam hal ini Iran telah menerapkan sistem pasar terbuka dalam jual beli energi listrik. Di negara eropa seperti Belanda, Jerman, dan Belgia telah terlebih dahulu menerapkan konsep pasar daya dengan menggunakan sistem pasar terbuka [5]. Sistem pasar terbuka adalah sistem dimana pembeli dan penjual bebas untuk terlibat dalam perdagangan tanpa intervensi pemerintah [6]. Dengan sistem pasar terbuka pada bidang kelistrikan diharapkan dapat mengurangi Biaya Pokok Produksi (BPP) pembangkitan listrik, sehingga tarif listrik menjadi lebih murah dan dapat mendorong efisiensi di sektor Industri.

Dalam penelitian ini, *game theory* digunakan untuk menganalisa pola pengoperasian pembangkit listrik dalam sebuah sistem tertentu. *Game theory* adalah sebuah metodologi yang digunakan untuk menganalisa situasi persaingan dan konflik antara berbagai kepentingan, sehingga dapat mengambil suatu keputusan [7]. Dengan menggunakan *game theory* pada sistem pasar terbuka maka kita akan mengetahui apakah penerapannya pada sebuah pembangkit lebih optimal dibanding dengan menggunakan sistem eksisting (*TOP contract*).

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana perencanaan pengoperasian suatu pembangkit yang optimal pada sistem pasar terbuka dengan menggunakan metode *Game Theory* ?

2. Bagaimana perbandingan nilai optimasi sistem *Take or Pay contract* seperti yang sudah eksisting dan sistem pasar terbuka dengan menggunakan metode *Game Theory* ?

1.3 Tujuan

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

1. Membuat sebuah model perencanaan pengoperasian pembangkit dengan menggunakan sistem pasar terbuka dengan pendekatan *game theory*.
2. Membandingkan sistem *TOP contract* dengan sistem pasar terbuka.
3. Merekomendasikan model perencanaan pengoperasian pembangkit yang lebih menguntungkan bagi utiliti dan masyarakat.

1.4 Manfaat

Penelitian ini memiliki dua manfaat, yaitu manfaat akademis dan manfaat praktis. Adapun manfaat akademis yang didapatkan adalah menambah pengetahuan di bidang sistem operasi tenaga listrik dalam perencanaan pengoperasian pembangkit pada sistem pasar terbuka menggunakan metode *game theory*.

Kemudian manfaat praktis yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian mekanisme pasar terbuka dengan studi kasus salah satu subsistem dalam Sistem Jawa Bali diharapkan dapat menjadi masukan bagi pengelola sistem Jawa Bali.
2. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi pemerintah sebagai regulator dan PLN sebagai penyedia listrik dalam perencanaan pengoperasian sistem yang efisien. Sistem yang efisien dapat mendorong tarif listrik yang kompetitif.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi kasus dalam penelitian ini adalah pembangkitan di Area 2 Jawa Barat di sistem Jawa Bali.

2. Data yang dikaji adalah jumlah kapasitas terpasang, daya mampu, tipe pembangkit, *incremental cost* (Rp/kWh), dan perjanjian jual beli (TOP/*Merit order*).
3. Metode yang digunakan pada sistem pasar terbuka adalah *game theory*.
4. Perhitungan matematis menggunakan perangkat lunak komputasi numerik.
5. Komposisi pembangkit dalam sistem dikatakan optimal jika memenuhi kriteria *least cost/minimum cost* dan LOLP mendekati Nol.

1.6 Kerangka Pemikiran

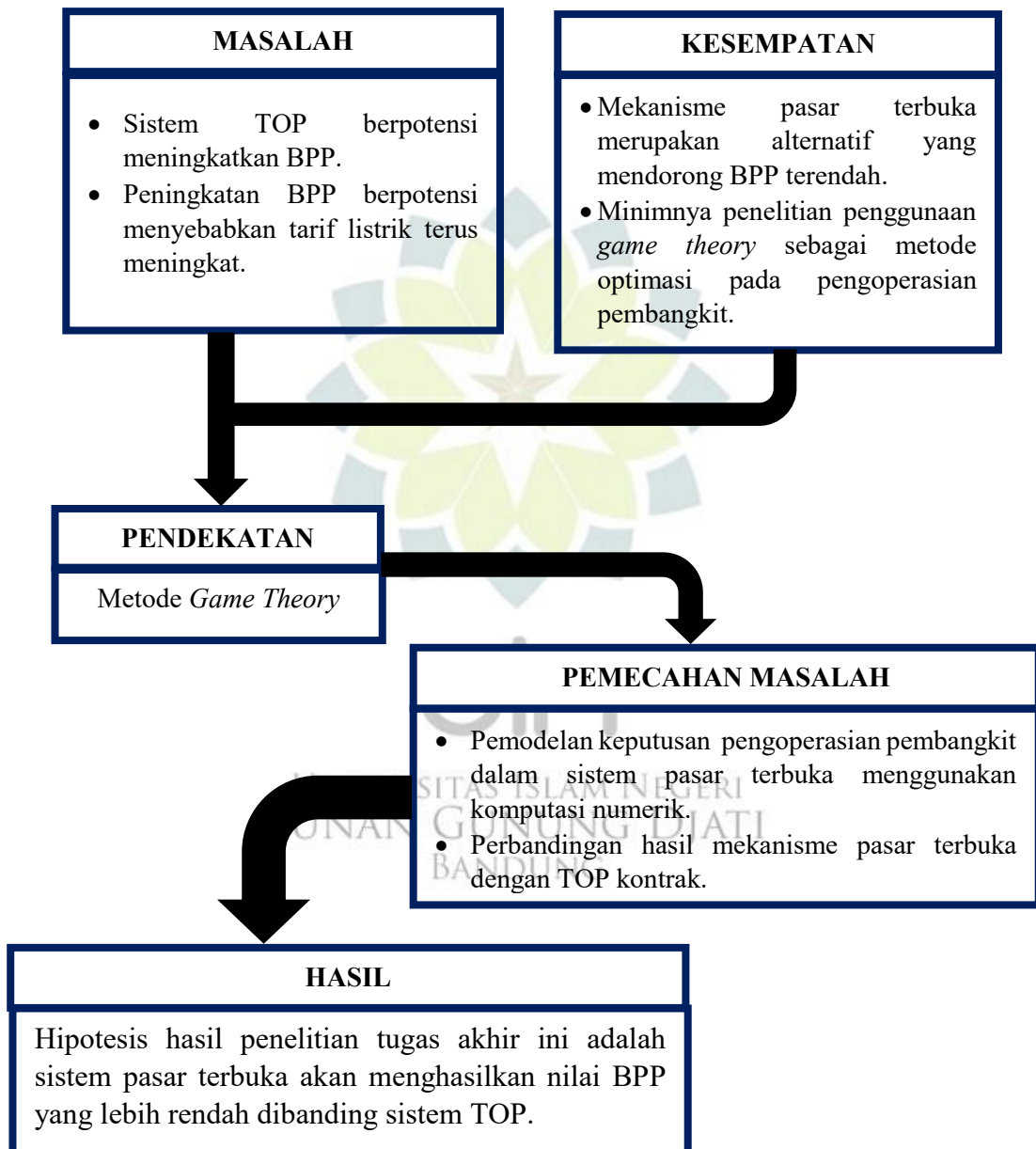
Dalam penelitian ini ditemukan permasalahan sistem kontrak antara pemasok dan pengelola sistem kelistrikan di Indonesia. Sistem yang digunakan saat ini menggunakan mekanisme PPA (*Power Purchase Agreement*). Di dalam mekanisme PPA terdapat sistem TOP (*Take or Pay*) contract. Sistem TOP contract adalah suatu sistem kontrak yang mengatur apabila PLN tidak dapat menyerap energi listrik sesuai kontrak karena kesalahan PLN, maka PLN wajib membayar pinalti kepada IPP. Pinalti proporsional sesuai komponen investasi. Di sisi lain sistem TOP dapat membuat BPP pembangkitan semakin tinggi, sehingga berimbas pada tarif listrik yang menjadi mahal untuk penggunaan pada masyarakat dan sektor industri.

Terdapat alternatif lain dalam mekanisme kontrak antara penyedia listrik swasta/IPP (*Independent Power Producer*) dengan pengelola sistem menggunakan mekanisme pasar terbuka. Mekanisme ini memungkinkan pengoperasian pembangkit memiliki peluang yang sama dalam memasok energi listrik ke pengelola sistem. Sebaliknya, mekanisme pasar terbuka memungkinkan PLN bebas dalam menyerap daya listrik sesuai kebutuhan beban dengan memilih kombinasi pembangkitan yang menghasilkan BPP terendah.

Dalam penelitian ini dilakukan suatu pemodelan mekanisme pasar terbuka dengan menggunakan *game theory*. Hasil pemodelan dibandingkan dengan model yang menggunakan mekanisme TOP. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat

disimpulkan model yang lebih optimal dan menguntungkan bagi penyedia listrik nasional/PLN.

Secara umum, kerangka pemikiran penelitian ini digambarkan dalam Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran

1.7 *State of the Art*

Penelitian ini menggunakan pendekatan *game theory*. Dari penelusuran literatur penelitian di bidang teknik tenaga listrik yang menggunakan *game theory* dimulai sekitar tahun 1999 yang dilakukan oleh Steve Stoft, dimana menggunakan *game theory* untuk menganalisa kekuatan pasar pada sebuah jaringan sederhana untuk 3 unit pembangkit dengan menghitung nilai ekuilibrium 1 pembangkit, ekuilibrium 2 pembangkit secara acak, dan ekuilibrium 3 pembangkit [8]. Selanjutnya di tahun yang sama penelitian yang dilakukan oleh H. Y. Yamin (1999) juga menggunakan *game theory* untuk memilih alternatif unit pembangkit yang optimal dalam meminimalisir resiko dalam regulasi kekuatan pasar tenaga listrik pada jaringan transmisi yang terbatas [7].

Berikutnya, pada tahun 2004 penelitian yang dilakukan GC. Stamtsis dan I. Erlich, yang menggunakan *game theory* kooperatif dalam menentukan alokasi biaya yang tetap pada sistem tenaga listrik. Penerapan *game theory* dalam penelitian ini untuk membandingkan metode *nucleolus* dan nilai *Shapley* dalam menyelidiki alokasi harga listrik pada persaingan pasar daya [9]. Tahun 2016 penelitian yang dilakukan oleh Guoqing Yang, Hang Luo, Yaping Wang, dan Deyi Wang ialah melakukan pengoptimalan sistem tenaga listrik yang terkoordinasi pada pemenuhan beban kendaraan listrik dan pembangkit tenaga surya fotovoltaik (PV) berdasarkan *game theory*. *Game theory* digunakan untuk memperhatikan pola pengiriman yang optimal untuk kebutuhan beban kendaraan listrik yang disuplay dari PV [10].

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Farzaneh Pourahmadi pada tahun 2016 yaitu menerapkan konsep *game theory* dalam mencari solusi dalam mewujudkan investasi dan pemeliharaan yang harus dilakukan di grid untuk memastikan kinerja keandalan sistem. Konsep solusi *game theory* yang ditawarkan disebut metode *Shapely Value*. Solusi ini mampu mengidentifikasi kontribusi setiap peralatan tunggal untuk kinerja keandalan sistem yang terjadi saat kondisi pembebanan yang berbeda. Komponen yang teridentifikasi mengalami masalah kemudian secara sistematis akan dilakukan penjadwalan perbaikan. Sehingga

kinerja komponen bekerja lebih optimal dan efisien dalam operasi sistem tenaga listrik [11].

Selain pendekatan *dengan game theory*, juga dilakukan penelusuran literatur mengenai pengoperasian pembangkit dengan menggunakan metode lain. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Dheo Kristianto pada tahun 2014 dengan judul Operasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Listrik dengan Metode Iterasi Lambda Menggunakan Komputasi Paralel. Penelitian ini membahas tentang operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan mengabaikan rugi – rugi transmisi. Perhitungan iterasi lambda komputasi paralel pada penelitian ini menggunakan dua core prosesor dengan memanfaatkan *toolbox* PCT (*Parallel Computing Toolbox*) Matlab. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kombinasi penjadwalan (*on/off*) dari masing-masing unit pembangkit. Data yang diuji adalah pembangkit listrik tenaga termal sistem IEEE 30 Bus dan Sistem 500 kV Jawa-Bali. Kombinasi yang dipilih adalah kombinasi yang menghasilkan biaya bahan bakar yang paling minimum [12].

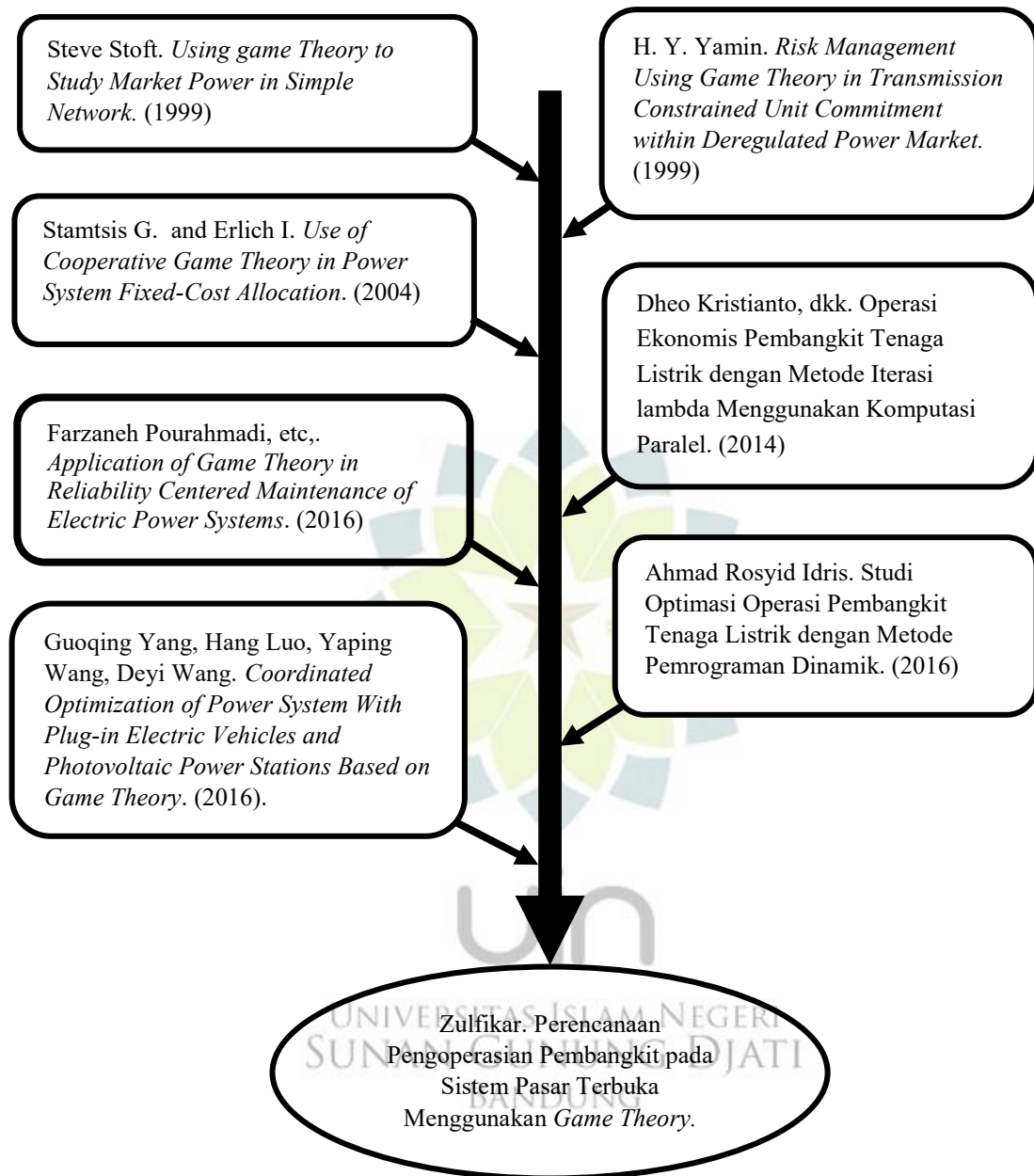
Kemudian di tahun 2016, Ahmad Rosyid Idris melakukan penelitian yang berjudul Optimasi Operasi Pembangkit Tenaga Listrik dengan Metode Pemrograman Dinamik. Substansi yang dibahas dalam penelitian adalah penjadwalan pembangkitan energi listrik dan aspek ekonominya. Dalam hal ini adalah perancangan suatu sistem pembebanan pembangkit listrik yang efektif sehingga beban yang dihasilkan pembangkit listrik dapat tersalurkan dengan baik dengan biaya yang minimum. Pemrograman dinamik digunakan pada penjadwalan pembangkit listrik termal agar menghasilkan kombinasi optimum dengan biaya operasi pembangkitan yang minimum. Hasil dari penelitian ini menunjukkan total penghematan biaya operasi pembangkitan sebesar Rp 199.555.602,9 pada tanggal 10 April 2010 dari sebelumnya sebesar Rp 491.772.687,8 pada tanggal 04 April 2010 [13].

Berdasarkan telaah *state of the art*, penelitian di ranah sistem kelistrikan dilakukan di 2 sub penelitian. Sub penelitian yang pertama adalah mengenai sistem pasar tenaga listrik (*Power System Economic*) sebagaimana penelitian yang

dilakukan Steven Stoft tahun 1999 [8], H. Y. Yamin tahun 1999 [7], dan Stamtsis G. di tahun 2004 [9]. Sub penelitian yang kedua yaitu operasi sistem tenaga listrik yang optimal seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Guoqing Yang tahun 2016 [10], Farzaneh Pourahmadi di tahun 2016 [11], Dheo Kristianto pada tahun 2014 [12], dan Ahmad Rosyid Idris di tahun 2016 [13]. Penelitian tugas akhir ini dapat dikategorikan beririsan dengan ke dua sub penelitian di atas. Di satu sisi membahas pengoperasian pembangkit yang optimal, dan di sisi lain penerapannya pada mekanisme pasar terbuka.

Dari penelitian-penelitian di sub bidang tersebut, penelitian tugas akhir ini memiliki kemiripan dengan penelitian yang dilakukan oleh H. Y. Yamin tahun 1999 [7], Dheo Kristianto pada tahun 2014 [12], dan Ahmad Rosyid Idris di tahun 2016 [13] yaitu memilih alternatif pembangkit yang optimal untuk mencapai biaya minimum pembangkitan. Meskipun demikian terdapat perbedaan yaitu penelitian H. Y. Yamin tahun 1999 memfokuskan untuk meminimalisir resiko atas pemilihan pengoperasian pembangkit sehingga biaya produksi tetap mengikuti regulasi pasar tenaga yang ditentukan. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Dheo Kristianto di tahun 2014 dan Ahmad Rosyid Idris di tahun 2016 menggunakan metode lain dalam mencari biaya bahan bakar dan biaya operasi pembangkitan. Sedangkan pada penelitian tugas akhir ini menekankan pemilihan kombinasi pembangkit yang tepat, untuk mendapatkan BPP yang minimum tanpa harus menentukan salah satu dari beberapa unit pembangkit wajib untuk dioperasikan (sistem pasar terbuka) serta memperhatikan keandalan sistem dengan parameter nilai LOLP mendekati nol. Dengan demikian penelitian tugas akhir ini menawarkan kebaruan (*novelty*) yaitu membuat sebuah model perencanaan pengoperasian pembangkit pada sistem pasar terbuka menggunakan metode *game theory*. Penerapan *game theory* dalam tugas akhir ini yaitu menitikberatkan pada pemilihan beberapa unit pembangkit untuk didapatkan sebuah kombinasi pengoperasian yang optimal dalam suatu pasar terbuka.

Secara umum, *state of the art* penelitian tugas akhir ini diperlihatkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 *State of the Art*

1.8 Sistematika Penulisan

Metodologi 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 tentang prinsip pengoperasian pembangkit, metode konvensional pengoperasian pembangkit, dan *game theory*.

BAB III METODOLOGI DAN RENCANA PENELITIAN

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

BAB IV ANALISIS PERENCANAAN PENGOPERASIAN PEMBANGKIT EKSTING

Pada bab ini, menguraikan dan membahas tentang studi kasus yang dianalisis, pengumpulan dan pengolahan data Pembangkitan. Menghitung BPP dan LOLP sistem eksisting. Tahapan tersebut dilakukan untuk mendapatkan elemen permainan sistem eksisting.

BAB V PEMODELAN DAN SIMULASI PERENCANAAN PENGOPERASIAN PEMBANGKIT SISTEM PASAR TERBUKA DENGAN *GAME THEORY*

Pada bab ini, menguraikan dan membahas tentang pemodelan *game theory*, perhitungan BPP dan LOLP untuk sistem pasar terbuka, membuat matriks permainan, dan melakukan uji optimasi dengan menggunakan *dominant strategy* dengan *software* komputasi. Hasil dari *dominant strategy* tersebut akan dibandingkan dengan sistem eksisting. Tahapan tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai *payoff* yang optimal sebagai acuan perencanaan pengoperasian pembangkit pada sistem pasar terbuka.

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.