

## Feasibility Study Of Gt Power Augmentation By Tes-Tiac

Agung Subagio<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

\*Corresponding author: agungsbg@yahoo.com.sg

**Abstract.** This GT power output installed in the tropical ambient air instead of ISO standard (15<sup>0</sup>C) will reduced due to decreasing of air's density . Turbin Inlet Air Cooling (TIAC) system will install to gain the ambient air of ISO standard. However to reduce parasitic power of TIAC, Thermal Energy Storage (TES) will be installed in order to keep the chilled water during producing of 18 hrs. TES-TIAC will be effective in the 6 hrs operation of GT such as in the GT operation by PLN during Peak load. The result of feasibility study show, that the increasing power achieve minimal 10% and the heat rate will reduce of 2.5%. The economic value of installation TESTIAC in GT power plant shall be taken in to consideration such as IRR: 24%, NPV: USD 24,786,200.00 and BCR: 1.58 with gain of 48 MW increasing power (4GT) and invested of USD 24,393,200.00

**Abstrak.** GT Power Plant yang terpasang di udara tropis memiliki daya output turbin gas lebih rendah dibandingkan pada saat diuji dengan standart ISO dengan suhu 15<sup>0</sup>C. Hal tersebut disebabkan karena density udara pada 15<sup>0</sup>C lebih tinggi dibandingkan suhu udara tropis yang pada umumnya sekitar 34<sup>0</sup>C. Umumnya saat ini PLN mengoperasikan turbin gas pada beban puncak selama 6 jam / hari dari jam 17.00 sampai dengan jam 22.00, sehingga sistem pendingin udara masuk turbin gas dapat menggunakan tangki penyimpan air dingin atau yang disebut Thermal Energy Storage-Turbin Inlet Air Cooling (TES-TIAC) agar penggunaan energy pada sistem pendingin tersebut rendah. Kajian teknis dan keekonomian dihitung menggunakan data dari 2 blok PLTGU dengan kombinasi 2 unit turbin gas @ 100 MW dan 1 unit turbin uap @ 200 MW, yang pada umumnya terpasang dan dioperasikan di pulau Jawa. Kurva kinerja turbin gas menunjukkan kenaikan daya output turbin gas minimal 10 % dan efisiensi termal naik 2.5 % , apabila suhu udara masuk ke turbin gas diturunkan dari 34 <sup>0</sup>C menjadi 15 <sup>0</sup>C. Penurunan suhu udara tersebut menggunakan air dingin dengan suhu 6 <sup>0</sup>C yang diproduksi oleh mesin Chiller , sedangkan koil pendingin dipasang dalam saluran udara masuk ke kompresor GT. Sistem pendingin tersebut menggunakan Thermal Energy Storage , agar dapat menghemat daya listrik yang digunakan. Hal tersebut dimungkinkan, karena air dingin yang dibutuhkan diproduksi dalam jangka waktu yang lebih lama (18 jam), sedangkan penggunaannya pada saat turbin gas beroperasi selama beban puncak atau 6 jam. Hasil daya output tambahan sebesar 4X12 MW menggunakan sistem TES-TIAC (4X8440 m<sup>3</sup> - 4X1239 TR) dengan investasi sebesar USD 24,393,200. Hasil indikasi keekonomian untuk jangka waktu 20 tahun , menunjukan nilai IRR : 24 %, NPV : USD 24,786,200 dan Benefit Cost Ratio : 1.58 . Oleh karena itu penggunaan TES-TIAC pada GT Power Plant layak dipertimbangkan .

**Kata kunci:** GT power plant, studi kelayakan, TES-TIAC

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### LATAR BELAKANG

Saat ini PLN mengoperasikan GT Power Plant dengan total sekitar 5000 MW di pulau Jawa untuk memenuhi beban puncak selama 6 jam setiap hari, karena beban dasar diatasi oleh mesin pembangkit listrik dengan bahan bakar lebih murah , seperti batubara atau air pada PLTA. Dengan kapasitas GT Power Plant sebesar itu, perlu diberdayakan agar dapat dihemat penggunaan energy primernya, khususnya bahan bakar gas, yang semakin lama semakin menipis cadangannya serta mahal harganya. Salah satu caranya , yakni dengan mendinginkan udara masuk ke turbin gas sampai pada standart suhu ISO (15<sup>0</sup>C). GT Power Plant terpasang dengan kombinasi turbin uap , yang

disebut Combined Cycle Power Plant dengan skema 3 GT dan 1 ST untuk 1 blok dan umumnya terpasang 2 blok pada satu tempat.

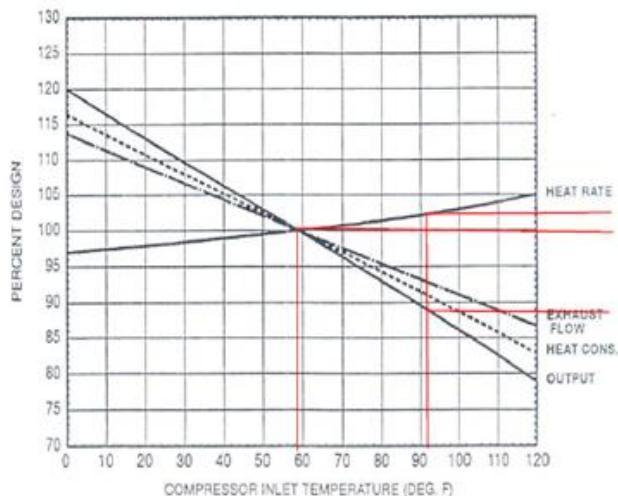
Dengan pola operasi GT Power Plant selama 6 jam/hari, maka sistem pendingin udara tersebut dapat menggunakan tangki penyimpan air dingin, yang diproduksi pada saat turbin gas tidak dioperasikan selama 18 jam. Hal ini yang menyebabkan daya listrik yang digunakan oleh mesin Chiller dapat lebih kecil, dibandingkan dengan kebutuhan yang sesungguhnya.

Dari kinerja turbin gas pada umumnya , diperoleh penambahan daya output minimal 10% dan Heat Rate turun 2.5 % , apabila mengoperasikan turbin gas pada suhu 15<sup>0</sup>C. Sehingga dengan GT Power

Plant terpasang sekitar 5000 MW , akan diperoleh penambahan daya output sebesar 500 MW atau dapat diperoleh penghematan bahan bakar sebesar 2.5 % .

## PENGARUH SUHU AMBIENT TERHADAP KINERJA TURBIN GAS

Gambar 1 merupakan grafik yang dibuat oleh pabrik pembuat turbin gas (GE) dan diukur dari hasil pengujian, sehingga hasil kinerja tersebut dapat dipertanggung jawabkan oleh pabrik pembuatnya.



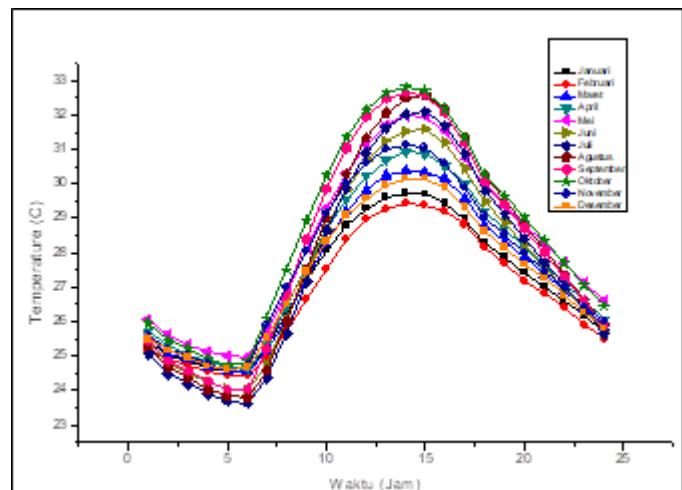
**Gambar 1** Pengaruh suhu ambient vs Kinerja GT

Dari gambar 1 terlihat daya output naik 12% dan Heat rate turun 2.5 % , apabila suhu udara ambient turun dari  $34^{\circ}\text{C}$  ( $93.2^{\circ}\text{F}$ ) ke suhu  $15^{\circ}\text{C}$  ( $59^{\circ}\text{F}$ ). Suhu  $15^{\circ}\text{C}$  tersebut yang akan dikondisikan menggunakan air dingin dengan suhu  $6^{\circ}\text{C}$  , yang diproduksi oleh mesin Chiller.

## PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN

Beban pendingin dihitung dari jumlah aliran masa udara masuk ke turbin gas dikalikan dengan beda enthalpi suhu  $34^{\circ}\text{C}$  dan suhu  $15^{\circ}\text{C}$ .

Studi kelayakan ini , khususnya diperlukan untuk penggunaan TES-TIAC pada PLTGU Tambak Lorok – Semarang, terdiri dari 2 blok @ 3GT dan 1 ST dan hasil pengukuran suhu selama tahun 2017 terlihat dalam gambar 2



**Gambar 2** Pengukuran suhu dalam 1 tahun di Tambak Lorok

Dari gambar diatas terlihat suhu udara dalam 24 jam berubah , khususnya untuk beban puncak jam 17.00 dengan suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan berakhir pada jam 22.00 pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$ , sehingga dapat dihitung beban pendingin udara masuk ke turbin gas melalui compressor seperti dalam table dibawah ini .

Time	Ambient Conditions			Cooling Down to 15 °C					
	Temp. (°C)	Rel.Hum. (%)	Enthalpy h1 (kJ/kg)	Temp. (°C)	Rel.Hum. (%)	Enthalpy h2 (kJ/kg)	Cooling Capacity (kW)	Chiller Capacity (kW)	Tank Status (kW h)
							(78.406)		
0.00	26	83		15		0		4356	12.632
1.00	25	85		15		0		4356	16.988
2.00	25	86		15		0		4356	21.344
3.00	25	87		15		0		4356	25.700
4.00	24	88		15		0		4356	30.056
5.00	24	89		15		0		4356	34.412
6.00	24	89		15		0		4356	38.768
7.00	25	87		15		0		4356	43.124
8.00	26	82		15		0		4356	47.480
9.00	28	77		15		0		4356	51.836
10.00	29	70		15		0		4356	56.192
11.00	30	66		15		0		4356	60.548
12.00	30	63		15		0		4356	64.904
13.00	31	62		15		0		4356	69.260
14.00	31	61		15		0		4356	73.616
15.00	31	62		15		0		4356	77.972
16.00	31	63		15		0		4356	82.326 (8.441)
17.00	30	65	75	15	100	42	13.134	0	69.192
18.00	29	68	74	15	100	42	12.736	0	56.456
19.00	29	73	77	15	100	42	13.930	0	42.526
20.00	28	75	74	15	100	42	12.736	0	29.790
21.00	28	77	76	15	100	42	13.532	0	16.258
22.00	27	79	73	15	100	42	12.338	0	3.920
23.00	26	81		15		0		4356	8.276

## ANALISA PERHITUNGAN KEBUTUHAN CHILLER DAN TANGKI PENYIMPAN AIR DINGIN

Beban pendingin (Cooling capacity) udara masuk ke GT dihitung dengan mengalikan aliran masa udara ( 398 kg/detik ) dan beda Enthalpi udara pada suhu ambient – suhu  $15^{\circ}\text{C}$ . Dari data pengamatan selama beberapa tahun PLTGU Tambak Lorok, hanya mengoperasikan 4 GT.

Total beban pendingin pada beban puncak, dihitung dari jam 17.00 sampai dengan jam 22.00 , seperti terlihat alam table diatas : 78,406 kW , sehingga kapasitas mesin Chiller :  $78,406 / 18$  jam :

4356 kW ( 1241 TR ) per GT. Untuk mengoperasikan 4 GT diperlukan kapasitas Chiller : 4964 TR.

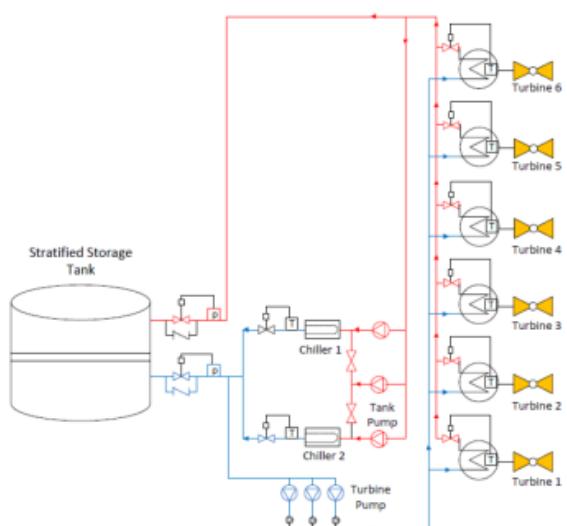
Perhitungan volume tangki penyimpan air dingin dihitung dengan total beban pendingin dengan beda suhu air dingin yang digunakan sebesar  $8^{\circ}\text{C}$  : 78,406 X 3600 / 4.18 x  $8^{\circ}\text{C}$  : 8,440 m<sup>3</sup> per GT. Untuk kebutuhan 4 GT : 4 X 8440 : 33,760 m<sup>3</sup>.

Dengan asumsi COP mesin Chiller-Amonia : 6 , maka kebutuhan daya listrik mesin Chiller : 4964 X 3.51 / 6 : 2,900 kW yang beroperasi selama 18 jam per hari. Sedangkan pada saat operasi GT selama 6 jam , maka sistem pendingin hanya menghidupkan pompa air dingin dengan daya sekitar 400 kW. Perhitungan debit pompa : 13,930 / 4.18 X 8 : 416 kg/s dan Head pompa : 30 m untuk setiap GT .

### DESAIN TES-TIAC PLTGU Tambak Lorok

#### Diagram peralatan TES-TIAC dan pemipaannya

Terdiri dari 2 blok PLTGU atau 6 unit GT , yang setiap GT dipasang Cooling Coil, 2 mesin Chiller, 1 unit tangki penyimpan air dingin, 3 unit pompa pengisi tangki penyimpan, 3 unit pompa distribusi air dingin dan sistem control menggunakan adaptive temperature, seperti terlihat dalam diagram dibawah ini.



Gambar 3 Diagram sistem TES-TIAC

### DIAGRAM ISOMETRIK TES-TIAC



Gambar 4 Isometrik diagram TES-TIAC

### TEKNIS PEMASANGAN COOLING COIL DALAM SALURAN UDARA MASUK

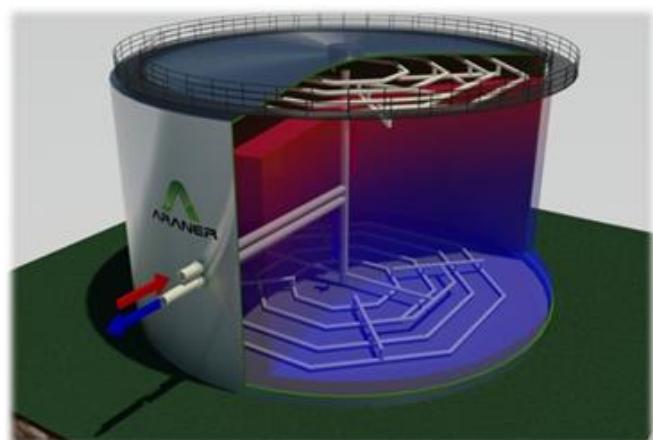
Terlihat dalam gambar 5 dibawah ini, Evaporative system dipasang diantara Filter house dan ducting plenum ke intake compressor, yakni dengan menggeser Filter house kedepan.



Gambar 5 Penempatan Evaporator dalam saluran intake GT

### TANGKI PENYIMPAN AIR DINGIN

Berupa stratified storage tank yang memungkinkan air dingin dan air panas tidak tercampur , seperti terlihat dalam gambar dibawah ini.



### ANALISA KEEKONOMIAN

Dalam Analisa Ekonomi Teknik analisa dilakukan dengan menggunakan metoda NPV, metoda IRR, dan metoda BCR, yang dilakukan pada tabulasi alir tunai terhadap waktu. Formula-formula untuk parameter, dilakukan dengan formula yang

ada pada program Microsoft Excel yang sudah ada maupun yang banyak dipakai oleh kalangan luas.

### **BIAZA EPC PEMASANGAN TES-TIAC**

Dasar prakiraan Biaya Proyek ini, didapat dari “Quotation” dari suplier TESTIAC, yang ditambah dengan biaya-biaya yang harus termasuk didalamnya, diantaranya adalah bea masuk, PPn, PPh, Handling & Warehouse, CIF site, dan lainnya. Prakiraan Biaya Proyek dari Quotation hanya termasuk komponen-komponen sebagai berikut: Design & Engineering, Equipment Supply (CIF Jakarta) dan Commissioning & Testing dan lainnya, sebesar USD 24,393,200.

### **Net Present Value (NPV)**

Analisis NPV pada dasarnya dilakukan untuk mengetahui, apakah suatu proyek akan memberikan tingkat pengembalian yang melebihi atau kurang dari tingkat pengembalian minimum yang diinginkan. Metode analisis ini akan memberikan informasi apakah suatu investasi akan menguntungkan atau tidak, dan akan memberikan nilai yang dapat digunakan untuk membandingkan profitabilitas berbagai alternatif investasi yang sedang dipertimbangkan sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan investasi.

Secara matematis rumus NPV adalah :  $NPV = \sum \text{Benefit } t / (1+i)t - \sum \text{Cost } t / (1+i)t$

di mana:

$t$  adalah Periode evaluasi atau umur ekonomis proyek ditambah masa persiapan dan masa pembangunan proyek.

$i$  adalah tingkat diskonto atau suku bunga pendiskonto (discount rate)

### **Internal Rate of Return**

Metoda Internal Rate of Return atau disebut juga IRR, merupakan metoda kedua yang paling banyak dipakai kalangan luas investor.

Laju pengembalian internal (IRR) merupakan tingkat pengembalian atas nilai investasi yang belum kembali dimana apabila penerimaan terakhir diterima maka nilai ekuivalen dari semua pengeluaran dan penerimaan akan sama.

Tingkat Pengembalian atau Internal Rate of Return (IRR) biasa disebut juga the discounted rate of return. IRR dapat didefinisikan sebagai tingkat pengembalian investasi (rate of return) yakni  $i\%$  yang kalau digunakan sebagai

pendiskonto (discount rate) akan memberikan keadaan berikut:

$$IRR = r_a + \frac{NPV_a}{NPV_a - NPV_b} (r_b - r_a)$$

Dimana  $r_a$  adalah lower discount factor dan  $r_b$  adalah higher discount factor

### **Benefit Cost Ratio (BCR)**

Net Benefit Cost Ratio (B/C) atau Rasio Manfaat Biaya dapat didefinisikan sebagai nisbah seluruh manfaat (penerimaan bersih atau benefit) terhadap seluruh biaya (pengeluaran bersih) dari proyek tersebut. Rasio Manfaat Biaya ini, mencerminkan manfaat dari setiap rupiah yang diinvestasikan. Secara matematis, definisi B/C tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$\sum R_n (P/F, i\%, N) / \sum E_n (P/F, i\%, N)$$

di mana:

$(P/F, i\%, N)$  adalah “Faktor Nilai Sekarang” yakni “dicari P diketahui F yang harga-harganya ada dalam Tabel Pemajemukan Diskret atau dapat dihitung sendiri dengan menggunakan rumus  $1/(1+i)^n$ .

$R_n$  = Penerimaan bersih pada tahun ke- $n$

$E_n$  = Pengeluaran bersih pada tahun ke- $n$

$n = 0, 1, 2, 3, \dots, N$

$N$  = Periode evaluasi atau umur ekonomis proyek ditambah masa persiapan dan masa pembangunan proyek

### **Hasil Perhitungan Analisa Financial**

Beberapa asumsi sebagai dasar perhitungan adalah sebagai berikut :

Nilai tukar Rp.13.500,- per 1 US\$.

Implementasi pembangunan proyek dilakukan selama 16 bulan.

Umur proyek diasumsikan 20 tahun, Full COD pada tahun 2020.

Periode Pembayaran kembali berlangsung selama 10 tahun.

Harga bahan bakar gas : USD 6.00 per MMBtu

Pajak pendapatan : 25 % , Capacity Factor : 42.5 %, MARR : 10 %, O/M cost : 0.01 USD/kWH

Hasil Analisa Keuangan PLTGU T. Lorok (NPV dalam USD)

FINANCIAL FEASIBILITY INDICATOR		Base Case
1	MARR	10%
2	Financial Internal Rate of Return	24%
3	Net Present Value	24.786.200
4	Benefit Cost Rasio	1,58

## KESIMPULAN

Sesuai kinerja GT dari pabrikan dan analisa perhitungan sistem pendingin TES-TIAC, kenaikan daya output maupun penghematan bahan bakar dapat diperoleh dengan daya listrik pemakaian sendiri cukup kecil (3 MW) dengan penambahan daya sebesar hampir 50 MW. Juga diperoleh penghematan bahan bakar sebesar 2.5 % dengan nilai sebesar ....

Secara teknis pemasangan unit TES-TIAC dapat dilaksanakan dan tidak mengganggu kinerja GT yang terpasang, karena pressure drop Cooling coil sangat kecil.

Rencana pemasangan TESTIAC di PLTGU Tambak Lorok untuk 6 unit GT, walaupun hanya 4 unit GT yang beroperasi, sehingga apabila GT beroperasi bergantian TESTIAC tetap dapat beroperasi

Hasil parameter keuangan cukup menggembirakan dengan IRR: 24%, NPV : USD 24,786,200.00 dan BCR : 1.58, sehingga pemasangan TESTIAC pada PLTGU Tambak Lorok maupun yang lain, layak dipertimbangkan.