

EVALUASI KONSUMSI ENERGI PADA OPERASI KOMPRESOR MENGGUNAKAN *ENERGY PERFORMANCE INDICATOR TYPE ENGINEERING MODEL BASE ON ISO 50006*

Dimas Prahanega Putra

Progam Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya dimas.19085@mhs.unesa.ac.id

Mochammad Effendy

Progam Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya mohammadeffendy@unesa.ac.id

Abstrak

Dalam tulisan ini, alat prediksi untuk metode analisis energi yang dikonsumsi, energi yang digunakan pada Peralatan perusahaan *Oil and Gas* yaitu *Gas Turbin Compressor* menggunakan regresi linier dan *Energy Performance Indicator* (EnPI) yang diusulkan. EnPI ini tidak hanya mempertimbangkan hasil penghematan energi namun juga melakukan penetapan melalui parameter operasi yang mana memiliki faktor yang harus diperhatikan dengan peninjauan 4 Variasi pada penelitian ini yaitu *Tdischarge*, *Tsuction*, *Zfactor* (*Kompresibilitas*) dan *Spesific Gravity*. Hasil penelitian yang dilakukan di NPU Pertamina Hulu Mahakam menunjukkan adanya kesesuaian yang baik antara perkiraan konsumsi energi dan konsumsi energi riil untuk model yang dikembangkan dari adanya 4 variasi. Hal ini juga menunjukkan efektivitas EnPI yang diusulkan sebagai alat manajemen dan penghematan energi di perusahaan dibawahnya. Karena kompleksitas model yang diusulkan, untuk mendapatkan data dasar dan memperkirakan potensi penghematan energi dengan metode probabilistik yang digunakan. Hal ini secara statistik ditunjukkan oleh indeks determinasi ($R^2 > 0,85$) dan terbentuknya perumusan hasil regresi linier pada nilai *benchmark*-nya.

Kata kunci : Manajemen Energi, EnPI, EnB, ISO 50006

Abstract

In this paper, a prediction tool for the analysis method for energy consumed, energy used in Oil and Gas company equipment, namely the Gas Turbine Compressor using linear regression and the proposed Energy Performance Indicator (EnPI). This EnPI not only considers the results of energy savings but also determines operating parameters which have factors that must be considered by reviewing the 4 variations in this research, namely *Tdischarge*, *Tsuction*, *Zfactor* (Compressibility) and Specific Gravity. The results of research conducted at NPU Pertamina Hulu Mahakam show that there is good agreement between estimated energy consumption and real energy consumption for the model developed from 4 variations. This also shows the effectiveness of the proposed EnPI as a management and energy saving tool in the company below. Due to the complexity of the proposed model, to obtain basic data and estimate the potential energy savings by probabilistic methods were used. This is statistically shown by the determination index ($R^2 > 0.85$) and the formation of linear regression results on the benchmark value.

Keywords: Energy Management, EnPI, EnB, ISO 50006

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya harga minyak di pasaran dunia, Hal tersebut juga berdampak pada konsumsi energi yang digunakan untuk proses produksi salah satunya pada Wilayah Kerja Pertamina Hulu Mahakam di *North Processing Unit*. Salah satu langkahnya adalah melakukan penghematan energi. Pada Kegiatan Eksplorasi di Wilayah Kerja Pertamina Hulu Mahakam di *North Processing Unit*.

Salah satu pembangkit daya yang biasa digunakan pada dunia *oil and gas* ialah turbin gas. Turbin gas disini terhubung dengan shaft untuk menggerakkan Kompresor Sentrifugal yang mana disini adalah untuk mengambil gas yang diambil dari sumur (*well*) dan telah melewati proses separator masuk kedalam sistem kompresor

Sentrifugal. Gas yang telah melewati Kompresor Sentrifugal mengalami peningkatan tekanan gas dan selanjutnya dikirim menuju Badak LNG , dengan istilahnya disebut *gas lift*.

Dalam *Guideline* Sistem manajemen Internasional, ISO (*International Standard Operation*) telah banyak diterapkan diseluruh dunia, tujuannya dari standar ini adalah untuk meningkatkan kinerja energi organisasi secara berkelanjutan untuk mengurangi energi konsumsi dan biaya termasuk mengurangi dampak perubahan iklim lingkungan. Untuk standar Manajemen Energi ini menetapkan pengukuran peningkatan kinerja energi menggunakan Energi *Baseline* (EnB) dan *Energy Performance Indikator* (EnPI) yang meliputi *Energy*

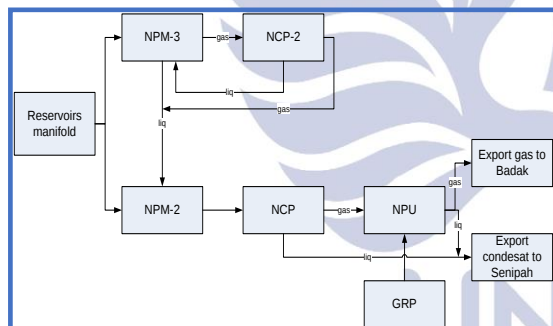
Consumption, Energy Use, dan Efficiency Energy sehingga didapatkan parameter – parameter operasi pada sistem Gas Turbin Compressor dengan menghitung kebutuhan – kebutuhan energi dari tiap tiap peralatan. Untuk itu fokus menghitung pada kebutuhan energi pada Bahan Bakar Gas dan juga menghitung hasil energi untuk gas terkompresi pada *gas lift*.

Tujuan utama penerapannya adalah menganalisis kemudian membandingkan dengan *performance test* standar design atau *benchmark* dengan menggunakan *guideline* ISO 50006 Sistem Manajemen energi selain untuk mendapatkan image positif dari perusahaan adalah untuk menghemat energi. Sangat banyak perusahaan yang kesulitan menetapkan apakah tahun ini telah berhasil menghemat energi dan berapa penghematan energi yang benar- benar didapatkan. Seringkali kinerja energi terpengaruh oleh kapasitas produksi, cuaca atau jenis varian produk yang berubah sehingga diperlukan normalisasi untuk mendapatkan kinerja yang tepat.

METODE

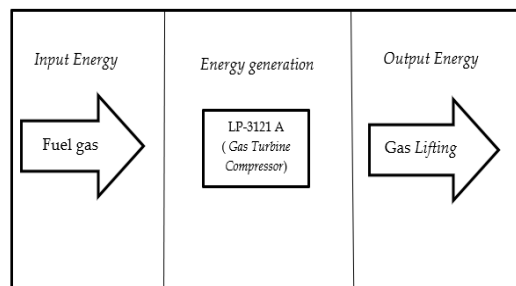
Objek dalam penelitian ini difokuskan hanya pada tekanan (P), suhu (T) dan faktor kompresibilitas (Zb/Zm) serta *Specific Gravity* gas alam dengan komposisi gas alam yang telah ditetapkan yaitu CH₄ (89,16%), C₂H₅ (2,8 %), C₃H₈ (2%), C₄H₁₀ (0,54%), C₅H₁₂ (0,18%), C₆+ (0,63%), CO₂(3,92%), N₂ (0,061%). Pada kondisi acuan (base) yaitu tekanan 1.01325 bar absolut dan suhu 273.15 kelvin.

2.1 Proses Kinerja Energi



Gambar 2.1 Proses Kinerja Energi di North Processing Unit

North Processing Unit (NPU) yang dibangun sebagai perluasan CPU karena produksi *reservoir* TATUN meningkat sehingga terjadi penambahan GTS yang dibangun di TATUN sebagai konsekuensi penambahan pengeboran sumur. Untuk menyelesaikan fasilitas unit proses *reservoir* TATUN, maka *TATUN Receiving Facilities (TRF)* dibangun setelahnya.



Gambar 2.2 Gambar Input output Energi

Proses kinerja energi adalah mengevaluasi nilai dari inputan energi yaitu konsumsi energinya (MMSCFD) dengan membandingkan nilai Daya dari Kompresor Sentrifugal Titan 130 dalam (KW) dimana hasil *output*-an energinya berupa Ekspor gas lifting dalam *service gas flow* (Ft³/min). Parameter operasi yang digunakan yaitu *fuel flow*, *Pressure Suction*, *Pressure discharge*, *Temperature suction* dan *temperature discharge* dan juga *Process gas flow* untuk mengetahui kinerja energi suatu kompresor apakah bekerja secara optimal atau mengalami keborosan dalam konsumsi energi.

2.2 Unjuk Kerja Kompresor Sentrifugal

Head

Energi yang dibutuhkan untuk mengubah suatu nilai dari gas tekanan ke tekanan yang lebih tinggi. Didefinisikan sebagai pertambahan energi melalui mekanisme percepatan yang terjadi akibat dari perputaran impeller menurut (Teuku Firmansyah, 2010). Head yang digunakan adalah *Head Polytropic* yang merupakan head yang mempertimbangkan kerugian – kerugian yang terjadi selama proses penambahan energi pada aliran gasnya. Head yang lebih besar dibutuhkan untuk mengkompresikan kerugian yang terjadi selama proses kompresi untuk mencapai rasio tertentu. Berikut merupakan rumus dari *Head Poly* :

$$H_{poly} = \frac{53.35}{SG} \times Z \times \left(\frac{n-1}{n}\right) \times T1 \left[\left(\frac{P2}{P1}\right)^{\left(\frac{n-1}{n}\right)} - 1 \right] \dots\dots(1)$$

Keterangan :

Head Poly : Head Polytropic (ft.lbf/lbm)

T1 : Temperatur masuk (°R)

Z : Faktor Kompresibilitas rata – rata saat masuk dan keluar

P1 : Tekanan masuk (Psia)

P2 : Tekanan keluar (Psia)

SG : Spesific Gravity

n : Eksponen polytropic

Nilai n merupakan pengkondisian suatu gas sat proses kompresi. Nilai ini yang membandingkan antara kondisi tekanan dan temperatur saat masuk dan keluarnya gas pada suatu kompresor. Penurunan atau kenaikan nilai n bergantung pada nilai hasil perbandingan. Besarnya eksponen Polytropic (n) , yaitu :

$$\left(\frac{n-1}{n}\right) = \left[\frac{\ln \frac{T2}{T1}}{\ln \frac{P2}{P1}} \right] \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

Mencari Efisiensi *Polytropic* Kompresor dengan cara mencari rumus persamaan :

$$Eff.Polytropic = \left(\frac{n(n-1)}{k(k-1)} \right) \dots\dots\dots(3)$$

Mencari actual Head Polytropic dengan membagi hasil perhitungan head polytropic dengan efisien polytropicnya

$$Act Head polytropic = \left(\frac{HPoly}{Eff.Polytropic} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Setelah mendapatkan head dan efisiensi dari kinerja kompresornya, selanjutnya menghitung kapasitas aliran yang mengalir pada kompresor. Kapasitas aliran volum dari kompresor ialah :

$$Services gas flow \left(\frac{ft^3}{min} \right) = \frac{Process gas flow x \left(\frac{1.000.000}{24 x 60} \right) x \frac{14,7}{273,15} x Z Ave x \frac{Tdischarge}{2} + 273,15}{Psuction} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

Process gas flow: MMSCFD

1.000.000 : konversi MMSCFD ke SCFD

60 : konversi dari Day to hour

24 : konversi dari Hour to min

14,7 : konversi Bar to PSI

273,15 : konversi dari Celcius ke Kelvin

Dari aliran volume ini dapat dikonversikan menjadi aliran massa, yaitu :

$$\dot{m} = \frac{Services gas flow x Psuction x 144}{Zave x \frac{1545}{BM} x Tdischarge} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

Services Gas Flow: ft³/min

Psuction : PSia

144 : Konversi dari PSia ke $\frac{lb}{ft^2}$

Zave : Konstanta Persamaan Kompresibilitas

1545 : Konstanta gas $\left(\frac{Ft \cdot Lbf}{Lbm \cdot ^\circ R} \right)$

BM : Berat Mol hasil Natural gas Properties

Tdischarge : °Rankine

Sehingga didapatkan perhitungan untuk Daya Gas Aerodinamisnya dengan menggunakan persamaan :

$$Daya Gas = \frac{Mass Flow Rate}{60} x \frac{Head Actual Polytropic}{550} x 0,746 \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

Mass Flow rate : lb/min

Head act Poly : ft

60 : Faktor konversi min ke sec

550 : $\frac{sec}{HP}$ Faktor konversi daya (HP)

0,746 : Konversi HP ke KW

Daya Penggerak merupakan daya hasil keluaran turbin untuk menggerakkan poros penghubung kompresor Sentrifugal dimana menggunakan persamaan :

$$Load = \frac{Daya penggerak}{1000} : Daya maks Titan 130 \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

0,95 : Efisiensi transmisi 95 %

Energi yang dibangkitkan didapatkan dari persamaan berikut :

$$Energi yang dibangkitkan = \frac{Fuel flow x 1.000.000 x HV Fuel}{0,948} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

HV Fuel : BTU / SCF

0,948 : konversi dari KJ ke BTU

24 : Konversi dari Day to Hour

60 : Konversi dari Hour to Min

60 : Konversi dari Min to Second

Didapatkan efisiensi Thermal transmisi 95% sebesar

$$Eff.Thermal = \frac{Energi yang dibangkitkan}{Daya Penggeraknya} \dots\dots\dots(10)$$

Daya Penggerak merupakan daya hasil keluaran turbin untuk menggerakkan poros penghubung kompresor Sentrifugal dimana menggunakan persamaan :

$$Daya Penggerak (DHP) = \frac{Daya Gas Aerodinamis}{0,70} x 0,746 \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

0,70 : efisiensi transmisi 70 %

0,746 : Faktor konversi HP ke KW

Didapatkan efisiensi Thermal transmisi 70% sebesar

$$Eff.Thermal = \frac{Energi yang dibangkitkan}{Daya Penggeraknya} \dots\dots\dots(12)$$

Perhitungan beban Load dengan didapatkan rumus

$$Load = \frac{Daya penggerak}{1000} : Daya maks Titan 130 \dots\dots\dots(13)$$

2.3 Analisa Regresi Linier

Berdasarkan standard ISO 50006 dengan adanya variabel yang mempengaruhi konsumsi energi dapat diperkenalkan untuk mendapatkan EnPI (ISO, 2014). Secara umum, energi yang dikonsumsi oleh industri diperuntukkan untuk menghasilkan produk. Evaluasi kemanfaatan energi untuk kegiatan produksi merujuk kepada standart ISO 50006 yang berkaitan dengan *energy performance indicator (EnPI)* serta *energy baseline (EnB)*. Berdasarkan standart ISO 50006, tindakan pertama yang harus dilakukan organisasi adalah memastikan jumlah produksi memiliki keterkaitan yang cukup kuat (dinyatakan dalam nilai R² pada sebuah model Statik) terhadap jumlah konsumsi energi. Berikut nilai keterkaitan (R²) antara produksi dan konsumsi energy tahun 2019 – 2021 dengan menggunakan 4 variasi *Tdischarge*, *Tsuction*, *Zfactor* (*Kompresibilitas*) dan *Spesific Gravity* untuk mengetahui variabel yang berpengaruh banyak terhadap konsumsi energinya.

Dengan tujuan ini, dalam penelitian ini model umum dapat dipresentasikan dalam suatu persamaan sebagai berikut :

$$Y = Ax+b \dots\dots\dots(14)$$

Dimana Y mewakili respon dari hasil 4 variasi.

Keterangan :

Y = Konsumsi Energi

A = Koefisien %load

b = variabel dependent

R² = (R² > 0,8)

Setelah nilai uji data statistik regresi linier dilakukan maka dimasukkan fungsi regresi tersebut kedalam fungsi rumus Konsumsi Energi :

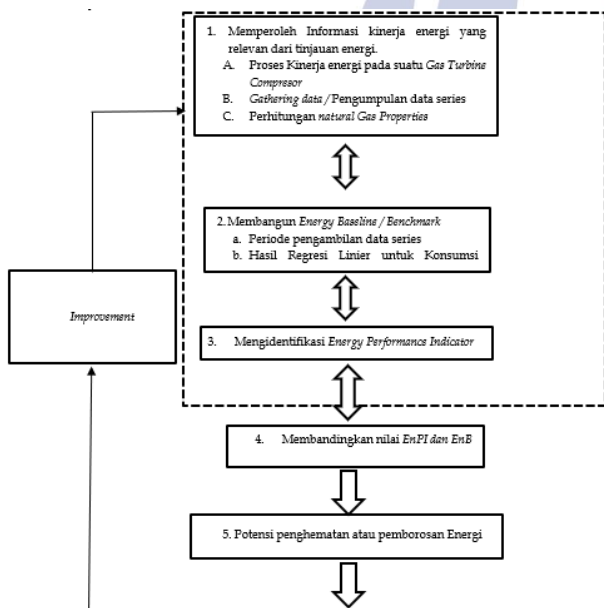
$$\text{Konsumsi Energi (MMSCF)} = \left(\frac{0,947817}{1000000} \right) \times \left(\frac{P_{\text{actual}} (\text{kW})}{0,292781 \times \% \text{load} + 0,1138} \right) \times 3600 \times 24 \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

0,947817 = KJ ke BTU
 HV Fuel = 1083 ,09 BTU/SCF (Perhitungan *Natural Gas Properties*)
Pactual = Perhitungan daya aktual kompresor (KW)
 %load = Perhitungan hasil *load* kompresor pada data series (%)
 1000000 = BTU ke MMBTU
 3600 = jam ke detik
 24 = Hari ke jam

2.4 Diagram Proses ISO 50006

Proses untuk mencapai kegiatan evaluasi dengan berdasarkan *guideline ISO 50006 Energy Performance Indicator Type Engineering model* melewati beberapa tahapan dalam bentuk *flowchart* :

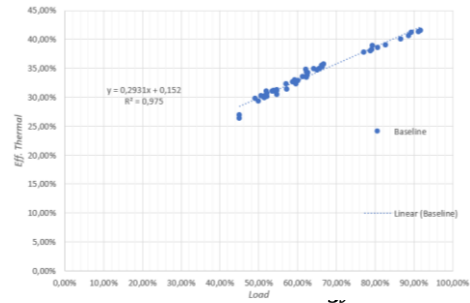


Gambar 2.4 Flowchart guideline ISO 50006 untuk Evaluasi Konsumsi Energi

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Baseline Energi

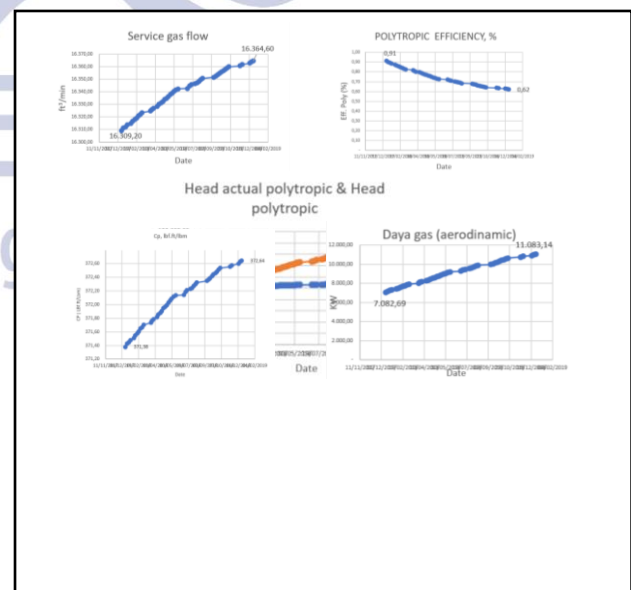
Data – data yang didapatkan merupakan data operasional dari Kompresor set Titan 130. Pencatatan data operasional ini dilakukan setiap seminggu sekali dalam kurun waktu 2018 hingga 2021 yang dilakukan pada periode Bulan Januari 2018 hingga 24 April 2021. Pada Kompresor Sentrifugal ini, data yang diambil meliputi kecepatan putar dari turbin daya, tekanan hisap *suction* dan keluar *discharge* kompresor, temperatur *suction* dan *discharge* kompresor, hingga laju aliran gas standar.



Berdasarkan perhitungan untuk membangun sistem monitoring kinerja Kompresor Sentrifugal LP-3121 North Processing Unit untuk melakukan review energi berdasarkan standard ISO 50006 dengan menyusun *Energy Baseline (EnB)* dan *Energi Performance Indicator (EnPI)* dengan tipe *Engineering Model* memiliki nilai Regresi Linier yang dapat dipakai sebagai acuan review energi yaitu memiliki persamaan $y = 0,2931x + 0,152$ dengan nilai t hitung $R^2 = 0,975$ (Nilai batas acuan $0,975 > 0,80$) Dengan nilai y sebagai Nilai konsumsi energi, 0,2931 adalah koefisien %load , 0,152.

Penetapan *Energi Performance Indicator (EnPI)* dilakukan dengan *Efisiensi Thermal*, Daya Gas Aerodinamis untuk gas terkompresi, dan Daya Kompresor nya yang berkaitan dengan parameter operasi terhadap konsumsi energi, lalu menurunkan persamaan energi sebagai fungsi parameter operasi dengan memiliki 4 Variasi dengan *Tdischarge*, *Tsuction*, *Zfactor* (*Kompresibilitas*) dan *Spesific Gravity*. Fungsi EnPI dimasukkan untuk membandingkan nilai Baseline dengan 4 variasi.

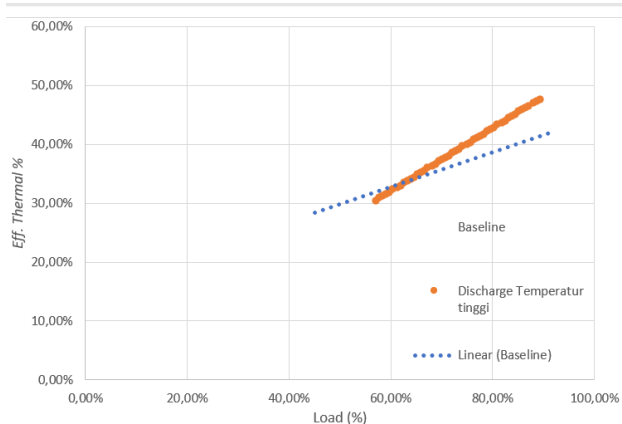
3.2 EnPI Variasi *Tdischarge*



Gambar 3.2 Nilai EnPI masing – masing

Variasi dengan *Tdischarge* semakin tinggi dengan variasi kenaikan 1 derajat celcius maka Hasil CP yang didapat semakin besar nilai terkecil 371,78 Lbf.ft/lbm

dan paling besar 372,64 Lbf.ft/lbm. Efisiensi polytropic semakin menurun dari 0,91 ke 0,62. Daya Gas Aerodinamic (KW) meningkat dari yang terkecil 7082,69 KW ke 11.083,14 KW. Nilai konsumsi Energinya semakin boros dan dikumulatikan mengalami pemborosan energi sebesar 8861,529 MMBTU atau mengalami kerugian Rp797.537.617.



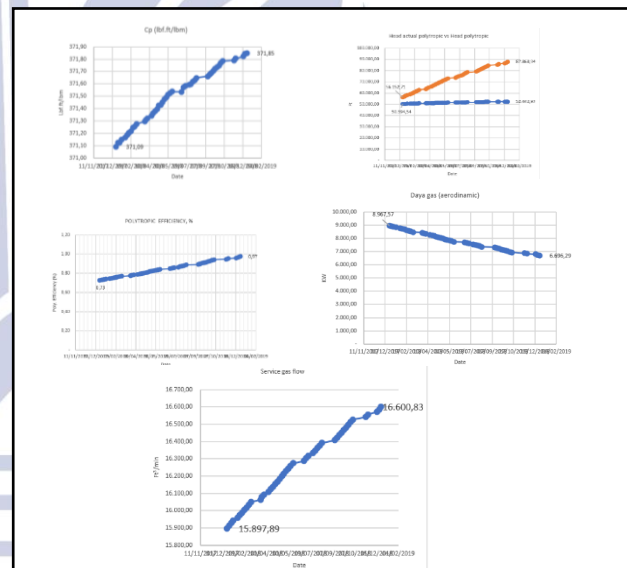
Gambar 3.3 Energy baseline dan Energy performance indicator variasi $T_{discharge}$

Grafik pada Gambar 4.27 diatas menunjukkan hubungan antara nilai *load* beban terhadap Efisiensi *Thermal*-nya pada kondisi *Baseline* (garis bewarna biru) dan Hasil variasi $T_{discharge}$ (bewarna oranye) semakin tinggi. Hasil perbandingan ini menghasilkan grafik pada kondisi variasi $T_{discharge}$ lebih diatas *baseline*-nya. Kondisi variasi $T_{discharge}$ yang dimaksud adalah melakukan variasi pada temperatur keluaran kompresor dengan disetting lebih tinggi 1 derajat celcius. Variasi ini menunjukkan adanya peningkatan konsumsi energi-nya karena membutuhkan Daya Aerodinamic yang besar sehingga menyebabkan kebutuhan *Head Polytropic* yang digunakan juga semakin besar. Semakin tinggi temperatur keluaran kompresornya, maka semakin sedikit nilai eksponen *polytropic* sehingga didapatkan efisiensi yang menurun seiring naiknya temperatur. Hasil Efisiensi *polytropic*- nya cenderung menurun dikarenakan banyaknya panas yang terbuang keluar dari kompresor Sentrifugal sehingga panas tidak seluruhnya diubah menjadi energi.

Hal ini menunjukkan kondisi operasi yang tidak stabil. Kinerja penggerak akan bekerja lebih berat dan mendapatkan *load* beban semakin besar. Kejadian ini disebut dengan *overload* yang memaksa mesin untuk bekerja lebih keras atau ekstra dari batas kemampuannya. Untuk itu dilakukan adanya faktor koreksi daya yang ada. Jadi dapat diketahui penggunaan kapasitas mesin masih bekerja pada kondisi optimal atau sudah mengalami *overload*. Hal ini dapat menyebabkan fenomena *Surging*. *Surging* juga ditandai dengan adanya vibrasi yang tinggi

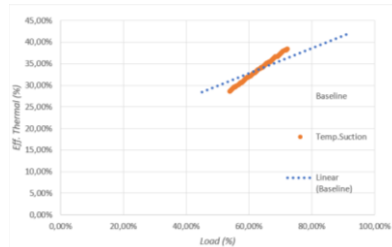
dari kompresor tersebut. Adanya fluktuasi pada tekanan output kmpresor yang juga sebanding dengan naiknya temperatur ini mengakibatkan kegagalan serius pada mesin kompresor karena fluktuasi pada *surging* ini karena adanya aliran balik pada sisi kompresor yang diakibatkan dari temperatur yang terlalu besar. Dampak vibrasi yang besar mengakibatkan seluruh kompresor bergetar dan bunyi mendengung dan terjadi beban berlebih yang ditandai dengan kenaikan Daya Kompresor yang signifikan. Kondisi beban atau *supply* masuk ini tidak sebanding dengan pemakaian pada kondisi gas *lifting* yang cenderung tidak mengalami kenaikan atau penurunan. *Surging* ini mengakibatkan impeller mengalami vibrasi akibat beban gesekan terhadap udara. Dan juga dapat mengalami kerugian pada sisi Konsumsi energinya yang mencapai 797.537.617 Rupiah. Di sisi lain juga dapat menyebabkan kerusakan pada bagian *stator* dan *rotor* pada sudu – sudu atau impeller kompresor yang dapat menyebabkan angka nilai *Maintenance* membengkak.

3.3 EnPI Variasi $T_{suction}$



Gambar 3.4 EnPI Variasi $T_{suction}$

Variasi dengan $T_{suction}$ semakin tinggi dengan variasi kenaikan $0,5^{\circ}\text{C}$ maka Hasil CP yang didapat semakin besar nilai terkecil 371,09 Lbf.ft/lbm dan paling besar 371,85 Lbf.ft/lbm. Efisiensi *polytropic* semakin naik dari 0,73 ke 0,97. Daya Gas Aerodinamic (KW) menurun dari yang terkecil 8967,57 KW ke 6696,29 KW. Dan jika dibandingkan Nilai konsumsi Energinya terhadap *Baseline energy* masih boros dan dikumulatikan mengalami pemborosan energi sebesar 555,089049 MMBTU atau mengalami kerugian Rp 49.958.014.

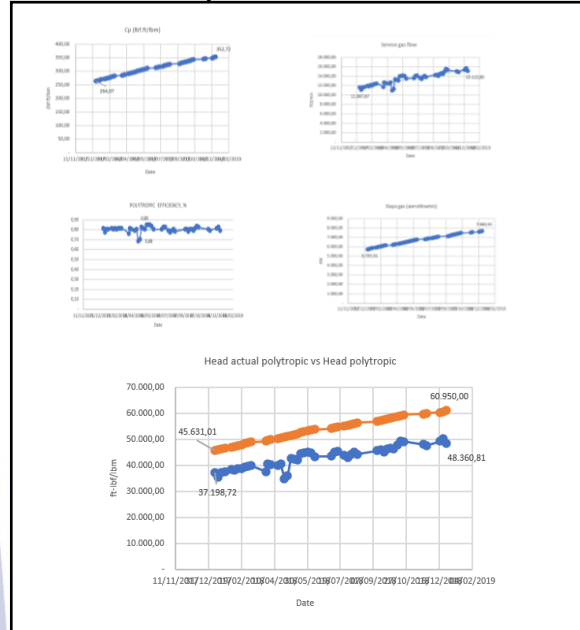


Gambar 3.5 Energy Baseline dan Energy Performance Indicator Variasi $T_{suction}$

Grafik pada Gambar 4.28 diatas menunjukkan hubungan antara nilai *load* beban terhadap Efisiensi *Thermal*-nya pada kondisi *Baseline* (garis bewarna biru) dan Hasil variasi $T_{suction}$ (bewarna orange) semakin tinggi. Hasil perbandingan ini menghasilkan grafik pada kondisi variasi $T_{suction}$ lebih stabil. Kondisi variasi $T_{suction}$ yang dimaksud adalah melakukan variasi pada temperatur inlet kompresor dengan disetting lebih tinggi 0,5 derajat celcius. Temperatur masuk sendiri sebanding dengan kerapatan gas. Sehingga semakin tinggi temperatur masuk gas, maka debit yang dialirkan semakin rendah. Dengan debit yang rendah, maka Head yang dihasilkan lebih rendah dari *benchmark*-nya. Variasi ini menunjukkan adanya penurunan konsumsi energi-nya karena membutuhkan Daya Aerodinamic yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena Rasio kompresi terhadap keluaran kompresor semakin kecil karena perbedaan temperatur *inlet* dan *outlet* keluaran kompresor tidak terlalu tinggi sehingga kebutuhan Daya aerodinamis yang dibutuhkan juga kecil. Faktor ini disebabkan karena Semakin tinggi temperatur *inlet*, maka laju produksi gas sumur semakin meningkat dikarenakan produksi reservoir gas juga semakin tinggi diatas *dew point*.

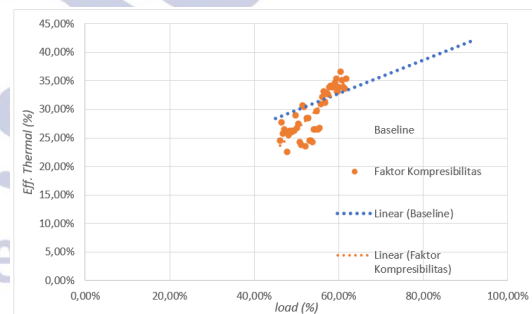
Untuk itu Kompresor Sentrifugal harus dirancang untuk beroperasi dalam kisaran temperatur tertentu guna meminimalkan kebutuhan konsumsi energinya dengan memperhatikan tekanan alir didalam pipa, jika tekanan menurun maka gas tidak akan terproduksi menuju permukaan dikarenakan adanya kondensat (campuran gas dan minyak bumi) memblok pori – pori sehingga proses distribusi gas tidak tersalurkan dengan baik sehingga kinerja Kompresor semakin tinggi yang membuat Konsumsi Energi semakin meningkat dan mengalami pemborosan. Dilakukan juga perhitungan tekanan alir dasar sumur untuk menentukan pemilihan ukuran pipa yang akan digunakan agar tidak menghambat aktifitas produksi yang menyebabkan penurunan tekanan yang seiring dengan penurunan temperaturnya.

3.4 EnPI Variasi Zfactor



Gambar 3.6 EnPI Variasi Zfactor

Variasi dengan *Zfactor* semakin tinggi dengan variasi kenaikan 0,005 maka Hasil CP yang didapat semakin besar nilai terkecil 264,07 Lbf.ft/lbm dan paling besar 352,75 Lbf.ft/lbm. Efisiensi polytropic stabil dari yang terkecil 0,77 ke 0,85. Daya Gas Aerodinamic (KW) meningkat dari yang terkecil 5737,31 KW ke 7663,41 KW. Nilai konsumsi Energinya jika dibandingkan dengan *baseline* nya mengalami penghematan dan dikumulatifkan mengalami pemborosan energi sebesar - 8435,269685 MMBTU atau mengalami Keuntungan - Rp759.174.272.



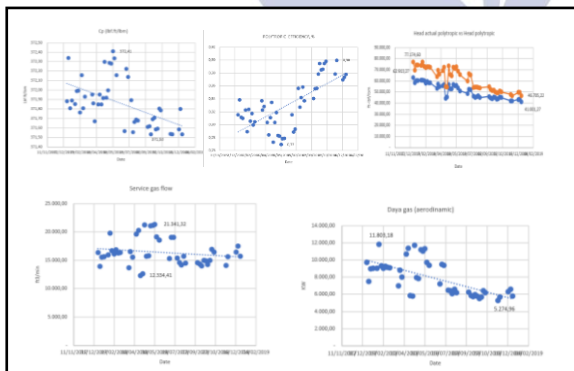
Gambar 3.7 Energy baseline dan Energy performance indicator variasi Fator Kompresibilitas

Grafik pada Gambar 4.29 diatas menunjukkan hubungan antara nilai *load* beban terhadap Efisiensi *Thermal*-nya pada kondisi *Baseline* (garis bewarna biru) dan Hasil variasi *Z factor* (bewarna orange) semakin tinggi. Hasil perbandingan ini menghasilkan grafik pada kondisi variasi *Z factor* lebih tinggi secara signifikan.

Pada kondisi Nilai *Z factor* yang semakin naik, maka kecenderungan pada potensi penghematan energi semakin besar. Hal ini mengakibatkan nilai Konsumsi

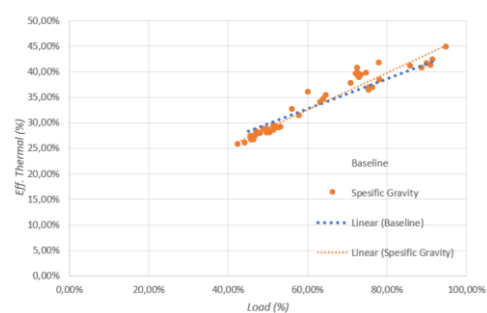
Energi berkurang karena kebutuhan daya Kompresor yang rendah karena memiliki Nilai *Head Polytopic* yang besar. Nilai efisiensi *Thermal* semakin juga kecil. Pada variasi peningkatan *Zfactor* jika ditotalkan dalam setahun dapat menghemat nilai sebesar Rp. 769.174.272. Peningkatan *Z factor* ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu suhu/ entropi pada Natural Gas. Dan juga berhubungan pada Tekanan dan volume, potensi kimia / nomor partikelnya, kualitas uap dan properti yang tereduksi semakin tinggi nilai faktor kompresibilitasnya, maka semakin ringan Massa dari Natural Gas sehingga membuat Gas tersebut lebih bergerak bebas ke tempat penampungan. Hal ini dapat menyebabkan kebutuhan Gas Aerodinamisnya kecil karena Gas lebih mudah terdistribusi menuju tempat penampungannya dan potensi penghematan energi lebih besar sesuai dengan tabel 4.25 dimana kebutuhan Daya Kompresor ketika *Z factor* semakin tinggi mengalami penurunan daya hingga 79.396,85 KW dalam setahun. Kondisi ini membutuhkan suatu monitoring pada gas. Pengalaman sebelumnya menunjukkan bahwa sebagian besar Natural Gas yang digunakan pada *oil and gas* pada tekanan dan temperatur yang biasa digunakan ini membutuhkan suatu metode penentuan nilai yang digunakan untuk faktor kompresibilitas.

3.5 EnPI Variasi *Specific Gravity* (SG)



Gambar 3.8 EnPI Variasi SG (*Specific Gravity*)

Variasi dengan SG semakin tinggi dengan variasi kenaikan dengan nilai terkecil 0,55 dan tertinggi 0,79 maka Hasil CP yang didapat semakin turun nilai terkecil 371,88 Lbf.ft/lbm dan paling besar 371,53 Lbf.ft/lbm. *Efisiensi polytopic* fluktuatif naik dari yang terkecil 0,71 ke 0,90. Daya Gas Aerodinamic (KW) juga fluktuatif namun menurun dari yang terkecil 5274,96 KW dan yang tertinggi 11697,88 KW. Nilai konsumsi Energinya jika dibandingkan dengan *baseline* nya mengalami penghematan dan dikumulatikan mengalami pemborosan energi sebesar -346,5406342 MMBTU atau mengalami Keuntungan -Rp31.188.657.



Gambar 3.9 Energy Baseline dan Energy Performance Indicator Variasi SG

Grafik pada Gambar 4.31 diatas menunjukkan hubungan antara nilai *load* beban terhadap Efisiensi *Thermal*-nya pada kondisi *Baseline* (garis bewarna biru) dan Hasil variasi *Spesific Gravity* (bewarna orange) semakin tinggi. Hasil perbandingan ini menghasilkan grafik pada kondisi variasi *Spesific Gravity* lebih tinggi tapi tidak signifikan.

Eff. Polytopic Rata-rata Data *benchmark* dan Data variasi pada *Spesific Gravity* semakin besar menunjukkan nilai rata – rata yang sama. Tapi memiliki potensi penghematan energi yang lebih besar sedikit dibanding data *benchmark* nya. Pada variasi peningkatan *Spesific Gravity* jika ditotalkan yaitu sebesar Rp31.188.657. Hal ini diakibatkan dari Gas alam adalah campuran hidrokarbon ringan termasuk metana, etana, propana, butana, dan pentana (komposisi tipikal diberikan di tempat lain). Senyawa lain yang ditemukan dalam gas alam termasuk CO₂, helium, hidrogen sulfida, dan nitrogen. Komposisi gas alam tidak pernah konstan; namun, komponen utama gas alam adalah metana (biasanya setidaknya 90%). Metana sangat mudah terbakar. Itu terbakar dengan mudah dan hampir seluruhnya. Ini mengeluarkan sedikit polusi udara. Berat jenisnya (0,60), yang lebih rendah dibandingkan berat jenis udara (1,00), gas alam akan naik jika keluar, dan dengan demikian menghilang dari lokasi kebocoran. Ketika *Spesific Gravity*-nya semakin tinggi, maka pendistribusian gas *lifting* semakin baik dikarenakan proses laju Natural Gas dalam kompresor tinggi. Namun di sisi itu proses kerja Kompresor lebih berat dibandingkan *benchmark*-nya karena bercampurnya dengan *Spesific Gravity* udara.

Proses berat jenis pada *Spesific Gravity* nya terletak pada proses pemisahan fluida pada Gas Separatornya. Pada separator memiliki dua alat pengontrol yaitu pengontrol tekanan Tekanan di dalam separator di set pada tekanan tertentu agar pemisahan gas dan liquida dapat berhasil dengan baik. Untuk menjaga tekanan dalam separator bisa bertahan sesuai dengan tekanan yang sudah ditentukan, pada gas outlet dari separator. Setelah dipisahkan baru lah di cek menggunakan Gas Kromatografi.

SIMPULAN

- Pada kondisi $T_{discharge}$ semakin tinggi maka solusi adalah mengeluarkan tekanan keluar kompresor dan menjaga temperatur keluaran dijaga serendah mungkin sesuai kebutuhannya.
- Pada kondisi $T_{suction}$ semakin tinggi maka dilakukan memasang beberapa alat pendingin bagian *suction* kompresor udara khususnya pada tangki yang menampung udara.
- Pada kondisi Z_{factor} semakin tinggi membutuhkan suatu monitoring gas dengan metode dasar ukuran katup kontrol gas dengan cara pengembangan *spreadsheet*.
- Variasi dengan *Specific Gravity* berfokus pada gas separator dengan alat pengontrol tekanan di dalam separator dan pengecekan berkala menggunakan gas kromatografi.
- Mengembangkan adanya *EnMS Tools* yang selanjutnya dilakukan dengan pemasangan EnPI untuk monitoring system online, agar EnPI pada peralatan pengguna energi terbesar dapat diketahui secara aktual dan bisa dilakukan tindakan *predictive maintenance* jika teridentifikasi adanya pemborosan jika parameter operasi ada yang mengalami peningkatan.
- Memungkinkan juga penerapan *EnMS tools* ini diterapkan *IBA analyser* mengevaluasi suatu energi menggunakan parameter diatas.

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

- [1] Aang Noor Kalimattullah, K. (2019). *Performansi Kompresor dengan Flowrate Gas Minimum pada Lapangan TUNU North NPU PT. Pertamina Hulu Mahakam*. (Doctoral dissertation, Universitas Balikpapan).
- [2] Annur, Muhammad Nafi'. 2017. *Pengaruh Variasi Beban Terhadap Performa Turbin Gas di PLTGU Blok GT 1.3 PT. Indonesia Power Grati, Pasuruan*. , (Online) , (<https://repository.its.ac.id>)
- [3] Boles, Michael A. and Cengel, Yunus A. 2011. *Thermodynamics : An Engineering Approach, Eight Edition*. North Carolina State University : MC Graw Hills
- [4] Chandra, S. 2017. *Analisa Peforma Centrifugal Compressor dan Mesin Turbin Gas pada Unit Low Pressure Compressor di Mutiara Central Plant Vico Indonesia*.
- [5] Elohasen Padanga, Lilik Hendrajayaa, Linus Ampang Pasasaa, Hendrob.2019.*Model Perhitungan Energi Gas Alam Berbasis Suara Bulk Modulus, dan Komposisi gas Diluent*. (Online) , (<https://doi.org/10.26418/positron9i2.3285>)
- [6] Firmansyah, Teuku. 2010. *Analisa Kinerja Kompresor - Lifting Gas- C505 dan C3065 pada Platform Off-Shore West Java*, (Online), ([https://file \(ui.ac.id\)](https://file.ui.ac.id))
- [7] Hanlon, Paul C. 2001. *Compressor-Handbook,manual,etc*. New York:McGraw Hills.
- [8] International Standard.2014.*Energy management Systems – Measuring Energy baseline (EnB) and Energy Performance Indicator (EnPI) – General Prinsiples and Guidance*. ISO 50006
- [9] Irawan, F. (2011). *Perubahan Performansi Kompresor Superior W74 karena Penurunan Tekanan Gas Alam ke Suction Komprsor di Conoco Philips (Ramba) Ltd. Austenit*, 3(01).
- [10] Island, Nadhifah Hidayati. 2017. *Kaji Performa Turbin Gas Sebelum dan Setelah Overhaul Combustion Inspection di GTG Utilitas I Pabrik PT. Petrokimia Gresik*. Surabaya, (Online) , (<https://repository.its.ac.id/47775/>)
- [11] I. Burshtein. 2005. *Introduction to Thermodynamics and Kinetic Theory of Matter*. Morlenbach:Weizmaan Institue of Science
- [12] Moran, Michael J. 2003. *Introduction to Thermal System Engineering*. United State. (Online) , (<http://www.wiley.com/college/moran>)
- [13] Rannu, C. Q. D. (2020). *Optimasi Produksi Wet Gas Menggunakan Metode Flare Cooling Pada Gathering Station X Minas PT. CPI* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- [14] Yongsheng Wang, Feng Lin, Chaoqun Nie, and Abraham Engeda.2015.*Design and performance Evaluation of a very low flow coefficient Centrifugal Compressor*, Online , ([https: \(PDF\) Design and Performance Evaluation of a Very Low Flow Coefficient Centrifugal Compressor \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/304444444_Design_and_Performance_Evaluation_of_a_Very_Low_Flow_Coefficient_Centrifugal_Compressor))