

## **Penurunan Nilai Tara Kalor PLTGU Untuk Meningkatkan Pangsa Pasar Perusahaan Pembangkit Listrik Menggunakan Simulasi Sistem Dinamik**

**Alex Fernandes<sup>1</sup>; Dwi Anggains<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Dosen Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN

<sup>1</sup> alex.fernandes@itpln.ac.id

<sup>2</sup> dwi.anggains@itpln.ac.id

### **Abstract**

*The market share of an utility company are based on the contribution of its net capacity power in an electricity trade mechanism through electricity price competition and availability factor. It is also known that a power plant merit order is based on its efficiency. Utility company have a declining market share in Java Bali system, from 50% in 1995 to 22% in 2015. This thesis aims to build model that can present a visual representation of the relationship between technical and financial parameters to identify opportunities to reduce its plant heat rate and to assess the risk of each opportunity. Furthermore, the model is developed using dynamic system provide an overview for the stakeholders of the operating and financial performances decreasing the plants heat rate. It also impact company's profitability Case study is done at Prioks Combine Cycle Power Plant Block 1 and Block 2. Opportunity techniques against four latest technologies, can decrease the plant heat rate up to 10.369%. The dynamic system built, shows the evidence of a relationship between the operating income increase and the decrease heat rate value in the Prioks Combine Cycle Power Plant.*

**Keywords:** heat rate, dynamic system, financial performance

### **Abstrak**

*Pangsa pasar suatu perusahaan pembangkit tenaga listrik ditentukan berdasarkan kontribusi daya mampu neto dengan mekanisme tata niaga listrik, melalui kompetisi harga energi listrik dan kesiapan daya mampu pembangkit atau dikenal dengan merit order pembangkit yang berdasarkan efisiensi pada pembangkit. Salah satu perusahaan pembangkit listrik telah mengalami penurunan pangsa pasar di Jawa Bali sampai dengan 2015 hanya tinggal 22%. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model yang dapat menyajikan gambaran visual tentang hubungan parameter – parameter teknis dan keuangan yang saling berpengaruh dalam mengidentifikasi peluang-peluang teknik yang dapat menurunkan tara kalor pembangkit serta mengukur tingkat risiko masing-masing peluang. Selanjutnya model akan dikembangkan menggunakan sistem dinamik untuk memberikan gambaran kepada stakeholder tentang kinerja operasi dan keuangan dari peningkatan nilai tara kalor pembangkit pada profitabilitas perusahaan. Studi kasus adalah di PLTGU Priok blok 1 dan blok 2. Peluang teknik terhadap empat teknologi terbaru pembangkit dapat menurunkan nilai tara kalor pembangkit sebesar 10,369%. Sistem dinamik yang dibuat menunjukkan bukti adanya hubungan antara kenaikan pendapatan operasional dengan penurunan nilai tara kalor PLTGU Priok.*

**Kata kunci:** tara kalor, sistim dinamik, pendapatan operasional

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini persaingan dalam dunia industri pembangkit tenaga listrik semakin hari semakin ketat. Hal ini menuntut perusahaan pembangkit tenaga listrik untuk terus menerus berusaha mempertahankan dan meningkatkan keandalan (*reliability*) dan efisiensi pembangkit-pembangkitnya untuk dapat bersaing dengan perusahaan sejenis.

Saat ini pembangkit listrik eksisting telah mengalami penurunan pangsa pasar (*market share*) di Jawa Bali. Kontribusi daya mampu netto pada tahun 1995 mencapai 51% namun sampai dengan 2015 hanya tinggal 22% [1]. Hal ini antara lain disebabkan oleh yang pertama pembangkit-pembangkit baru mulai beroperasi (*comercial on date*) dan yang kedua kebijakan pemerintah tentang program 35 ribu MW ke grid sistem kelistrikan Jawa-Bali-Madura.

Pangsa pasar suatu perusahaan pembangkit ditentukan berdasarkan kontribusi daya mampu neto dengan mekanisme tata niaga listrik. Di pasar ketenagalistrikan Jawa-Bali-Madura tata niaga listrik diatur oleh PLN P2B (Pusat Pengaturan Beban) yang bertugas sebagai unit pengelola sistem interkoneksi transmisi Jawa-Bali-Madura, melalui kompetisi harga energi listrik dan kesiapan daya mampu pembangkit atau dikenal dengan merit order pembangkit yang berdasarkan efisiensi pada pembangkit. Perusahaan pembangkit listrik saling berkompetisi demi menjaga ranking pembangkit-pembangkitnya dengan menjaga ketersediaan, keandalan dan efisiensi ekonomis biaya produksi listrik. Untuk menjaga profitabilitas perusahaan salah satu cara adalah dengan mengelola tara kalor (*heat rate*) pembangkit.

Ada dua sumber pendapatan perusahaan pembangkit dengan kontrak transaksi energi dengan PLN P2B berbasis kapasitas dan energi yaitu pendapatan dari non operasional dan pendapatan dari operasional pembangkit. Pendapatan non operasional pembangkit terdiri dari pendapatan komponen A yaitu besaran nilai untuk pengembalian biaya kapital dan komponen B untuk biaya tetap operasi dan pemeliharaan yang perhitungannya berdasarkan dari nilai EAF (*equivalent availability factor*), sedangkan pendapatan dari operasional pembangkit terdiri dari komponen C untuk variabel bahan bakar dan komponen D untuk biaya variabel non bahan bakar (harga pelumas air dan kimia) yang perhitungannya berdasarkan dari kWh Produksi atau biasa di sebut CF (*capacity factor*). Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, bahwa usaha untuk menurunkan biaya pemeliharaan untuk menaikkan profitabilitas perusahaan tidak terbukti [2].

Bagi perusahaan pembangkit upaya perbaikan nilai tara kalor pembangkit (*plants heat rate*) dapat berarti perusahaan pembangkit perlu melakukan sejumlah investasi baru pada pembangkit eksisting yang ada. Upaya untuk meningkatkan nilai tara kalor ini perlu dilakukan dalam rangka menjaga pangsa pasar perusahaan di tengah beroperasinya pembangkit-pembangkit baru yang lebih efisien.

## 2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

### 2.1. Jenis Metode Penelitian

Kegiatan penelitian dapat dibagi menjadi empat macam menurut Cooper dan Schindler (2003) [22], yaitu:

1. Pelaporan (*reporting*), yakni penelitian yang dilakukan hanya untuk menyediakan data atau informasi yang diperlukan untuk keputusan tertentu.
2. Penggambaran (*descriptive*), yaitu metode penelitian yang memusatkan perhatian pada masalah atau fenomena yang ada pada saat penelitian dilakukan atau masalah yang bersifat aktual, kemudian menggambarkan fakta-fakta tentang masalah yang diselidiki sebagaimana adanya diiringi dengan interpretasi yang rasional dan akurat.
3. Penjelasan (*explanatory*), yakni penelitian yang mencoba menjelaskan fenomena yang ada.

4. Prediksi (*predictive*), yakni penelitian yang mencoba menjelaskan apa yang akan terjadi dari suatu fenomena.

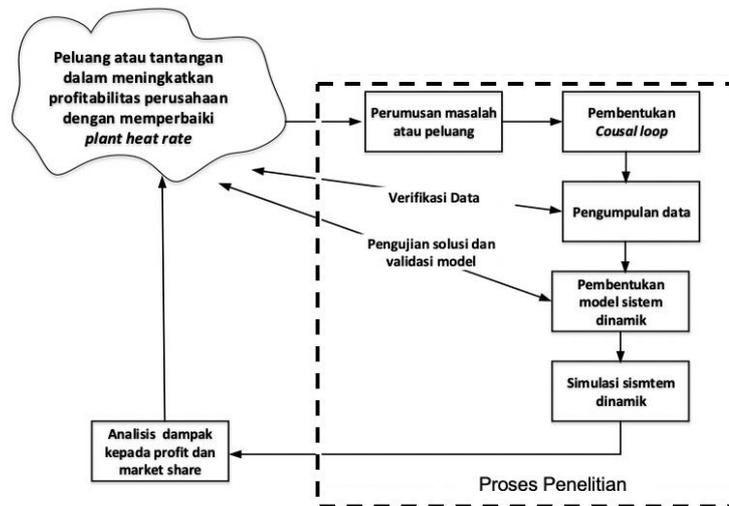
Dari empat macam kegiatan penelitian di atas, maka penelitian ini merupakan penelitian ilmiah yang berbentuk prediksi (*predictive*). Hal ini dikarenakan kajian dilakukan pada dampak bisnis yang akan diperoleh apabila :

1. Dampak kenaikan nilai tara kalor pembangkit dapat menurunkan profitabilitas perusahaan.
2. Dampak penurunan nilai tara kalor pembangkit pada pembangkit listrik lama dapat meningkatkan profitabilitas dan pangsa pasar perusahaan pembangkit listrik.

**2.2. Pemodelan Bisnis**

Pemodelan bisnis terdiri dari 5 langkah proses pemodelan yang dapat diperlihatkan pada Gambar 1. yaitu sebagai berikut.

- a) Identifikasi masalah atau peluang;
- b) Pembentukan model;
- c) Pengumpulan data;
- d) Analisis model berikut validasinya;
- e) Implementasi dan dampak terhadap perusahaan.



Gambar 1. Proses Pemodelan Bisnis

**2.3. Penetapan Parameter Penelitian**

Pada PLTGU Priok blok 1 dan blok 2 yang dijadikan studi kasus evaluasi tara kalor pembangkit, maka evaluasi rugi tara kalor (*heat rate loss*) dapat dibandingkan antara kondisi komisioning (*commissioning*) atau desain dengan kondisi saat ini. Berikut ini ditampilkan data keseimbangan kalor (*heat balance*) 1 blok PLTGU Priok (3-3-1) saat komisioning menggunakan gas alam 100% beban terpasang menggunakan HHV.

Tabel 1. Data Commisioning PLTGU Priok [23]

No	Komponen	Nilai	Satuan
1	Gas Turbin Output (Gross)	389.700	kW
2	Steam Turbin Output (Gross)	209.200	kW
3	Gross Output	598.900	kW
4	Auxiliary Consumption	8.900	kW
5	Net Output	590.000	kW

6	Heat Input (LHV)	1.179.350	kW
7	Net Heat Rate (LHV)	2.368 9.010	kCal/kWh kJ/kWh

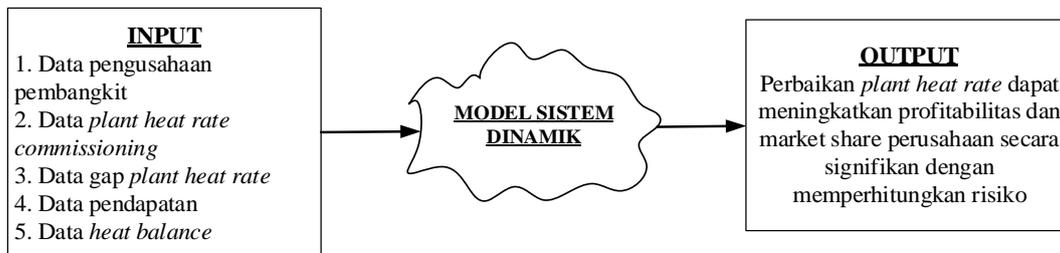
## 2.4. Tahapan Pengumpulan Data dan Validasi

Data yang diperlukan diperoleh dari literature-literatur terkait dan dilakukan validasi dengan perusahaan pembangkit listrik yang diamati. Beberapa data yang dibutuhkan diantaranya sebagai berikut :

- Data tara kalor pembangkit komisioning PLTGU Priok blok 1 dan blok 2.
- Data gap tara kalor pembangkit dari evaluasi rugi-rugi tara kalor.
- Data laporan perusahaan mesin-mesin pembangkit listrik PT. Indonesia Power dari tahun 2010 s.d 2015. Karena hal ini menentukan jumlah produksi kWh, CF, EAF dan data-data indikator kinerja pembangkit listrik.
- Laporan efisiensi PLTGU Priok blok 1 dan blok 2.
- Data keuangan 2010 s.d 2015 yang di dapat dari laporan tahunan (*annual report*) perusahaan.

## 2.5. Pemodelan Dengan Sistem Dinamik

Model sistem dinamik yang akan dibuat pada penelitian ini dengan bantuan aplikasi PowerSim Studio Enterprise 2005. Model tersebut dibangun dengan mempertimbangkan keluaran (output) yang diinginkan dengan data (input) yang dibutuhkan.

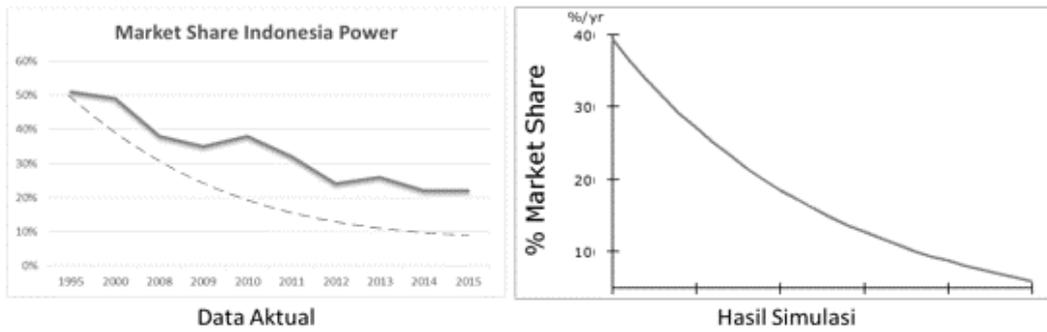


Gambar 2. Diagram Input-Output Model

Melalui diagram input-output ini dapat diperoleh suatu *causal loop* dan model sistem dinamik dengan perhitungan matematis. Masukan model tersebut berupa formula yang masing-masing berdistribusi tertentu. Keluaran model sistem dinamik tersebut berupa grafik yang akan menentukan dampak penurunan nilai tara kalor pembangkit terhadap profitabilitas dan pangsa pasar perusahaan pembangkit.

## 2.6. Validasi Model

Validasi terhadap model yang telah diformulasikan dilakukan dengan mencocokkan hasil dari model dengan data nyata yang diperoleh [1]. Data yang digunakan untuk memvalidasi model yang telah dibangun adalah data tren dari persentase pangsa pasar selama 10 tahun terakhir.

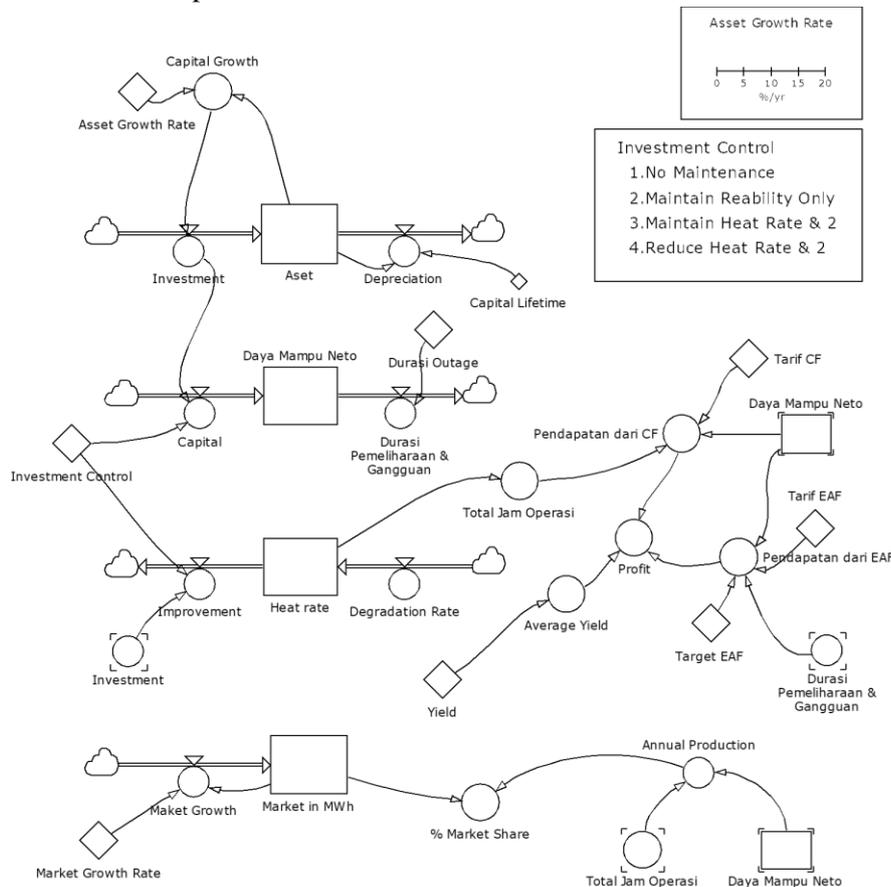


Gambar 3. Perbandingan BOT Data Aktual dengan BOT Hasil Simulasi Sistem Dinamis

2.7. Model Stock Flow Diagram

Model causal loop diagram kemudian diterjemahkan kedalam bentuk model stock flow diagram dengan menggunakan perangkat lunak PowerSim 2005 enterprise edition. Pada program Powersim terdapat symbol – symbol seperti level, rate, auxiliary dan constant. Level adalah stock yang menggambarkan material, uang, orang atau sumber daya lain. Sedangkan rate adalah flow proses yang langsung menambah atau mengurangi stock, berarti hanya hanya flow yang dapat merubah stock. Auxiliary digunakan untuk membuat hubungan antar unsur sehingga jelaslah hubungan matematik diantara dua unsur yang langsung berhubungan itu.

Hubungan tara kalo pembangkit dengan peningkatan profitabilitas perusahaan pembangkit akan dirubah menjadi operasi matematik yang sederhana dalam hal ini hubungan yang berlaku adalah hubungan penambahan dan perkalian.



Gambar 4. Model pengaruh tara kalor pembangkit terhadap profitabilitas perusahaan pembangkit

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kemajuan teknologi menyebabkan adanya perbaikan efisiensi pada suatu peralatan, yang dalam kata lain akan mempengaruhi nilai tara kalor dari pembangkit listriknya. Beberapa kemajuan desain komponen dari teknologi terbaru yang memungkinkan untuk perbaikan heat rate adalah :

1. Teknologi material sudu turbin gas dan compressor
2. Teknologi sistem perapat turbin gas
3. Teknologi sistem perapat labirin turbin uap
4. Teknologi 3D pada Sudu Turbin Uap

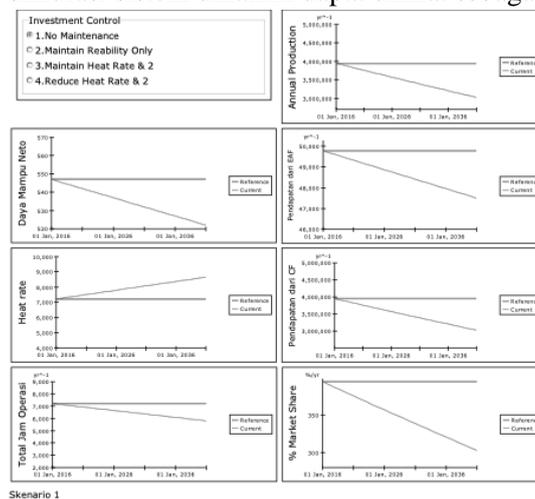
**Tabel 2.** Penurunan Tara Kalor Pembangkit

No	Aplikasi Teknologi	Pengaruh terhadap Net Plant Heat Rate PLTGU pada 1 Blok		
		Penurunan [%]	Heat Rate Sebelum [ kcal/kWh]	Heat Rate Sesudah [ kcal/kWh]
1	Material terbaru (Single Crystal) sudu turbin gas dan kompressor	6,37%	1726	1616
2	Sistem perapat turbin gas	1,3%	1726	1704
3	Sistem perapat turbin uap	0,699%	1726	1714
4	Bentuk sudu 3D pada turbin uap	2%	1726	1691
	<b>Total</b>	<b>10,369%</b>	<b>1726</b>	<b>1547</b>

Pemodelan menggunakan empat skenario dan akan dilihat BOT (*Behaviour Over Time*) terhadap daya mampu neto, nilai tara kalo pembangkit, total jam operasi, produksi tahunan, pendapatan dari EAF (*Equivalent Availability Factor*), pendapatan dari CF (*Capacity Factor*) dan yang terakhir adalah persentase pangsa pasar perusahaan pembangkit, skenario berupa :

**3.1. Skenario unit pembangkit tanpa dilakukan pemeliharaan.**

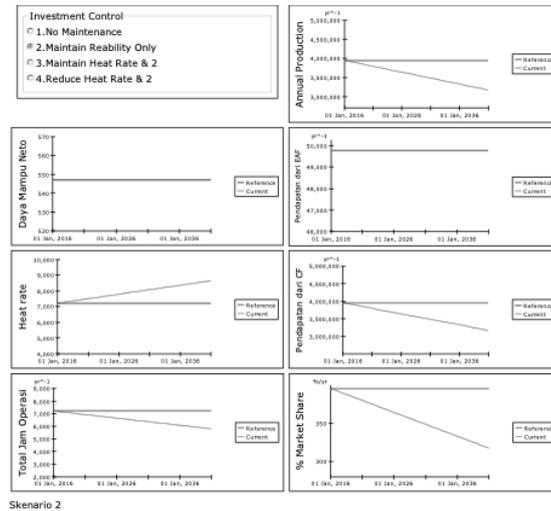
Pada skenario ini diasumsikan bahwa pembangkit PLTGU Priok terus menerus di operasikan tanpa dilakukan pemeliharaan yang signifikan. Sedangkan pasar kebutuhan listrik di asumsikan tumbuh 0%. Maka hasil dari simulasi sistem dinamik dapat dilihat sebagai berikut :



**Gambar 5.** Hasil Simulasi Skenario Unit pembangkit tanpa dilakukan Pemeliharaan

**3.2. Skenario unit pembangkit hanya melakukan pemeliharaan untuk keandalan.**

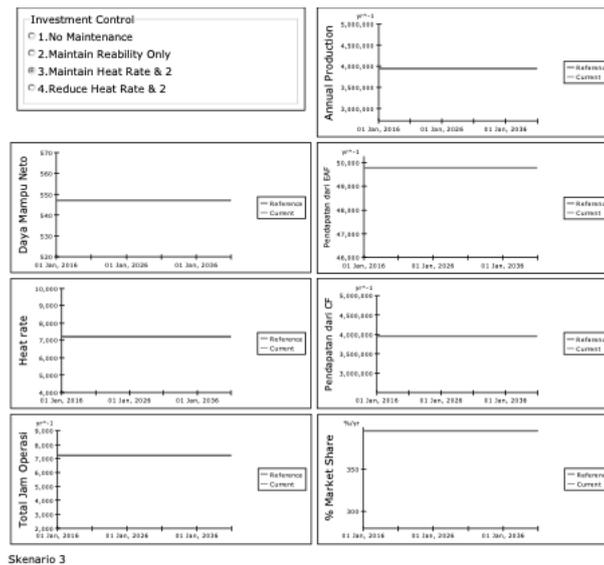
Pada simulasi sistem dinamik ini kontrol investasinya unit pembangkit hanya melakukan pemeliharaan untuk keandalan.



**Gambar 6.** Hasil Simulasi Skenario Unit pembangkit hanya melakukan pemeliharaan untuk keandalan

**3.3. Skenario unit pembangkit melakukan pemeliharaan untuk menjaga tara kalor pembangkit dan keandalan.**

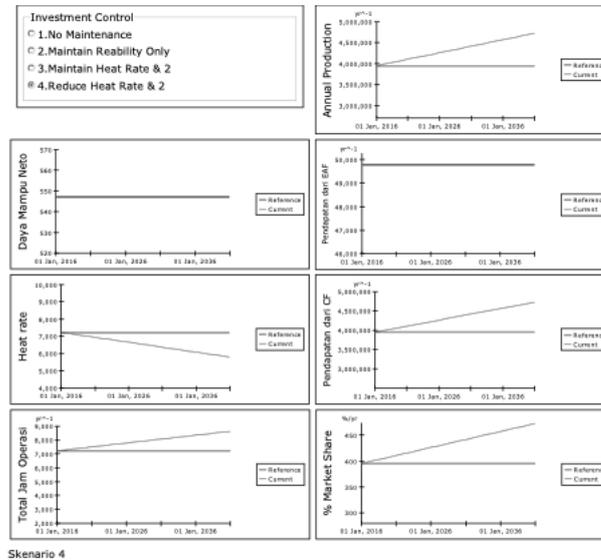
Pada simulasi sistem dinamik ini kontrol investasinya unit pembangkit melakukan pemeliharaan untuk menjaga tara kalor pembangkit dan pemeliharaan untuk mempertahankan keandalan.



**Gambar 7.** Hasil Simulasi Skenario Unit pembangkit melakukan pemeliharaan untuk menjaga tara kalor pembangkit dan keandalan

**3.4. Skenario unit pembangkit melakukan pemeliharaan untuk menurunkan tara kalor pembangkit dan keandalan.**

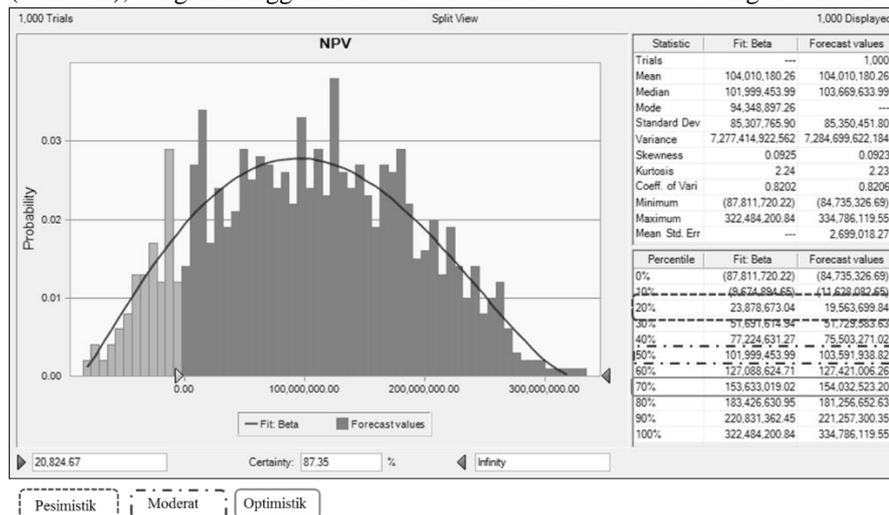
Pada simulasi sistem dinamik ini kontrol investasinya Unit pembangkit melakukan pemeliharaan untuk menurunkan nilai tara kalor pembangkit dari desainnya dan juga melakukan pemeliharaan untuk mempertahankan keandalan.



Gambar 8. Hasil Simulasi Skenario Unit pembangkit melakukan pemeliharaan untuk memperbaiki tara kalor pembangkit dan keandalan

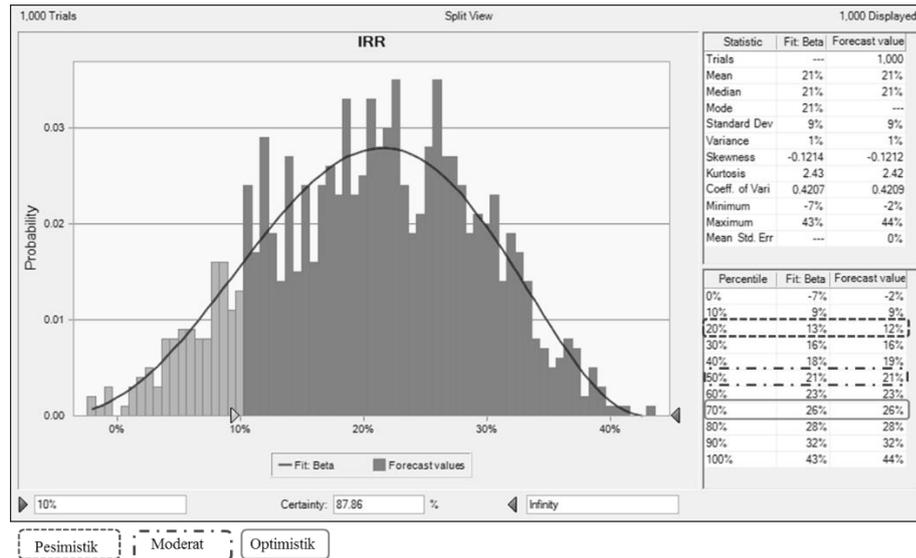
### 3.5. Analisis Kelayakan Investasi Secara Probabilistik

Model deterministik menghasilkan nilai kelayakan investasi baik NPV maupun IRR untuk setiap data masukan tertentu. Nilai NPV dan IRR yang dilakukan analisis proyeksi arus kas dalam bentuk analisis probabilistik (stokastik), dengan menggunakan software simulasi *monte carlo* dengan software *Crystal Ball*.



Gambar 9. Monte Carlo Output untuk NPV

Gambar 8 menjelaskan probabilitas NPV bila ke empat teknologi untuk penurunan nilai tara kalor pembangkit diimplementasikan di PLTGU Priok untuk 1 blok. Kelayakan investasi NPV besar dari nol maka NPV nya adalah 20.828 USD.



Gambar 10. Monte Carlo Output untuk IRR

Gambar 9 menjelaskan probabilitas IRR (*Internal Rate of Return*) bila ke empat teknologi untuk penurunan nilai tara kalor pembangkit diimplementasikan di PLTGU Priok untuk 1 blok. IRR atau nilai  $i^*$  harus dibandingkan dengan MARR yang telah ditetapkan untuk mengevaluasi apakah suatu investasi layak untuk dijalankan. Nilai MARR adalah 10 % maka IRR adalah 13% layak untuk diimplementasi teknologi untuk perbaikan nilai tara kalor tersebut dapat dilaksanakan dengan sukses adalah sekitar 20%. Jika PLTGU Priok bersikap moderat maka IRR harus tidak kurang dari 21% untuk percentile 50%. Jika PLTGU Priok ingin lebih berhati-hati maka IRR harus sekitar 26% untuk percentile 70%.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Peluang teknik yang sudah diidentifikasi pada pembangkit PLTGU Priok blok 1 dan blok 2 secara perhitungan dapat menurunkan nilai tara kalor pembangkit sebesar 10,369%, dan hasil simulasi sistem dinamik yang dibuat menunjukkan bukti adanya hubungan antara kenaikan pendapatan operasional dengan penurunan nilai tara kalor pembangkit listrik PLTGU Priok.

Kenaikan faktor kapasitas melalui investasi penurunan tara kalor pembangkit terbukti dapat menaikkan profit dan mendorong pertumbuhan yang lebih baik melalui implementasi penggunaan teknologi terbaru. Kelayakan investasi yang diwujudkan dalam bentuk NPV dan IRR, masing-masing sebesar USD 78.175.694 dan 19%. Dengan tingkat risiko yang cukup rendah yaitu 12%. Risiko-risiko tersebut harus dimitigasi untuk meminimalkan dampak negatif dari investasi yang dikeluarkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Indonesia Power yang telah memberi dukungan dan kemudahan akses data sehingga sangat membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia Power, PT. Produksi Energi Pembangkit Januari s.d Desember 2015, Niaga PT. Indonesia Power
- [2] Fernandes, Alex, Hubungan Antara Anggaran Pemeliharaan Pembangkit Dengan Pendapatan Perusahaan Pembangkit Listrik (Study Case : PT. Indonesia Power). Seminar. UI 2015
- [3] Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Luxhoj, J. T. (2006). *Engineering economy* (13th ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [4] Marsh, W. D. (1980). *Economics of electric utility power generation*. New York: Oxford University Press.
- [5] Hartono, J. (2013). *Metodologi penelitian bisnis – salah kaprah dan pengalaman-pengalaman* (edisi 6). Yogyakarta: BFE UGM.
- [6] Ruseno, Tulus. (2013). *Turbin Gas: Analisa Performance & Efisiensi Thermal Turbin Gas untuk Pembangkit Tenaga Listrik*. PT. Indonesia Power
- [7] PT. Indonesia Power (2010). *Keputusan Direksi Nomor 57.K/010/IP/2010 Tentang Sistem Manajemen Aset Pembangkit*. Jakarta PT. Indonesia Power
- [8] PT. Indonesia Power (2011). *Ruang Lingkup Pemeliharaan Periodik di Lingkungan PT. Indonesia Power*. Keputusan. Direksi No. 139.K/020/IP/2011
- [9] PT. PLN (Persero) (Maret 2012). *Protap Deklarasi Kondisi Pembangkit Dan Indeks Kinerja Pembangkit: Edisi 01/Revisi 04*. PT. PLN (Persero)
- [10] Mukherje D. K., State of the Art Gas Turbines – A Brief Update, ABB Power Generation, ABB Review 2, 1997
- [11] Sporer D., Refke A., Dratwinski M., GioVanetti I., Giannozzi M., Bigi M., Increased Efficiency of Gas Turbine, Sulzer Metco-GE Oil & Gas, Sulzer Technical Review 2, 2008
- [12] Smiarowski M. W, Leo R., Scholten C., Blake J., Steam Turbine Modernizations Solutions Provide a Wide Spectrum Of Options To Improve Performance, Siemens Power Generation (PG), Siemens AG 2005.
- [13] Axel P. F. A. U., Loss Mechanism In Labyrinth Seals Of Shrouded Axial Turbines, Dissertation Of Swiss Federal Institute Of Technology Zurich, Zurich, 2003.
- [14] Pastrana R. M., Wolfe C. E., Turnquist N. A., Burnett M. E., Improved Steam Turbine Leakage Control With a Brush Seal Design, Proceedings Of The 30th Turbomachinery Symposium, USA
- [15] Schaarschmidt A., enikejew E., Nitch G., Mülheim an der Ruhr, Michels B., Performance Increase Through World Class Technology And Implementation, Siemens Power Generation, E.ON-Energy, 2005.
- [16] Schaarschmidt A., Jenikejew E., Nitch G., Michels B., Performance Increase Through World Class Technology And Implementation, EON Siemens AG, 2005
- [17] Kambiz E.Maani & Robert Y.Cavana. (2007). *Systems Thinking, System Dynamics : Managing Change and Complexity-Second Edition*, Pearson-Prentice Hall, New Zealand.
- [18] Project Management Institute (PMI). (2013). *Project Management Body of Knowledge* (5th ed.).
- [19] Meredith, J., Shafer, S., & Turban, E. (2002). *Quantitative business modeling*. USA: South-Western Thomson Learning.
- [20] Raychaudhuri, S., (2008). *Introduction to Monte Carlo simulation*. Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference.
- [21] Sugiyama, S. (2008). *Monte Carlo simulation / risk analysis on a spreadsheet: review of three software packages*. Foresight Issue 9: 2008.

- [22] Cooper, Donald, R., Schindler, P. S. (2003). Business Research Methods (8th edition), Newyork : McGraw-Hill Companies, Inc.
- [23] Alstom, Service Manual GT13E1, 2003
- [24] ABB, Power Plants Training: Steam Turbine Design, Heat And Mass Balances, 1991.
- [25] Devore, J. L. (1995). Probability and statistics for engineering and the sciences (4th ed.). Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- [26] ASME PTC 2 Vol. 1-4, Performance Test Code, 1980