

## NEW ENPI TYPE STATISTIC MODEL ISO 50006 SEBAGAI EVALUASI KINERJA GAS TURBIN GENERATOR DI PERUSAHAAN OIL DAN GAS

**Solekhah Triayuni**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: solekhah.19086@mhs.unesa.ac.id

**Mohammad Effendy**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: mohammadeffendy@unesa.ac.id

### Abstrak

Gas Turbin Generator (GTG) merupakan peralatan pengguna energi yang mengkonsumsi 60% dari total konsumsi energi di perusahaan minyak dan gas. Oleh karena itu kinerja energi GTG harus selalu di monitoring dan di evaluasi kinerja energinya berdasarkan ISO 50006:2014. Tujuan penelitian ini untuk membangun EnPI dan EnB berdasarkan standard ISO 50006:2014 dengan type Statistic Model. Penetapan EnPI dipengaruhi oleh konsumsi energi dan variabel yang mempengaruhi konsumsi energi. Metode yang digunakan yaitu analisis dengan perumusan regresi linier dengan variabel variasi *Power* dan *Gas Fuel Flow* dan perumusan regresi polinomial dengan menghubungkan variabel *Power* dan *SEC*. Didapatkan pada perumusan regresi polinomial dengan variabel *Power* dan *SEC* memiliki korelasi yang kuat ( $R^2 > 0,8$ ). Hasil dari penelitian didapatkan bahwa pada 01 April 2023 – 31 Desember 2023 yang dijadikan sebagai data baseline. Dan 01 Januari 2024 – 16 Maret 2024 sebagai data aktual mengalami penurunan secara significant. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tahun 2024 mengalami penghematan energi dan biaya dibandingkan dengan tahun 2023, karena pada akhir 2023 dilakukannya pemeliharaan rutin dan pengendalian parameter operasi di GTG tersebut. Sehingga pada tahun berikutnya 2024 mengalami peningkatan kinerja energi.

**Kata Kunci :** *Energy Baseline (EnB), Energy Performance Indicator (EnPI), ISO 50006*

### Abstract

*Gas Turbine Generator (GTG) is an energy-using equipment that consumes 60% of the total energy consumption in oil and gas companies. Therefore, GTG energy performance must always be monitored and evaluated based on ISO 50006: 2014. The purpose of this research is to build EnPI and EnB based on ISO 50006: 2014 standard with type Statistic Model. The determination of EnPI is influenced by energy consumption and variables that affect energy consumption. The method used is analysis with linear regression formulation with Power and Gas Fuel Flow variables and polynomial regression formulation by connecting Power and SEC variables. It was found that the formulation of polynomial regression with Power and SEC variables had a strong correlation ( $>0.8$ ). The results of the study found that April 01, 2023 - December 31, 2023 were used as baseline data. And January 01, 2024 - March 16, 2024 as actual data has decreased significantly. So it can be concluded that 2024 experienced energy and cost savings compared to 2023, because at the end of 2023 routine maintenance and control of operating parameters at the GTG were carried out. So that the next year of 2024 experienced an increase in energy performance.*

**Key words:** *Energy Baseline (EnB), Energy Performance Indikator (EnPI), ISO 50006.*

### PENDAHULUAN

Di pasaran dunia harga minyak semakin naik, maka harga energi dalam negeri juga akan naik. Hal itu berdampak pada kenaikan harga konsumsi energi listrik, gas dan minyak. Salah satu langkah menurunkan pemakaian listrik, gas, batubara dan solar tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas produksinya adalah dengan melakukan penghematan energi. Untuk menerapkan penghematan energi di proses produksi, maka diperlukan informasi yang akurat terhadap pemakaian energi (gas) saat ini dan menghitung peluang penghematan yang bisa dilakukan di masa mendatang. Gas turbin generator merupakan peralatan pengguna energi utama di lapangan SPU yaitu mengkonsumsi 60% dari total konsumsi energi di perusahaan minyak dan gas. Berdasarkan perilakunya setiap bagian pada Gas turbin generator akan mengalami penurunan kinerja energinya. Penurunan kinerja energi akan berdampak terhadap peningkatan biaya energi pada perusahaan.

Sehingga untuk mencegah hal tersebut diperlukan membangun sistem monitoring kinerja energi pada peralatan Gas Turbin Generator (GTG) agar secara periodic dapat dilakukan evaluasi kinerja energinya. Hal ini berdasarkan *guidline* Sistem Manajemen Internasional ISO (*International Standard Operation*). Untuk standar manajemen energi ini diperlukan membangun *Energy Baseline (EnB)* yang dapat mengukur penurunan atau peningkatan *Energi Performance Indicator (EnPI)* untuk melengkapi sistem manajemen energi ISO 50001. *Guidline* ISO yang digunakan untuk membangun *Energy Baseline (EnB)* dan *Energy Performance Indicator (EnPI)* adalah ISO 50006:2014. Penggunaan tipe *Energy Baseline (EnB)* dan *Energy Performance Indicator (EnPI)* yang tepat di GTG ditunjukkan dengan keberhasilan mengidentifikasi variabel yang mempengaruhi konsumsi energi. Salah satu kriteria keberhasilan yang dipersyaratkan oleh ISO 50006

adalah nilai  $R^2 > 0,8$ , dimana angka itu menunjukkan korelasi yang sangat kuat antara variabel dengan konsumsi energi.

(Fichera et al., 2020) menerapkan ISO 50001 dan ISO 50006 dalam membangun kinerja energi di gedung publik dengan menggunakan metode analisis regresi dengan variabel relevan yang mempengaruhi konsumsi energi yaitu *Heating Degree Days (HDD)*, *Cooling Degree Days (CDD)* dan *h darkness*. Dan untuk mengetahui peningkatan dan pemborosaan kinerja energi menggunakan grafik kontrol dan CUSUM. (Turinno et al., 2024) menerapkan sistem manajemen energi ISO 50001-2018 untuk menganalisis indikator kinerja energi dengan mencari variabel relevan yang mempengaruhi konsumsi energi dengan menggunakan metode analisis regresi berganda. Dengan variabel yang mempengaruhi konsumsi energi yaitu *Service Usage (person)* dan *Cooling Degree Days (CDD)*. Dan untuk mengetahui peningkatan dan pemborosaan kinerja energi menggunakan grafik *Monitoring & Verification (M&V)* dan CUSUM. (Abraham et al., 2021) pada peluang penghematan di sebuah perusahaan manufaktur baja yang didasarkan pada standar ISO 50001, 50004, dan 50006 menggunakan alat bantu seperti baseline, goalline, indikator kinerja energi, diagram Pareto, dan tinjauan energi. Penelitian ini menggunakan metode analisis regresi linier untuk mengetahui hubungan produksi dan konsumsi energi. dan untuk mengetahui potensi penghematan energi dengan menganalisis selisih *baseline* dan *goalline*.

**METODE**

Metode yang digunakan adalah metode analisis regresi linier. Metode analisis dimana menggunakan data sekunder yang dikumpulkan lalu diproses untuk menghasilkan keputusan. Sedangkan regresi linear yaitu sebuah metode statistik untuk menganalisis hubungan antara satu variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independent. Analisis pada penelitian ini bertujuan untuk membangun EnB yang digunakan sebagai monitoring EnPI berdasarkan Guidline ISO 50006 tipe Statistic Model menggunakan persamaan regresi yang menghubungkan antara konsumsi energi terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi konsumsi energi.

**Variabel Penelitian**

- Variabel Bebas  
Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah *Power (kw)*.
- Variabel Terikat  
Variabel terikat dalam penelitian kali ini adalah *Specific Energy Consumption / SEC (mmscf/kwh)*.
- Variabel Kontrol  
Variabel kontrol pada penelitian kali ini adalah Nilai keterkaitan antara energi konsumsi dengan energi *power R2 > 0,8*.

**Pengukuran Data**

- *Gas Fuel Flow (mmscf/h)*  
*Gas Fuel Flow* adalah suatu parameter untuk mengukur jumlah aliran gas bahan bakar hasil konversi dari (kg/h) menjadi (mmscf/h).

$$Gas\ Fuel\ Flow\ (mmscf/h) = \frac{Gas\ Fuel\ Flow\ (kg/h)}{Massa\ Jenis\ (kg/m^3)} \times 0,000035 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :  
Massa jenis gas = 0,81 kg/m3  
0,000035 = Faktor konversi dari m3 ke mmscf

- *Specific Energy Consumption (SEC)*  
SEC digunakan sebagai bentuk *Energy Performance Indicator (EnPI)*. SEC menunjukkan nilai perbandingan bahan bakar dengan energi per kwh yang dibangkitkan. Semakin rendah nilai SEC maka menunjukkan EnPI dalam pemanfaatan energy semakin baik.

$$SEC\ (mmscf/kwh) = \frac{Gas\ Fuel\ Flow\ (mmscf/h)}{Power\ (kW)} \dots\dots\dots(2)$$

- Analisa Regresi Linier  
Berdasarkan (ISO,2014) dengan menguji keterkaitan konsumsi energi terhadap variabel yang mempengaruhi konsumsi energi. Dengan ( $R^2 > 0,8$ ) batasan yang diijinkan untuk mengetahui keberhasilan yang dipersyaratkan oleh ISO 50006. Menggunakan perumusan regresi linear antara variabel variasi Power dan Gas Fuel Flow. Dengan persamaannya:  
 $y = ax+b \dots\dots\dots(3)$

dimana:  
y = konsumsi energi  
a = koefisien konsumsi energi per unit variabel relevan  
x = nilai variabel relevan  
b = konstanta konsumsi energi beban dasar,

- Analisa Regresi Polinomial  
Salah satu perbedaan regresi linier dengan regresi polinomial adalah jika pada regresi linier memiliki hubungan yang bersifat linier sedangkan regresi polinomial memiliki hubungan yang lebih kompleks. Ketika model regresi linier gagal menangkap titik-titik dalam data dan gagal mewakili secara optimal ( $R^2 > 0,8$ ), maka menggunakan perumusan regresi polinomial. Dengan persamaannya:

$$y = ax^2 + bx + c \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:  
y = konsumsi energi  
a = koefisien konsumsi energi per unit variabel relevan  
x = nilai variabel relevan  
b = koefisien konsumsi energi per unit variabel relevan 2  
c = konstanta konsumsi energi beban dasar,

• Evaluasi Kinerja Energi

a. *Expected SEC*

*Expected SEC* adalah energi baseline dari jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk membangkitkan *power* output tiap jam dengan mengacu pada persamaan konsumsi energi hasil regresi polinomial yaitu :

$$SEC = 4E-11 (\text{power})^2 - 1E-07 (\text{power}) + 0,0001 \dots\dots\dots(5)$$

b. *Energy Intensity Index (EII)*

*Eneyg Intensity Index* ini mengetahui penghematan atau pemborosan. Dengan membagi aktual *SEC* dengan *expected SEC* Jika berada dibawah 1,00 maka saat kondisi aktual lebih hemat daripada baseline, dan jika diatas 1,00 maka saat kondisi aktual lebih boros daripada baseline.

$$EII = \frac{\text{aktual } SEC}{\text{expexted } SEC} \dots\dots\dots(6)$$

c. *Difference (mmscf/hour)*

Untuk mengetahui penghematan dan pemborosannya dapat menghitung *difference* dengan selisih antara aktual *SEC* dan *expected SEC*. Jika minus (-) maka mengalami penghematan dan jika positif (+) maka mengalami pemborosan.

$$Difference \left( \frac{mmscf}{h} \right) = \text{aktual } SEC - \text{expected } SEC \dots\dots\dots(7)$$

d. *Difference SEC (mmscfd)*

*Difference SEC* adalah sebuah konversi dari *difference* (mmscf/hour) menjadi sebuah energi (mmscfd).

$$difference (mmscfd) = difference \left( \frac{mmscf}{h} \right) \times \text{power (kW)} \times 24 \dots\dots\dots(8)$$

e. *CUSUM (mmscfd)*

Grafik *CUSUM* lebih responsif dalam mendeteksi penyimpangan kecil karena dibuat berdasarkan akumulasi pengamatan masa lalu. Grafik *CUSUM* membuktikan apakah ada peningkatan kinerja energi atau tidak dari waktu ke waktu (Fichera et al., 2020).

$$CUSUM (mmscfd) = difference (mmscfd) + CUSUM \text{ sebelumnya (mmscfd)} \dots\dots\dots(9)$$

f. *CUSUM Energi (mmbtu)*

*CUSUM Energi* adalah total penghematan energi yang diperoleh dalam sebuah sistem.

$$CUSUM \text{ Energi (mmbtu)} = CUSUM (mmscfd) \times HV \text{ fuel} \left( \frac{BTU}{scf} \right) \dots\dots\dots(10)$$

g. *CUSUM finance (US\$/day)*

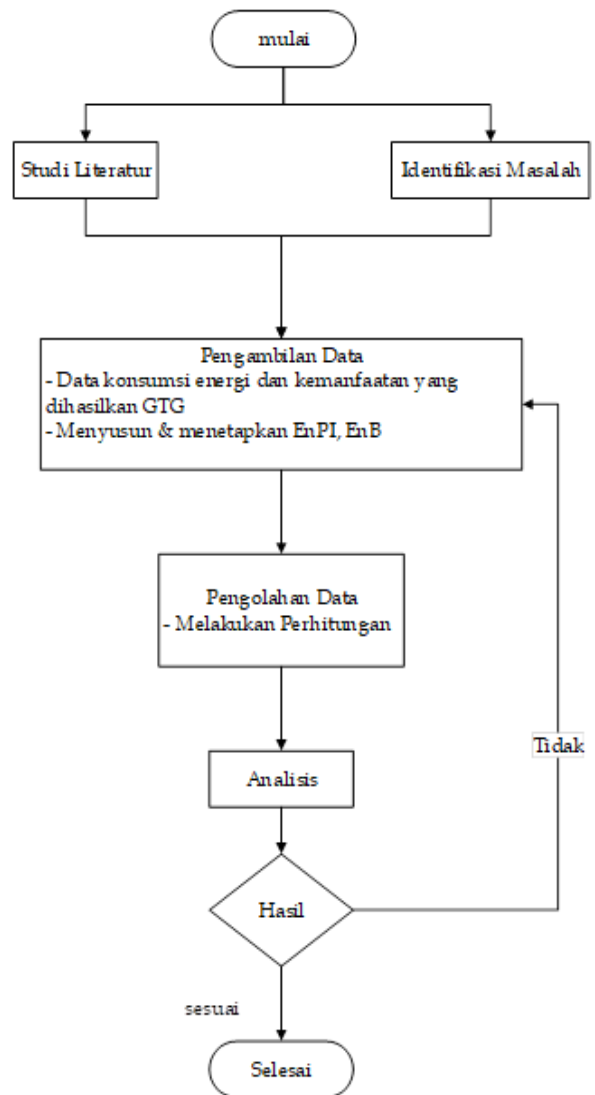
*CUSUM Finance* adalah total penghematan biaya yang diperoleh dalam sebuah sistem.

Keterangan:

Harga gas = 6 US\$/mmbtu

$$CUSUM \text{ Finance} \left( \frac{US}{\text{day}} \right) = CUSUM \text{ Energi (mmbtu)} \times \text{Harga gas} \left( \frac{US}{\text{mmbtu}} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## Prosedur Penelitian

Membangun kinerja Gas Turbine Generator TG 6201A di South Processing Unit (SPU) untuk melakukan review energi berdasarkan standard ISO 50006 dengan menyusun *Energy Baseline (EnB)* dan *Energy Performance Indicator (EnPI)* dengan tipe *Statistic Model* yaitu berupa persamaan regresi yang menghubungkan antara konsumsi energi terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi konsumsi energi. Dalam Penyelesaiannya memiliki metode dan tahapan sebagai berikut:

1. Tahap untuk memulai penelitian yaitu: dilakukannya studi literatur dengan mencari referensi berupa buku pedoman ISO 50006:2014 dan jurnal-jurnal penelitian yang relevan.
2. Mengidentifikasi masalah kemungkinan penyebab terjadinya masalah.
3. Mengidentifikasi, meninjau, dan mengumpulkan data. Lalu menyusun dan menetapkan *Energy Baseline (EnB)* dan *Energy Performance Indikator (EnPI)*. Dengan mencari:
  - *Gas Fuel Flow* (kg/h)
  - *Power* (kW)
4. Pengolahan data dengan memasukkan rumus perhitungan.
  - Mengkonversi *gas fuel flow* dari (kg/h) menjadi mmscf/h
  - Perhitungan *Specific Energy Consumption (SEC)*
5. Analisis Data dengan menguji keterkaitan konsumsi energi terhadap variabel yang mempengaruhi konsumsi energi. Dengan menggunakan metode analisis regresi linier dan regresi polinomial ( $R^2 > 0,8$ ).

## Teknik Analisa Data

Analisa data adalah suatu metode atau cara untuk mengolah sebuah data menjadi informasi sehingga dapat dipahami yang nantinya bisa dipergunakan untuk mengambil sebuah kesempatan dan menemukan solusi. Pada teknik analisa data yang digunakan adalah dengan menggunakan metode analisis data kuantitatif. Teknik analisis data kuantitatif adalah proses mengolah data yang sudah terkumpul dari lapangan atau referensi lain yang terpercaya. Penelitian ini juga menggunakan teknik analisis regresi. Analisis regresi untuk mengetahui pengaruh variabel yang mempengaruhi konsumsi energi dengan menggunakan bantuan aplikasi Microsoft Excel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Didalam hasil dan pembahasan kali ini untuk membangun EnPI dan EnB perlu diperhatikan dengan menentukan Type EnPI terbaik. EnPI dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsumsi energi dan variabel yang mempengaruhi konsumsi energi. Atau dengan kata lain konsumsi energi dipengaruhi oleh produksi. Dari hasil uji regresi polinomial keterkaitan konsumsi energi terhadap variabel relevan

yaitu antara Power dan SEC yang memenuhi standar ISO 50006 ( $R^2 > 0,8$ ). Sehingga variabel-variabel tersebut digunakan untuk menghitung EnB.

### 1. Data Baseline 2023

Dari data yang didapat periode baseline mulai 01 April 2023 – 31 Desember 2023. Periode baseline ini adalah periode waktu yang digunakan untuk membandingkan periode aktual, dengan tujuan untuk pemantauan kinerja, evaluasi peningkatan kinerja, dan penentuan penghematan energi. Dari hasil analisis didapatkan nilai EnPI pada tahun 2023 tidak terlalu bagus atau tidak optimal. Hal ini disebabkan karena periode waktu jam operasi. Berdasarkan pemeliharaan rutin jam operasi didefinisikan beberapa jenis yaitu harian, bulanan, setengah tahun (4000 jam operasi), dan satu tahun (8000 jam operasi). Dimana pemeliharaan harian meliputi pengecekan inspeksi untuk memastikan bahwa peralatan dan mesin berfungsi dengan aman, serta untuk menemukan kebocoran dan masalah yang menimbulkan resiko, pemeliharaan harian ini dilakukan saat mesin sedang beroperasi. Pemeliharaan bulanan meliputi pengecekan inspeksi untuk memastikan bahwa peralatan dan mesin berfungsi dengan aman, serta untuk menemukan kebocoran dan masalah yang dapat menimbulkan resiko. Data parameter operasi perlu dicatat dan perkembangan analisisnya harus dilakukan. Ini bisa membantu dalam memprediksi kemungkinan terjadinya kegagalan. Pemeliharaan satu tahun dilakukan untuk membongkar komponen subsistem untuk inspeksi. Inspeksi sebelumnya perlu dilihat pada pemeliharaan tahunan atau yang tidak tercantum di *manual book*. Memeriksa data secara rinci untuk memperkuat keakuratannya dan mengenali kegagalan fungsi sebelum melakukan uji performa. Ini dilakukan saat mesin sedang tidak beroperasi.

Pada Gas Turbin Generator TG 6021A selama periode baseline sebanyak 242 hari yang berarti setara 5808 jam operasi hal itu termasuk pemeliharaan setengah tahun, pemeliharaan ini dilakukan untuk memantau dan memelihara sistem agar memastikan bahwa peralatan dan mesin bekerja pada tingkat terbaiknya tanpa memperhatikan waktu operasional. Pemeliharaan ini dilakukan saat mesin tidak sedang beroperasi. Selain itu peralatan yang sudah mengalami penurunan kinerjanya, disebabkan oleh beberapa faktor yaitu pembakaran yang tidak sempurna karena tidak sebandingnya *Air Fuel Ratio*, *Air Fuel Ratio* adalah perbandingan antara jumlah bahan bakar dan udara pada proses pembakaran di ruang bakar tidak sebanding sehingga terjadilah pembakaran tidak sempurna. Untuk mengatasinya dengan mengecek indikator yang ada dan disesuaikan dengan standard yang sudah ada untuk mencapai pembakaran yang sempurna, lalu faktor lainnya kotorannya pada filter udara hal ini akan mengakibatkan hambatan sehingga udara yang masuk di kompresor lebih sedikit dan harus menyesuaikan rasio kompresi jika tidak akan terjadinya degradasi.

Oleh karena itu dilakukannya pembersihan pada filter udara dan setting ulang pada IGV. Lalu terjadinya perbedaan tekanan dan temperatur antara inlet dan outlet pada kompresor maupun pada turbin gas oleh karena itu di lakukannya perbaikan atau mengganti sudu-sudu kompresor dan gas turbin, karena jika tidak dilakukan akan terjadi over clearance dan itu akan mempengaruhi kinerja gas turbin generator. Sehingga salah satu upaya untuk mengendalikan kinerja energi dilakukan pemeliharaan secara rutin yaitu dapat dilihat dari pemeliharaan waktu operasi. Setiap 4000 jam operasi dan/ 8000 jam operasi. Maka dari itu waktu yang tepat dilakukannya pemeliharaan rutin pada akhir tahun 2023.

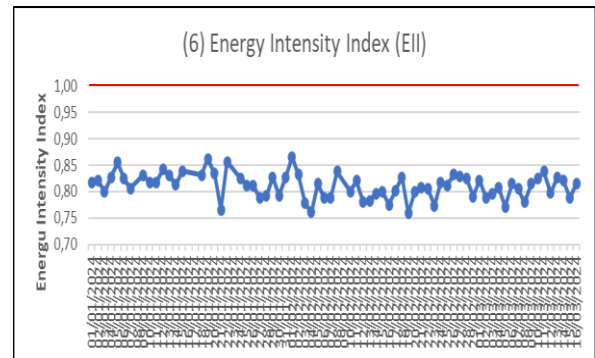
## 2. Data Aktual 2024

Data aktual diambil pada 01 Januari 2024 – 16 Maret 2024 setelah dilakukannya pemeliharaan rutin. Periode data aktual ini adalah periode waktu yang ditentukan dan dipilih untuk mengevaluasi kinerja energi dan peningkatan kinerja energi. Konsep periode aktual ini mencakup konsep periode pemantauan. Perhitungan konsumsi energi yang diharapkan selama periode aktual untuk memantau kinerja energi dan menentukan peningkatan kinerja energi. Setiap organisasi mengukur konsumsi energi selama periode aktual dan membandingkannya dengan konsumsi energi baseline nya.

Dari hasil analisis yang didapatkan Data aktual sudah mengalami kondisi terbaiknya karena sudah dilaksanakannya pemeliharaan pada akhir tahun 2023 tepatnya pada bulan desember. Dan sudah mengganti dan memperbaiki setiap equipment pada gas turbin generator seperti membersihkan dan memperbaiki filter udara dan membuat jadwal pembersihan dan penggantian sehingga tidak sampai mengakibatkan kerusakan di sudu kompresor dan memperbaiki atau membersihkan sudu-sudu kompresor axial dan jika diperlukan dilakukan coating ulang. Oleh sebab itu data aktual 2024, pada nilai EnPI sebagai bentuk SEC aktual nilainya lebih kecil atau lebih bagus daripada sebelum dilaksanakannya pemeliharaan.

## 3. Energy Intensity Index (EII)

Setelah menghitung evaluasi kinerja energi tahap selanjutnya yaitu mengetahui peluang penghematan energi dengan melihat data aktual pada tahun 2024.

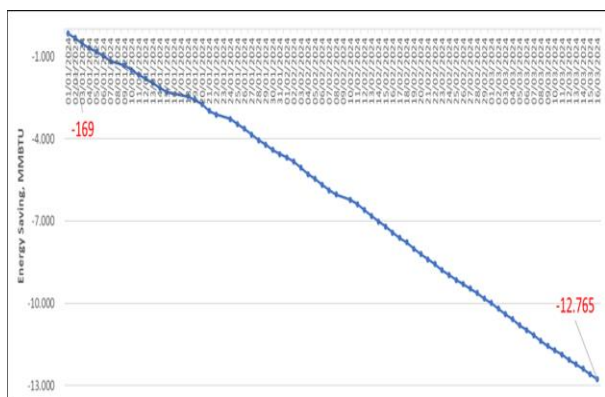


**Gambar 2.** Energy Intensity Index (EII)

*Energy Intensity Index (EII)* adalah sebuah parameter yang berfungsi untuk mengukur total konsumsi energi yang dipakai oleh sebuah sistem yang diatur rentang waktu yang telah ditentukan dan selain itu digunakan untuk menilai potensi penghematan energi yang dilakukan oleh sistem tersebut. Dengan perbandingan aktual SEC dengan *expected* SEC kita bisa menentukan nilai EII. Dimana aktual SEC adalah suatu indikator kinerja energi (EnPI) pada tahun 2024 dan *expected* SEC adalah energi baseline untuk menentukan indikator kinerja energi (EnPI). Bisa dilihat pada gambar grafik *Energy Intensity Index (EII)*. EII ini untuk mengetahui seberapa hemat atau borosnya jumlah konsumsi energi pada TG 6201 A. Standard nilai *Energy Intensity Index (EII)* adalah 1,00. Semakin rendah nilai indeks intensitas energinya (< 1,00) semakin hemat penggunaan energinya. Dari grafik diatas dapat dilihat garis tren cenderung kurang dari 1,00. Hal itu berarti EII mengalami penghematan. Hal ini disebabkan jika mengalami pemborosan nilai aktual SEC lebih besar daripada nilai *expected* (baseline) SEC nya atau konsumsi bahan bakar lebih banyak dikeluarkan ini bisa terjadi di ruang bakar atau pada kompresor yang mengalami penurunan kinerja sehingga konsumsi energi semakin meningkat. Dan sebaliknya saat mengalami penghematan disebabkan karena nilai aktual lebih kecil daripada nilai *expected* (baseline) SEC nya atau konsumsi energi yang dikeluarkan lebih sedikit.

Dapat kita tahu bahwa semakin rendah nilai SEC maka menunjukkan EnPI dalam pemanfaatan energi pada TG 6021 A semakin baik. Selain itu faktor lainnya pada tahun 2024 data yang diambil sudah mengalami pemeliharaan tahunan pada akhir tahun 2023 oleh sebab itu pada tahun 2024 data yang digunakan konsumsi energi relatif stabil sehingga mengalami peningkatan kinerja energi.

#### 4. Energy Saving

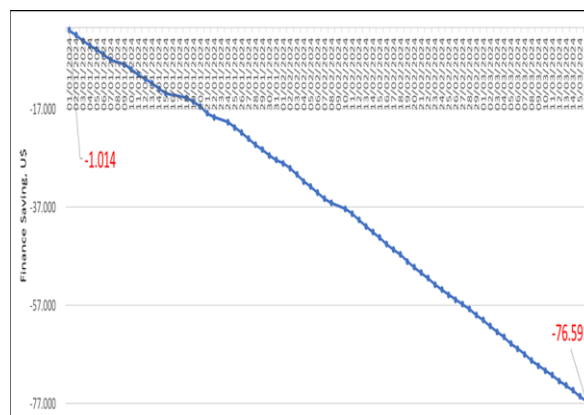


**Gambar 3.** Energy Saving

CUSUM digunakan untuk menganalisis perbedaan antara nilai *expected* (berasal dari EnB) dan nilai aktual EnPI dicatat dari waktu ke waktu serta memberikan wawasan tentang peningkatan kinerja yang efektif, yang menegaskan perlunya menyertakan pemantauan dan pengendalian dalam setiap sistem sedangkan CUSUM Energi adalah suatu parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah energi yang akan mengalami penghematan atau pemborosan dalam suatu sistem dalam periode waktu yang telah ditentukan. Sebagai informasi jika gambar grafik *energy saving* pada trendline mengalami peningkatan dari waktu ke waktu itu artinya jumlah energi yang dikonsumsi atau yang dikeluarkan lebih banyak hal ini menunjukkan jumlah energi yang dikeluarkan mengalami pemborosan sehingga perlu pemantauan dan pengendalian lebih lanjut penyebab pemborosannya serta mengalami penurunan kinerja pada gas turbin generator dan jika gambar grafik *energy saving* pada trendline yang horizontal menunjukkan bahwa jumlah energi yang dikonsumsi tidak ada perubahan antara nilai prediksi dan nilai aktual EnPI.

Pada gambar di atas grafik *energy saving* pada trendline mengalami penurunan secara signifikan itu artinya dari jumlah energi yang dikonsumsi atau yang dikeluarkan lebih sedikit hal ini menunjukkan jumlah energi yang dikeluarkan mengalami penghematan dan gas turbin generator mengalami peningkatan kinerja energi. Pada gambar grafik *energy saving* penghematan sekitar 12.765 mmbtu. Penghematan ini disebabkan oleh data aktual yang digunakan pada sistem gas turbin generator sudah mengalami masa pemeliharaan secara rutin sebelumnya dengan memperbaiki dan melakukan pembersihan setiap equipment pada gas turbin generator. Sehingga equipment pada turbin gas generator sudah mengalami kondisi terbaiknya saat melakukan pencatatan data aktual 2024.

#### 5. Finance Saving

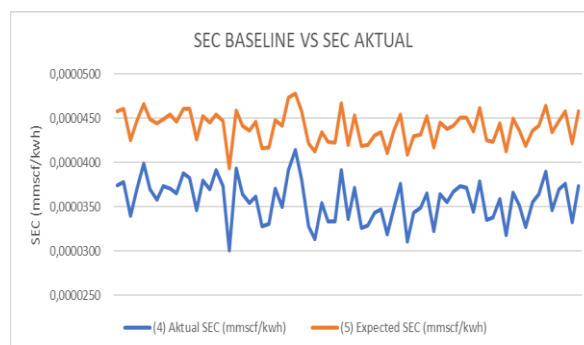


**Gambar 4.** Finance Saving

Sama halnya dengan CUSUM Energi dengan tujuan yang sama untuk mengetahui jumlah energi dari selisih antara nilai baseline dengan nilai aktual untuk mengetahui gas turbin generator mengalami penghematan atau pemborosan. CUSUM Finance adalah suatu parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan biaya energi dari selisih baseline dan aktual yang akan mengalami keuntungan atau kerugian dalam suatu sistem untuk periode waktu yang telah ditentukan yaitu satu tahun. Sebagai informasi jika grafik *finance saving* pada trendline mengalami peningkatan dari waktu ke waktu itu artinya jumlah kebutuhan biaya energi yang dikeluarkan lebih banyak hal ini menunjukkan jumlah kebutuhan biaya energi akan mengalami kerugian sehingga perlu pemantauan dan pengendalian lebih lanjut penyebab kerugian pada gas turbin generator.

Pada gambar di atas gambar grafik CUSUM *finance saving* pada trendline semakin hari grafik menunjukkan penurunan secara signifikan hal ini artinya gas turbin generator mengalami penghematan, pada pengeluaran biaya data aktual tidak seberapa besar dibandingkan dengan data baseline 2023. Dari data di atas penghematan sebesar 76.591 US/day, hal ini keuntungannya bisa dimanfaatkan untuk operasional lain.

#### 6. SEC Baseline dan SEC Aktual



**Gambar 5.** SEC Baseline Dan SEC Aktual

Dapat dilihat pada gambar grafik SEC Baseline dan SEC Aktual, nilai SEC baseline didapat dari data baseline (01 April 2023 – 31 Desember 2024) dan

nilai SEC aktual didapat dari data aktual (01 Januari 2024 – 16 Maret 2024). Nilai SEC aktual lebih kecil dibandingkan dengan nilai SEC Baseline hal itu menunjukkan pada sistem gas turbin generator mengalami peningkatan kinerja energi. Peningkatan kinerja energi dievaluasi oleh perusahaan dengan menganalisis perbandingan antara nilai EnPI terhadap nilai EnB yang sesuai terhadap periode waktu yang telah ditentukan.

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan pada CUSUM Energi mendapatkan penghematan energi sebesar 12.765 mmbtu lalu pada CUSUM Finance mendapatkan penghematan biaya sebesar 76.591 U\$/day. Karena adanya pengendalian parameter operasi dan pemeliharaan rutin sebelum pencatatan data aktual atau setelah data baseline berakhir maka pada grafik mengalami penurunan secara significant yang itu berarti mengalami penghematan energi dan biaya maka, nilai SEC aktual lebih kecil daripada nilai SEC Baseline. Tetapi seiring berjalannya waktu operasi gas turbin generator, penghematan semakin lama semakin berkurang atau dengan kata lain penggunaan energi yang dikeluarkan semakin hari semakin meningkat dan pada akhirnya akan mengalami pemborosan lagi. Sehingga pentingnya dilakukan pemeliharaan secara rutin dan pengendalian parameter operasi pada gas turbin generator tersebut.

## KESIMPULAN

a. Berdasarkan perhitungan untuk membangun sistem monitoring kinerja Gas Turbin Generator TG 6021A South Processing Unit untuk melakukan review energi berdasarkan standard ISO 50006 dengan menyusun *Energy Baseline (EnB)* dan *Energi Performance Indicator (EnPI)* dengan tipe *Statistic Model* memiliki persamaan konsumsi energi dengan menggunakan regresi polinomial yang dapat dipakai sebagai acuan review energi yaitu memiliki persamaan :

$$SEC = 4E-11 (\text{power})^2 - 1E-07 (\text{power}) + 0,0001$$

$$R2 = 0,9457$$

Didapatkan  $R2 = 0,9457 > 0,8$  dimana angka itu menunjukkan korelasi yang sangat kuat antara konsumsi energi terhadap variabel yang mempengaruhi konsumsi energi. Yang dimana variabel yang mempengaruhi konsumsi energi adalah *power* (kW) dan konsumsi energi adalah SEC (mmscf/kwh).

b. Data baseline dimulai tanggal 01 April 2023 – 31 Desember 2023 mengalami penurunan kinerja energi sehingga perlu pemeliharaan rutin berdasarkan jam waktu operasi yaitu 5808 jam, pemeliharaan tahunan dilakukan pada bulan Desember 2023 dan melakukan pengendalian parameter operasi sehingga pada data

aktual tanggal 01 Januari 2024 – 16 Maret 2024 mengalami peningkatan kinerja energi.

c. Garis trendline pada *Energy Intesity Index (EII)* mengalami penurunan secara signifikan hal ini berarti mengalami penghematan ditandai dengan nilai EII dibawah 1,00 sehingga mengalami peningkatan kinerja energi.

d. Grafik *energy saving* pada trendline mengalami penurunan secara signifikan itu artinya dari jumlah energi yang dikonsumsi atau yang dikeluarkan lebih sedikit hal ini menunjukkan jumlah energi yang dikeluarkan mengalami penghematan dan gas turbin generator mengalami peningkatan kinerja energi. Penghematan diperkirakan sekitar 12.765 mmbtu.

e. Grafik *finance saving* pada trendline semakin hari grafik menunjukkan penurunan secara signifikan hal ini artinya gas turbin generator mengalami penghematan, pada pengeluaran biaya data aktual tidak seberapa besar dibandingkan dengan data baseline 2023. Penghematan sebesar 76.591 U\$/day, hal ini keuntungan bisa dimanfaatkan untuk operasional lain.

f. Dari EII, CUSUM *Energi* dan CUSUM *Finance* dapat disimpulkan bahwa pada gas turbin generator mengalami penghematan karena data SEC aktual lebih kecil daripada SEC Baseline hal ini dikarenakan adanya pengendalian parameter operasi dan pemeliharaan rutin sebelum pencatatan data aktual atau setelah data baseline berakhir maka pada grafik mengalami penurunan secara significant yang itu berarti mengalami penghematan energi dan biaya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Mohammad Effendy, S.T., M.T selaku dosen pembimbing penulis yang senantiasa mengarahkan dan memberi arahan dalam terciptanya artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, V. A. A., Causil, E. D. A., Santos, V. S., Angarita, E. N., & Sarduy, J. R. G. (2021). Identification of savings opportunities in a steel manufacturing industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(4), 43–50. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11142>
- ANNUR, M. N. (2017). *PENGARUH VARIASI BEBAN TERHADAP PERFORMA TURBIN GAS DI PLTGU BLOK GT 1.3 PT. INDONESIA POWER GRATI,PASURUAN*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Boles, Michael A. and Cengel, Y. A. (2011). *Thermodynamics : An Engineering Approach, Eight Edition*. MC Graw Hills.
- Fichera, A., Volpe, R., & Cutore, E. (2020). Energy performance measurement, monitoring and control for buildings of public organizations: Standardized practises compliant with the ISO 50001 and ISO 50006. *Developments in the Built Environment*, 4(June), 100024. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100024>
- International Organization for Standardization (ISO). (2014). *Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General Principles and guidance* (Vol. 2014).
- Island, nadhifah H. (2017). *Kaji Performa Turbin Gas Sebelum Dan Setelah Overhaul Combustion Inspection Di Gtg Utilitas I Pabrik Pt . Petrokimia Gresik Kaji Performa Turbin Gas Sebelum Dan Setelah Overhaul Combustion Inspection Di Gtg Utilitas I Pabrik Pt . Petrokimia Gresik*. 1–67.
- Turinno, S., Mochammad Facta, & Cahyadi. (2024). Analysis of Energy Performance Indicators Based on ISO 50001-2018 in Shopping Centers Using RETScreen Expert. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 12(07),1340–1347. <https://doi.org/10.18535/ijstrm/v12i07.ec02>