



BAB IX

TUGAS KHUSUS

IX.1 Judul

“Evaluasi Penurunan Tekanan Operasi Dari Aces 21 Ke Aces 21 LP Sebagai Upaya Efisiensi Proses Dan Biaya Produksi”

IX.2 Latar Belakang

Teknologi dalam industri urea terus berkembang, salah satunya adalah pembaruan dari sistem Aces 21 menjadi Aces 21 LP. Sistem Aces 21 sebelumnya menggunakan tekanan sintesa sebesar 152 bar atau 154,997 kg/cm² dan Aces 21 LP tekanan sintesa diperbarui menjadi 136 bar atau 138,681 kg/cm². Penurunan tekanan sintesa ini, yang dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi energi, memberikan dampak pada berbagai parameter operasional, seperti tekanan discharge pompa, tekanan discharge kompresor, dan kebutuhan steam untuk turbin. Dengan turunnya tekanan discharge kompresor, kebutuhan steam otomatis berkurang, yang selanjutnya memengaruhi konsumsi energi pada keseluruhan sistem.

Penurunan tekanan sintesa dari 152 bar menjadi 136 bar tidak hanya memengaruhi operasional peralatan utama tetapi juga memberikan dampak signifikan pada efisiensi proses dan biaya produksi. Pengurangan kebutuhan steam berarti penurunan konsumsi bahan bakar untuk boiler, yang berdampak langsung pada penurunan biaya operasional. Dampak ekonomis dari pengurangan tekanan ini perlu dianalisis secara komprehensif, untuk memastikan bahwa biaya yang lebih rendah tetap sejalan dengan stabilitas produksi dan kualitas produk yang dihasilkan.

IX.3 Tujuan

1. Mengetahui kinerja pompa GA-101 dan GA-102 pada kondisi Aces 21 dan Aces 21 LP
2. Mengetahui power yang dibutuhkan oleh kompresor GB-101 dan kebutuhan steam yang dibutuhkan turbin GT-101 untuk menggerakkan kompresor dari simulasi HYSYS pada kondisi Aces 21 dan Aces 21 LP
3. Membandingkan penghematan biaya produksi karena adanya



penurunan tekanan dari Aces 21 ke Aces 21 LP

IX.4 Manfaat

Manfaat dari tugas khusus ini adalah dapat meningkatkan pengetahuan tentang kinerja pompa, kompresor dan turbin yang di Pabrik Urea IB PT Petrokimia Gresik. Sekaligus mengetahui seberapa besar penghematan dari energi maupun biaya.

IX.5 Tinjauan Pustaka

IX.5.1 Aces 21 dan Aces 21 LP

Toyo Engineering Corporation adalah perusahaan rekayasa, pengadaan, dan konstruksi (EPC) asal Jepang yang didirikan pada tahun 1961. Toyo Engineering Corporation telah menjadi pemimpin dalam teknologi urea sejak tahun 1961 dengan membangun lebih dari 100 pabrik urea. Dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan mengatasi isu lingkungan global, Toyo mengembangkan teknologi ACES (Advanced Process for Cost and Energy Saving) yaitu ACES21 dan versi terbaru ACES21-LP. ACES21 merupakan teknologi produksi urea hemat energi dan ACES21-LP merupakan versi terbaru yang lebih efisien dengan tekanan lebih rendah.

1. Teknologi ACES21

ACES21 dikembangkan bersama Pusri, Indonesia untuk menghemat biaya produksi dan energi.

Fitur Utama

- a. Biaya Investasi Rendah
 - o Desain sederhana: Tidak memerlukan aliran gravitasi (lebih praktis).
 - o Reaktor dipasang di permukaan tanah sehingga lebih mudah dan murah.
 - o Peralatan lebih sedikit dan kecil karena menggunakan reaksi dua tahap.
- b. Konsumsi Energi Rendah
 - o Mengoptimalkan kondisi operasi untuk konversi CO₂ tinggi

menjadi urea.

- c. Operasi Lebih Sederhana
 - Menggunakan ejektor bertekanan tinggi untuk sirkulasi loop sintesis.
- d. Perawatan Lebih Mudah dan Hemat
 - Kondisi operasi ringan, sehingga risiko korosi berkurang.
 - Menggunakan material tahan korosi seperti DP28W.

2. Teknologi ACES21-LP (Versi Terbaru)

ACES21-LP adalah penyempurnaan dari ACES21 dengan tekanan sintesis lebih rendah.

Fitur Utama

- a. Tekanan Sintesis Lebih Rendah
 - Mengurangi kebutuhan daya untuk memampatkan bahan baku.
- b. Biaya Lebih Rendah
 - Berat peralatan lebih ringan, sehingga biaya konstruksi lebih hemat.
- c. Konsumsi Energi Lebih Rendah
 - Teknologi sintesis canggih membuat penggunaan energi semakin efisien.
- d. Konversi CO₂ Lebih Tinggi
 - Proses ini menghasilkan konversi CO₂ tertinggi di antara teknologi modern.
- e. Ramah Lingkungan
 - Mengurangi emisi dan mendukung produksi urea berkelanjutan.

IX.5.2 Definisi Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energy pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Pompa berfungsi mengubah tenaga (penggerak)

menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

IX.5.3 Pompa Sentrifugal

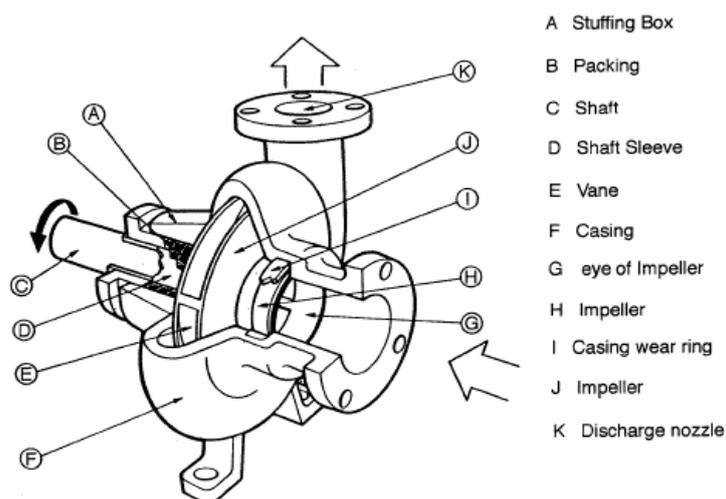
Salah satu jenis pompa pemindah non positif adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energy kinetis (kecepatan) cairan menjadi energy potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing.

Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan, berdasarkan

- Kapasitas
 - a. Kapasitas rendah $< 20 \text{ m}^3/\text{jam}$
 - b. Kapasitas menengah $20 - 60 \text{ m}^3/\text{jam}$
 - c. Kapasitas tinggi $> 60 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Tekanan Discharge
 - a. Tekanan rendah $< 5 \text{ kg/cm}^2$
 - b. Tekanan menengah $5 - 50 \text{ kg/cm}^2$
 - c. Tekanan tinggi $> 50 \text{ kg/cm}^2$
- Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkat
 - a. Single Stage : terdiri dari satu impeller dan satu casing
 - b. Multi Stage : terdiri dari beberapa impeller yang tersusun seri dalam satu casing
 - c. Multi Impeller : terdiri dari beberapa impeller yang tersusun paralel dalam satu casing
 - d. Multi Impeller – Multi Stage : kombinasi multi impeller dan multi stage
- Posisi Poros
 - a. Poros Tegak
 - b. Poros Mendatar
- Jumlah Suction
 - a. Single Suction
 - b. Double Suction
- Arah Aliran Keluar Impeller

- a. Radial Flow
- b. Axial Flow
- c. Mixed Flow

Pompa ini memiliki beberapa komponen-komponen penyusunnya baik itu komponen yang bergerak maupun yang tidak bergerak, seperti berikut:



Gambar X. 1. Komponen-komponen Penyusun Pompa

- ❖ Komponen yang bergerak :
1. Shaft (Poros), bagian ini berfungsi untuk meneruskan momen putar dari penggerak selama pompa dalam kondisi beroperasi, komponen ini berfungsi juga sebagaiudukan impeler dan bagian yang bergerak lainnya.
 2. Impeller, berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada fluida yang dipompakan secara continue (terus menerus). Dengan adanya proses ini maka saluran suction (hisap) akan bekerja secara maksimal dan terus menerus sehingga tidak ada kekosongan fluida dalam rumah pompa.
 3. Shaft sleeve, berfungsi untuk melindungi shaft dari erosi, korosi dan keausan pada stuffing box. komponen ini bisa sebagai internal bearing, leakage joint dan distance sleever.
 4. Wearing ring, komponen ini dipasang pada casing (wearing ring

casing) dan impeller (wearing ring impeller). Fungsi utama dari komponen ini yaitu untuk meminimalisir terjadinya kebocoran akibat adanya celah antara casing dengan impeller.

❖ Komponen yang tidak bergerak :

1. Casing (rumah pompa), merupakan bagian terluar pompa sebagai pelindung elemen yang berada di dalamnya, tempat kedudukan diffuser, inlet nozzle, outlet nozzle dan sebagai pengarah aliran dari impeller yang akan mengubah energi kecepatan menjadi energi tekan.
2. Base plate, berfungsi sebagai tempat duduk seluruh komponen pompa.
3. Diffuser, alat ini dilekatkan pada pipa dengan menggunakan baut, fungsi dari alat ini ialah mengarahkan aliran pada stage berikutnya dan merubah energi kinetik pada fluida menjadi energi tekanan.
4. Wearing ring casing, alat ini dipasang pada casing untuk mencegah kebocoran yang terjadi akibat adanya celah pada casing dan impeller.
5. Stuffing box, pada umumnya memiliki fungsi sebagai tempat kedudukan beberapa mechanical packing yang mengelilingi shaft sleeve. Fungsi dari alat ini ialah mencegah kebocoran pada daerah dimana pompa menembus casing seperti udara yang dapat masuk ke dalam pompa dan cairan yang keluar dari dalam pompa.
6. Discharge nozzle, yaitu tempat keluarnya cairan yang bertekanan dari dalam pompa

IX.5.4 Perhitungan Pompa

Untuk mengevaluasi kinerja dari pompa GA-101 pada seksi Ammonia dan GA-102 pada seksi Urea dilakukan tahap berikut ini :

1. Menghitung Head

$$\text{Head} = \frac{P_d - P_s}{\rho \times g}$$

Dimana

P_d = Tekanan Discharge (kg/cm²-g)

P_s = Tekanan suction (kg/cm²-g)

2. Menghitung Daya Fluida

$$\text{Daya Fluida} = \left(\frac{Q \times H \times g \times \rho}{1000} \right)$$

Dimana

Q = Laju alir (m³/s)

H = Head (m)

g = Gravitasi

ρ = Massa Jenis (kg/m³)

3. Menghitung Effisiensi

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Daya Fluida (kW)}}{\text{Daya Motor Aktual (kW)}} \times 100\%$$

4. Menghitung Power Motor

$$\text{Power Motor} = \frac{\text{Daya Fluida}}{\text{Efisiensi}}$$

5. Menghitung Penghematan Biaya Listrik

$$\text{Biaya Listrik} = \text{Power Motor} \times \text{HPP}$$

IX.5.5 Kompresor

Kompresor adalah mesin mekanis yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida gas dengan cara mengurangi volumenya. Alat ini digunakan dalam berbagai industri, seperti pengolahan gas, industri kimia, HVAC, dan pembangkit listrik, dengan fungsi utama mengalirkan gas ke lokasi tertentu dengan tekanan tinggi dan meningkatkan energi fluida gas untuk keperluan aplikasi tertentu, seperti pembakaran, pendinginan, atau reaksi kimia. Salah satu jenis kompresor yang banyak digunakan adalah kompresor sentrifugal, yang termasuk dalam kategori kompresor dinamis. Kompresor ini memanfaatkan gaya sentrifugal melalui impeler berputar dengan kecepatan tinggi untuk mempercepat fluida gas dan mengubah energi kinetik menjadi tekanan menggunakan diffuser. Kompresor sentrifugal sangat cocok untuk aliran besar dengan tekanan sedang hingga tinggi dan biasanya diaplikasikan pada proses industri, seperti LNG, sistem pendingin,

dan pembangkit listrik.

IX.5.6 Steam Turbin

Turbin adalah mesin konversi energi yang berfungsi mengubah energi fluida yang bergerak, seperti uap, air, gas, atau udara, menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Energi mekanik ini dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik, pompa, atau kompresor. Turbin bekerja dengan memanfaatkan rotor yang dilengkapi bilah-bilah untuk menangkap energi kinetik atau tekanan dari fluida kerja, yang kemudian menyebabkan rotor berputar. Salah satu jenis turbin yang paling umum digunakan adalah steam turbin atau turbin uap, yang memanfaatkan energi dari uap bertekanan dan bersuhu tinggi untuk menghasilkan energi mekanik. Uap ini dihasilkan dari boiler dan diarahkan ke bilah-bilah turbin, di mana energi panas dan tekanan uap diubah menjadi energi kinetik yang memutar rotor. Energi mekanik tersebut biasanya digunakan untuk menggerakkan generator listrik pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) atau dalam proses industri lainnya yang membutuhkan daya mekanis.

Prinsip kerja steam turbin melibatkan tiga tahap utama: uap bertekanan tinggi masuk ke turbin dan mengalami ekspansi, menghasilkan peningkatan energi kinetik; energi kinetik ini kemudian dipindahkan ke bilah-bilah rotor untuk diubah menjadi energi mekanik; dan akhirnya, uap keluar dari turbin dengan tekanan rendah dan biasanya diarahkan ke kondensor untuk diubah kembali menjadi air. Berdasarkan cara kerjanya, steam turbin dibagi menjadi turbin impuls, di mana energi diperoleh dari momentum uap melalui nozzle, dan turbin reaksi, di mana energi diperoleh dari ekspansi uap di dalam bilah turbin. Berdasarkan arah aliran uap, terdapat turbin dengan aliran aksial, di mana uap mengalir sejajar dengan sumbu rotor, dan turbin dengan aliran radial, di mana uap mengalir tegak lurus terhadap sumbu rotor.

IX.5.7 Evaluasi Pompa

A) Perhitungan Kinerja

1) Pompa GA-101

Tabel IX. 1. Data aktual lapangan pompa GA-101

Tanggal	Kapasitas (ton/jam)	Ps (kg/cm ²)	Pd (kg/cm ²)	Power (kW)
01-04-2023	53,62	25,06	203,182	785,98
02-04-2023	53,68	24,94	202,55	783,02
03-04-2023	53,34	25,18	204,02	783
04-04-2023	53,57	24,47	204,53	783,1
05-04-2023	53,45	25,38	203,5	782,90
06-04-2023	53,12	25,50	203,56	783,38
Rata-rata	53,463	25,0879	203,5670	783,562

Data pada pompa Ammonia GA-101 :

$$\text{Kapasitas} = 53463,3308 \text{ kg/h} = 0,02517106 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ps.} = 25,0879 \text{ kg/cm}^2 = 2460285,612 \text{ Pa}$$

$$\text{Pd.} = 203,5600 \text{ kg/cm}^2 = 19962424,4 \text{ Pa}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Harga Listrik (HPP)} = \text{Rp. } 2700/\text{kWh}$$

$$\text{Massa Jenis } (\rho) = 590 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Power Motor Aktual} = 783,5624 \text{ kW}$$

Pada kondisi Aces 21

a. Menghitung Head

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \frac{Pd - Ps}{\rho \times g} \\ &= \frac{19962424,4 \text{ Pa} - 2460285,612 \text{ Pa}}{590 \text{ kg/cm}^3 \times 9,81} \\ &= 3023,9186 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Menghitung Daya Fluida

$$\begin{aligned} \text{Daya Fluida} &= \left(\frac{Q \times H \times g \times \rho}{1000} \right) \\ &= \left(\frac{0,0251 \text{ m}^3/\text{s} \times 3023,9186 \text{ m} \times 9,81 \times 590}{1000} \right) \\ &= 440,5473 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Menghitung Efisiensi

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= \frac{\text{Daya Fluida}}{\text{Daya Motor Aktual}} \times 100\% \\ &= \frac{440,5473 \text{ kW}}{783,5624 \text{ kW}} \times 100\% \\ &= 56,2\%\end{aligned}$$

d. Menghitung Power Motor

$$\begin{aligned}\text{Power Motor} &= \frac{\text{Daya Fluida}}{\text{Efisiensi}} \\ &= \frac{440,5473 \text{ kW}}{56,2\%} \\ &= 783,5624 \text{ kW}\end{aligned}$$

e. Menghitung Biaya Listrik

$$\begin{aligned}\text{Biaya Listrik} &= \text{Power Motor} \times \text{HPP} \\ &= 783,5624 \text{ kW} \times \text{Rp. 2700} \\ &= \text{Rp. 2.115.619}\end{aligned}$$

Sebelum menghitung pada kondisi Aces 21 LP perlu menghitung tekanan discharge baru yang disimbolkan dengan ΔP . Dimana ΔP tersebut merupakan selisih dari tekanan dengan tekanan sintesa pada kondisi Aces 21. Setelah mengetahui ΔP tersebut dapat digunakan untuk mencari tekanan discharge yang baru yaitu pada kondisi Aces 21 LP

Perhitungan ΔP

$$\begin{aligned}P \text{ sintesa Aces 21} &= 152 \text{ bar} / 154,997 \text{ kg/cm}^2 \\ P \text{ sintesa Aces 21 LP} &= 136 \text{ bar} / 138,681 \text{ kg/cm}^2 \\ \Delta P &= P \text{ Aces 21} - P \text{ Aces 21 LP} \\ &= 154,997 \text{ kg/cm}^2 - 138,681 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 16,316 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Maka Pd untuk Aces 21 LP menggunakan ΔP sebesar $16,316 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P_d \text{ Aces 21 LP} &= P_d \text{ Aces 21} - \Delta P \\ &= 203,56 \text{ kg/cm}^2 - 16,316 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 187,244 \text{ kg/cm}^2 = 18362371,39 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Pada kondisi Aces 21 LP

a. Menghitung Head

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \frac{P_d - P_s}{\rho \times g} \\ &= \frac{18362371,39 \text{ Pa} - 2460285,612 \text{ Pa}}{590 \text{ kg/cm}^3 \times 9,81} \\ &= 2747,4700 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Menghitung Daya Fluida

$$\begin{aligned} \text{Daya Fluida} &= \left(\frac{Q \times H \times g \times \rho}{1000} \right) \\ &= \left(\frac{0,0251 \text{ m}^3/\text{s} \times 2747,4700 \text{ m} \times 9,81 \times 590}{1000} \right) \\ &= 400,2723 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Menghitung Power Motor

$$\begin{aligned} \text{Power Motor} &= \frac{\text{Daya Fluida}}{\text{Efisiensi}} \\ &= \frac{400,2723 \text{ kW}}{56,2\%} \\ &= 711,9288 \text{ kW} \end{aligned}$$

d. Menghitung Biaya Listrik

$$\begin{aligned} \text{Biaya Listrik} &= \text{Power Motor} \times \text{HPP} \\ &= 711,9288 \text{ kW} \times \text{Rp. 2700} \\ &= \text{Rp. 1.922.208} \end{aligned}$$

2) Pompa GA-102

Tabel IX. 2. Data aktual lapangan pompa GA-102

Tanggal	Kapasitas (ton/jam)	Ps (kg/cm ²)	Pd (kg/cm ²)	Power (kW)
01-04-2023	82,284	25,5996	158,19	466,254
02-04-2023	82,236	25,835	156,61	467,180
03-04-2023	82,721	25,8341	157,28	467,016
04-04-2023	83,495	25,8023	156,72	467,115
05-04-2023	82,334	25,8022	156,99	467,345
06-04-2023	82,629	25,8239	157,06	467,070
Rata-rata	82,617	25,7818	157,1832	467,2759

Data pada pompa Urea GA-102 :

$$\text{Kapasitas} = 82617,3689 \text{ kg/h} = 0,01959801 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ps.} = 25,7818 \text{ kg/cm}^2 = 2528338,132 \text{ Pa}$$

$$\text{Pd.} = 157,1832 \text{ kg/cm}^2 = 15414412,51 \text{ Pa}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Harga Listrik (HPP)} = \text{Rp. } 2700/\text{kWh}$$

$$\text{Massa Jenis } (\rho) = 1171 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Power Motor Aktual} = 467,2759 \text{ kW}$$

Pada kondisi Aces 21

a. Menghitung Head

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \frac{Pd - Ps}{\rho \times g} \\ &= \frac{15414412,51 \text{ Pa} - 2528338,132 \text{ Pa}}{1171 \text{ kg/cm}^3 \times 9,81} \\ &= 1121,7465 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Menghitung Daya Fluida

$$\begin{aligned} \text{Daya Fluida} &= \left(\frac{Q \times H \times g \times \rho}{1000} \right) \\ &= \left(\frac{0,0195 \text{ m}^3/\text{s} \times 1121,7465 \text{ m} \times 9,81 \times 1171}{1000} \right) \\ &= 252,5414 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Menghitung Efisiensi

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{\text{Daya Fluida}}{\text{Daya Motor Aktual}} \times 100\% \\ &= \frac{252,5414 \text{ kW}}{467,2759 \text{ kW}} \times 100\% \\ &= 54\% \end{aligned}$$

d. Menghitung Power Motor

$$\begin{aligned} \text{Power Motor} &= \frac{\text{Daya Fluida}}{\text{Efisiensi}} \\ &= \frac{252,5414 \text{ kW}}{54\%} \\ &= 467,2759 \text{ kW} \end{aligned}$$

e. Menghitung Biaya Listrik

$$\text{Biaya Listrik} = \text{Power Motor} \times \text{HPP}$$

$$= 467,2759 \text{ kW} \times \text{Rp. } 2700$$

$$= \text{Rp. } 1.261.645$$

Sebelum menghitung pada kondisi Aces 21 LP perlu menghitung tekanan discharge baru yang disimbolkan dengan ΔP . Dimana ΔP tersebut merupakan selisih dari tekanan discharge dengan tekanan sintesa pada kondisi Aces 21. Setelah mengetahui ΔP tersebut dapat digunakan untuk mencari tekanan discharge yang baru yaitu pada kondisi Aces 21 LP

Perhitungan ΔP

$$P \text{ sintesa Aces 21} = 152 \text{ bar} = 154,997 \text{ kg/cm}^2$$

$$P \text{ sintesa Aces 21 LP} = 136 \text{ bar} = 138,681 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P = P \text{ Aces 21} - P \text{ Aces 21 LP}$$

$$= 154,997 \text{ kg/cm}^2 - 138,681 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 16,316 \text{ kg/cm}^2$$

Maka P_d untuk Aces 21 LP menggunakan ΔP sebesar 16,316 kg/cm^2

$$P_d \text{ Aces 21 LP} = P_d \text{ Aces 21} - \Delta P$$

$$= 157,1832 \text{ kg/cm}^2 - 16,316 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 140,8672 \text{ kg/cm}^2 = 13814359,5 \text{ Pa}$$

Pada kondisi Aces 21 LP

a. Menghitung Head

$$\text{Head} = \frac{P_d - P_s}{\rho \times g}$$

$$= \frac{13814359,5 \text{ Pa} - 2528338,132 \text{ Pa}}{1171 \text{ kg/cm}^3 \times 9,81}$$

$$= 982,4601 \text{ m}$$

b. Menghitung Daya Fluida

$$\text{Daya Fluida} = \left(\frac{Q \times H \times g \times \rho}{1000} \right)$$

$$= \left(\frac{0,0251 \text{ m}^3/\text{s} \times 982,4601 \text{ m} \times 9,81 \times 1171}{1000} \right)$$

$$= 221,1835 \text{ kW}$$

c. Menghitung Power Motor

$$\begin{aligned}\text{Power Motor} &= \frac{\text{Daya Fluida}}{\text{Efisiensi}} \\ &= \frac{221,1835 \text{ kW}}{54\%} \\ &= 409,2546 \text{ kW}\end{aligned}$$

d. Menghitung Biaya Listrik

$$\begin{aligned}\text{Biaya Listrik} &= \text{Power Motor} \times \text{HPP} \\ &= 409,2546 \text{ kW} \times \text{Rp. 2700} \\ &= \text{Rp. 1.104.988}\end{aligned}$$

B) Pembahasan

Tabel IX. 3 Perbandingan Power dan Biaya Pompa GA-101 dan GA-102

Unit	Selisih Power	HPP (Rp)	Penghematan (jam)	Penghematan (tahun)
Pompa GA-101	71,635	2700	Rp 193.415	Rp 1.531.842.840
Pompa GA-102	58,021	2700	Rp 156.657	Rp 1.240.721.064

Pada pompa GA-101 kondisi Aces 21 dan Aces 21 LP jika dilakukan penurunan tekanan discharge pada Aces 21 LP yang berdampak pada berbagai parameter sistem. Head menurun dari 3023,92 m menjadi 2747,47 m, sehingga daya fluida berkurang dari 440,55 kW menjadi 400,27 kW. Penurunan ini menyebabkan kebutuhan power motor turun dari 783,56 kW menjadi 711,93 kW menghasilkan penghematan energi sebesar 71,63 kW. Biaya listrik juga berkurang dari Rp. 2.115.619 menjadi Rp. 1.922.208 dengan penghematan sebesar Rp. 193.411. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pada kondisi Aces 21 LP lebih efisien baik dari segi energi dan biaya listrik. Begitupun juga pada pompa Urea GA-102.

Dari data tersebut dapat disimpulkan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain :



1. Tekanan Discharge

Pada Aces 21 LP tekanan discharge diturunkan sebesar sehingga memengaruhi head, daya fluida, dan kebutuhan energi sistem.

2. Head

Penurunan tekanan discharge menyebabkan pengurangan head. Head yang lebih rendah berarti energi mekanis yang dibutuhkan untuk memompa fluida juga lebih kecil.

3. Daya Fluida

Karena head dan tekanan menurun, daya fluida yang diperlukan untuk mengalirkan fluida melalui sistem juga berkurang.

4. Efisiensi

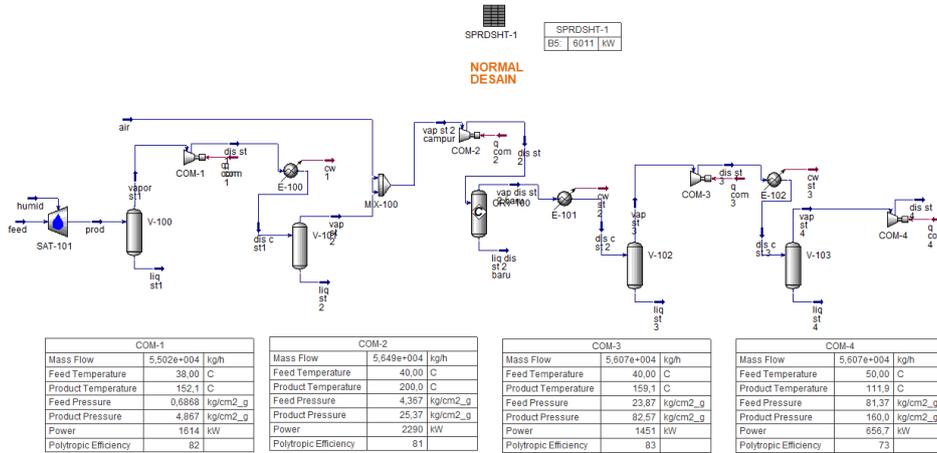
Efisiensi motor tetap konstan pada 56,2%, sehingga perubahan daya fluida langsung memengaruhi power motor yang diperlukan.

5. Power

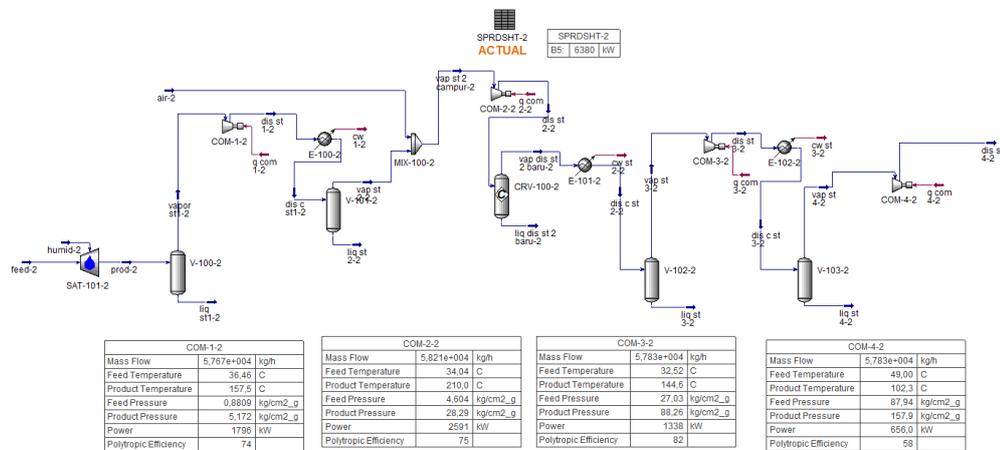
Penurunan daya fluida menyebabkan power motor yang dibutuhkan juga lebih kecil sehingga biaya yang diperlukan akan lebih kecil.

IX.5.8 Evaluasi Kompresor

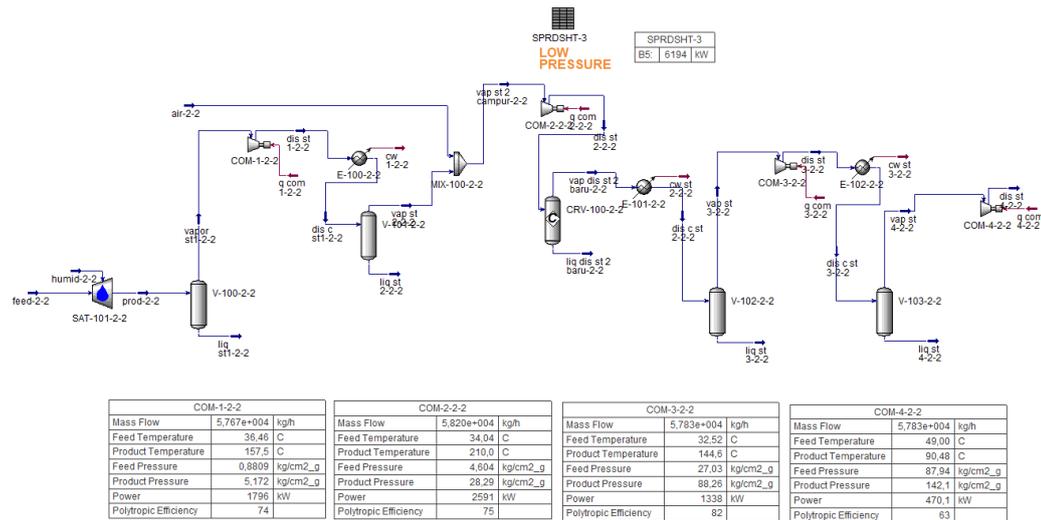
A) Simulasi Hysys



Gambar IX. 1 Simulasi HYSYS Kompresor Data Desain



Gambar IX. 2. Simulasi HYSYS Kompresor Data Aktual



Gambar IX. 3. Simulasi HYSYS Kompresor Data LP

B) Pembahasan

Gas CO₂ dari Unit Ammonia disuplai ke Suction Separator CO₂ Compressor (FA111) untuk memisahkan kondensat pada aliran CO₂. Gas kemudian ditekan oleh CO₂ Compressor (GT101) yang berupa kompresor tipe sentrifugal dengan 2 casing dan 4 stage. Sebagian kecil CO₂ dari discharge kompresor stage pertama ke LP Decomposer (DA202) dan sisanya didinginkan. Air kondensat dari pendinginan dipisahkan di FA112.

Udara pasivasi kemudian ditambahkan ke aliran gas CO₂ sebelum memasuki stage kedua untuk menghilangkan H₂ karena dapat menyebabkan akumulasi gas eksplosif. Gas CO₂ yang keluar dari tingkat kedua diumpankan ke Dehydrogen Column (DC151) untuk mereaksikan hidrogen dalam kandungan gas CO₂ dengan gas O₂. Reaksi tersebut yaitu



Gas kemudian didinginkan, dipisahkan kondensatnya di FA113, dan dikompresi kembali di stage ketiga. Gas keluaran stage ketiga didinginkan, dipisahkan kondensatnya di FA114, dan dikompresi kembali di stage keempat. Pada stage keempat, CO₂ akhirnya ditekan sampai 160 kg/cm² untuk dimasukkan ke Unit Sintesis

Urea.

Simulasi diatas dilakukan 3 kali tahap yaitu yang pertama simulasi dengan data desain, simulasi dengan data aktual, dan simulasi dengan kondisi Aces 21 LP. Pada simulasi pertama menggunakan data desain yang bertujuan untuk memastikan benar atau tidaknya simulasi yang sudah dibuat. Selanjutnya pada simulasi yang kedua menggunakan data aktual yang memakai duplikasi dari simulasi data desain. Kemudian pada simulasi ketiga menggunakan Aces 21 LP yang menurunkan tekanan discharge stage 4.

Pada simulasi yang pertama menggunakan data desain sebagai berikut :

Tabel IX. 4. Komponen Gas yang Masuk Kompresor

Komponen Masuk	Fraksi
CO ₂	0,99
N ₂	0,002
H ₂	0,008
H ₂ O	SAT

Laju alir Masuk = 55,018 ton/jam

Tabel IX. 5. Data Desain Kompresor

INLET				
Kondisi	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
Temperatur (°C)	38	40	40	50
Tekanan (kg/cm ² A)	1,72	5,40	24,9	82,4
OUTLET				
Temperatur (°C)	152,1	200	159,1	111,9
Tekanan (kg/cm ² A)	5,9	26,4	83,6	161
Power yang Dibutuhkan (kW)	6011			
Power yang Disuplai Turbin (kW)	6232			



Data desain tersebut disimulasikan pada software Aspen Hysys dengan susunan antara lain. Pada stage pertama yaitu gas dengan komposisi pada table masuk kedalam separator untuk memisahkan gas dan kondensasi, kemudian masuk ke suction kompresor untuk dikompresi dari 1,72 kg/cm²A menjadi 5,9 kg/cm². Setelah itu didinginkan dengan cooler dengan tujuan agar suhu yang didapat setelah dari kompresor tidak terlalu tinggi dan tetap terkontrol. Suhu diturunkan dari 152,1C menjadi 40C. Pada stage kedua gas masuk ke separator untuk dipisahkan gas dan kondensatnya. Setelah itu gas mendapatkan pasivasi udara untuk menghilangkan H₂ karena bersifat racun bagi katalis pada proses pembuatan urea. Setelah itu masuk ke kompresor untuk dikompresi kembali dari 5,4 kg/cm² menjadi 26,4 kg/cm². Kemudian masuk ke dehydrogen column untuk mereaksikan H₂ dalam CO₂ dengan O₂ menjadi Air. Setelah itu didinginkan kembali dengan cooler, dari suhu 200C menjadi 40C. Pada stage ketiga gas masuk separator untuk dipisahkan kembali antara gas co₂ dan kondensat. Kemudian masuk kompresor dan dikompresi dari 24,9 kg/cm² menjadi 83,6 kg/cm². Lalu didinginkan dari suhu 159,1C menjadi 50C. Pada stage keempat gas masuk separator untuk dipisahkan gas CO₂ dan kondensatnya. Setelah itu dikompresi 82,4 kg/cm² menjadi 161 kg/cm² atau tekanan sintesa. Pada stage ini tidak dilakukan pendinginan karena gas CO₂ akan masuk ke proses sintesa urea yang membutuhkan temperatur tinggi. Setelah disimulasikan seperti tersebut didapatkan power total yang dibutuhkan kompresor yaitu sebesar 6011 kW. Power tersebut sudah sesuai dengan data desain sehingga dapat dikatakan bahwa simulasi yang sudah dilakukan telah sesuai. Kemudian power yang disuplai oleh turbin yaitu sebesar 6232 kW yang dimana sudah termasuk dengan *machine loses*.

Tabel IX. 6. Data Aktual kompresor

INLET				
Kondisi	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
Temperatur (°C)	36,45	34	32,51	47
Tekanan (kg/cm ² G)	0,798	4,64	27	87,94
OUTLET				
Temperatur (°C)	157,51	210	144,6	102,27
Tekanan (kg/cm ² G)	5,17	28,29	88,61	157,9
Power yang Dibutuhkan (kW)	6380			
Power yang Disuplai Turbin (kW)	7758			
Effisiensi	82,24%			

Setelah mensimulasikan dengan data desain, simulasi tersebut diduplikat dan diganti dengan data operasi pada kondisi aktual. Pada simulasi data aktual, susunannya akan sama dengan simulasi data desain, hanya saja berbeda dengan kondisi operasinya. Pada stage pertama gas CO₂ dikompresi dari 0,798 kg/cm²G menjadi 5,17 kg/cm²G. Pada stage kedua gas CO₂ dikompresi dari 4,64 kg/cm²G menjadi 28,29 kg/cm²G. Pada stage ketiga gas CO₂ dikompresi dari 27 kg/cm²G menjadi 88,61 kg/cm²G. Pada stage keempat gas CO₂ dikompresi dari 87,94 kg/cm² menjadi 157,9 kg/cm²G. Setelah disimulasikan membutuhkan power sebesar 6380 kW dan pada simulasi turbin menghasilkan power 7758 kW. Power yang dibutuhkan kompresor dan power yang dihasilkan turbin tersebut akan digunakan untuk menghitung efisiensi dan akan digunakan pada kondisi Aces 21 LP, efisiensi tersebut sebesar 82,24%.

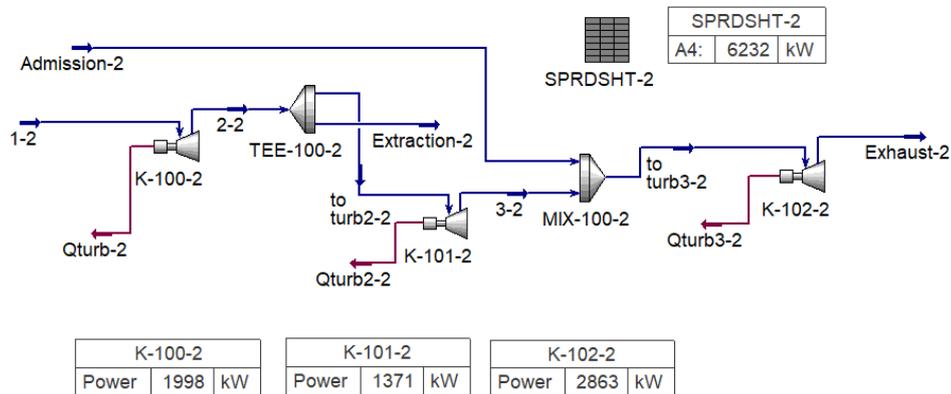
Tabel IX. 7. Data Kompresor LP

INLET				
Kondisi	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
Temperatur (°C)	36,45	34	32,51	47
Tekanan (kg/cm ² G)	0,798	4,64	27	87,94
OUTLET				
Temperatur (°C)	157,51	210	144,6	90,48
Tekanan (kg/cm ² A)	5,17	28,29	88,61	142,1
Power yang Dibutuhkan (kW)	6194			
Power yang Disuplai Turbin (kW)	7532			
Effisiensi	82,24%			

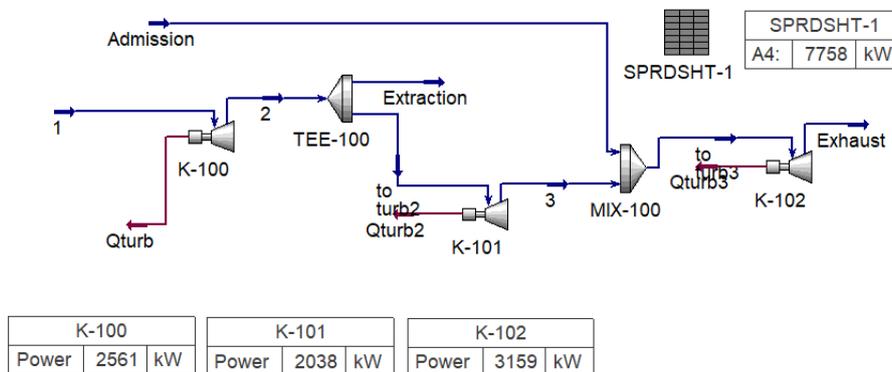
Pada simulasi dengan kondisi Aces 21 LP, simulasi data aktual digunakan kembali, dari stage pertama sampai stage ketiga kondisi operasinya sama. Akan tetapi pada stage keempat terjadi penyesuaian tekanan discharge nya. Penyesuaian tersebut disesuaikan dengan penurunan tekanan sintesa dari kondisi Aces 21 menjadi Aces 21 LP. Kemudian dilakukan simulasi didapatkan power yang dibutuhkan kompresor sebesar 6194 kW. Setelah itu power tersebut dibagi dengan efisiensi 82,16% yang didapatkan dari kompresor dan turbin pada kondisi Aces 21. Sehingga didapatkan power yang harus disuplai turbin sebesar 7532 kW.

IX.5.9 Evaluasi Steam turbin

A) Simulasi Hysys



Gambar IX. 4. Simulasi Turbin Data Desain



Gambar IX. 5. Simulasi HYSYS Turbin Data Aktual

B) Pembahasan

Steam turbin yang dipakai oleh pabrik IB memiliki 4 bagian yaitu inlet, *extraction*, *admission*, dan *exhaust*. Inlet yang berarti steam pertama kali masuk kedalam turbin. Kemudian pada *extraction* terdapat proporsi antara steam yang diekstrak dan lanjut ke *exhaust*. Steam yang diekstrak tersebut akan dimanfaatkan sebagai sumber panas pada proses produksi. Lalu pada bagian *admission*, turbin mendapatkan pasokan tambahan steam, karena terdapat kehilangan aliran massa akibat adanya *extraction*. Selanjutnya yaitu *exhaust* yang merupakan bagian terakhir, dimana steam akan dikondensasikan kembali.

Pada simulasi diatas terdapat beberapa kali simulasi yaitu simulasi dengan dengan data desain dan simulasi dengan data aktual. Simulasi dengan data desain tersebut kami memakai data yang sudah dihitung oleh vendor yaitu Hitachi. Ltd. Tujuan dari simulasi data desain tersebut adalah untuk pengecekan apakah simulasi yang kami buat sudah sesuai atau belum. Kemudian dari simulasi tersebut akan di duplikat dan akan digunakan pada kondisi operasi aktual. Data yang digunakan pada simulasi desain antara lain :

Tabel IX. 8. Data Turbin Desain

Inlet	Flow (kg/jam)	64.200
	Tekanan (kg/cm ² G)	46
	Temperatur (C)	380
<i>Extraction</i>	Flow (kg/jam)	47.125
	Tekanan (kg/cm ² G)	21
	Temperatur (C)	308
Admission	Flow (kg/jam)	10.140
	Tekanan (kg/cm ² G)	4.5
	Temperatur (C)	155
Exhaust	Flow (kg/jam)	27.215
	Tekanan (mmHgA)	86,6
	Temperatur (C)	48,6
	Enthalpy (kcal/kg)	568,4
Power (kW)	6232	

Dengan data tersebut dilakukan simulasi secara desain dan untuk mengetahui apakah sudah sesuai atau belum dilihat dari power yang dihasilkan turbin dan enthalpy pada exhaust. Simulasi dilakukan dengan membagi 3 bagian. Bagian yang pertama yaitu terdiri dari turbin 1 dan splitter yang digunakan untuk membagi proporsi steam yang diekstrak dan steam yang lanjut ke exhaust. Bagian yang kedua terdiri dari turbin 2 dan mixer yang mencampurkan steam *admission*. Bagian yang ketiga yaitu exhaust yang terdiri dari turbin 3. Pada exhaust tersebut terdapat steam yang sudah mengalami kondensasi berupa sudah dalam keadaan liquid dan ada yang masih dalam keadaan vapor. Oleh sebab itu enthalpy

yang akan dijadikan parameternya. Untuk mengatur enthalphy agar sesuai desain, digunakan perhitungan fraksi vapor.

Berikut merupakan perhitungan fraksi vapor tersebut.

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan} &= 86,6 \text{ mmHgA} \\
 X_{\text{liq}} &= 0,1 \text{ (Asumsi)} \\
 X_{\text{vap}} &= 1 - 0,1 = 0,9 \\
 H_{\text{liq}} &= 48,6576 \text{ kcal/kg (saturated steam table by pressure)} \\
 H_{\text{vap}} &= 618,471 \text{ kcal/kg (saturated steam table by pressure)} \\
 H_{\text{total}} &= (X_{\text{liq}} \times H_{\text{liq}}) + (X_{\text{vap}} \times H_{\text{vap}}) \\
 &= (0,1 \times 48,6576 \text{ kcal/kg}) + (0,9 \times 618,471 \text{ kcal/kg}) \\
 &= 561,4897 \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Karena enthalphy tersebut belum sesuai dengan data desain yaitu sebesar 568,4 kcal/kg maka digunakan goalseek pada excel untuk mencari fraksi tersebut. Setelah di goalseek fraksi vapor tersebut yaitu sebesar 0,9122 dan fraksi liquid sebesar 0,0878. Selanjutnya dilakukan simulasi dari semua bagian tersebut dan power yang dihasilkan turbin yaitu sebesar 6232 kW, yang artinya simulasi sudah sesuai dengan data desain.

Tabel IX. 9. Data Turbin Aktual

Inlet	Flow (kg/jam)	78.759
	Tekanan (kg/cm ² G)	46,49
	Temperatur (C)	382,4
Extraction	Flow (kg/jam)	53.288
	Tekanan (kg/cm ² G)	20,17
	Temperatur (C)	308,79
Admission	Flow (kg/jam)	5755
	Tekanan (kg/cm ² G)	3,099
	Temperatur (C)	150,57
Exhaust	Flow (kg/jam)	31.141
	Tekanan (kg/cm ² G)	-0,889
	Temperatur (C)	53,11
Power (kW)	7758	

Setelah itu simulasi tersebut diduplikat dan akan diubah dengan menggunakan data aktual/Aces 21 dengan proporsi

extraction dan *exhaust* yang sudah disesuaikan dan mendapatkan power sebesar 7758 kW. Power tersebut yang digunakan pada perhitungan efisiensi turbin dan kompresor.

1. Perhitungan selisih power total kompresor

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= \left(\frac{\text{Kebutuhan power kompresor Aces 21}}{\text{Power yang dihasilkan Turbin Aces 21}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{6374 \text{ kW}}{7758 \text{ kW}} \right) \times 100\% \\ &= 82,24\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selisih power} &= \text{Power Turbin Aces 21} - \left(\frac{\text{Power kompresor Aces 21 LP}}{\text{Efisiensi}} \right) \\ &= 7758 \text{ kW} - \left(\frac{6194 \text{ kW}}{82,24\%} \right) \\ &= 226 \text{ kW}\end{aligned}$$

2. Perhitungan kebutuhan steam

Pada inlet

$$\begin{aligned}\text{Flow} &= 1 \text{ ton/jam} = 1000 \text{ kg/jam (Asumsi)} \\ P &= 46,48829 \text{ kg/cm}^2\text{-g} \\ T &= 382,4 \text{ C} \\ H &= 3159,62 \text{ kJ/kg (Superheated Steam Table)} \\ \text{Energi} &= H \times \text{Flow} \\ &= 3159,62 \text{ kJ/kg} \times 1000 \text{ kg/jam} \\ &= 3159620 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

Pada Extraction

$$\begin{aligned}\text{Proporsi} &= 67,66\% \\ \text{Flow} &= \text{Proporsi} \times \text{Flow inlet} \\ &= 67,66\% \times 1000 \text{ kg/jam} \\ &= 676,6 \text{ kg/jam} \\ P &= 20,017 \text{ kg/cm}^2\text{-g} \\ T &= 308,79 \text{ C} \\ H &= 3042,8 \text{ kJ/kg (Superheated Steam Table)} \\ \text{Energi} &= H \times \text{Flow} \\ &= 3042,8 \text{ kJ/kg} \times 676,6 \text{ kg/jam} \\ &= 2058697,624 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

Pada *Exhaust*

$$\text{Proporsi} = 32,34\%$$

$$\begin{aligned}\text{Flow} &= \text{Proporsi} \times \text{Flow inlet} \\ &= 32,34\% \times 1000 \text{ kg/jam} \\ &= 323,4 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$P = 110 \text{ mmHgA}$$

$$T = 53,6091 \text{ C (Saturated Steam Table)}$$

Perhitungan energi *condensing* dan *vapor*

$$x_{\text{liq}} = 0,08788 \qquad x_{\text{vap}} = 0,9122$$

$$H_{\text{liq}} = 224,425 \text{ kJ/kg} \qquad H_{\text{vap}} = 2597,67 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned}H_{\text{liq prop.}} &= x_{\text{liq}} \times H_{\text{liq}} \\ &= 0,08788 \times 224,425 \text{ kJ/kg} \\ &= 19,70452 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{\text{vap prop.}} &= x_{\text{vap}} \times H_{\text{vap}} \\ &= 0,9122 \times 2597,67 \text{ kJ/kg} \\ &= 2369,595 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{\text{Total}} &= H_{\text{liq prop.}} + H_{\text{vap prop.}} \\ &= 19,70452 \text{ kJ/kg} + 2369,595 \text{ kJ/kg} \\ &= 2389,299089 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi} &= H_{\text{Total}} \times \text{Flow} \\ &= 2389,299089 \text{ kJ/kg} \times 323,4 \text{ kg/jam} \\ &= 772747,1114 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi terserap} &= \text{Energi inlet} - \text{Energi } \textit{Extraction} - \text{Energi } \textit{Exhaust} \\ &= (3159620 - 2058697,624 - 772747,1114) \text{ kJ/h} \\ &= 328175,26 \text{ kJ/h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konersi ke kW} &= \frac{\text{Energi terserap}}{3600 \text{ s}} \\ &= \frac{328175,26 \text{ kJ/h}}{3600 \text{ s}} \\ &= 91,16 \text{ kW}\end{aligned}$$

Karena power (kW) tersebut belum sama dengan perhitungan selisih power turbin Aces 21 dan Aces 21 LP yaitu

sebesar 226 kW, maka digunakan fitur excel yaitu goalseek untuk mencari kebutuhan steam yang diasumsi pada perhitungan. Setelah di goalseek mendapatkan kebutuhan steam sebesar 2,4133 ton/jam atau 2479,163 kg/jam.

IX.5.10 Total Penghematan

Tabel IX. 10. Total Penghematan pompa GA-101 dan GA-102

Unit	Selisih Power	HPP (Rp)	Penghematan (jam)	Penghematan (tahun)
Pompa GA-101	71,635	2700	Rp. 193.411	Rp. 1.531.813.269
Pompa GA-102	58,021	2700	Rp. 156.656	Rp. 1.240.726.558

Tabel IX. 11. Total Penghematan kebutuhan steam

Unit	Selisih Steam (ton)	HPP (Rp)	Penghematan (jam)	Penghematan (tahun)
Turbin GT-101	2,4791	400.000	Rp. 991.665	Rp. 7.853.988.639

Tabel IX. 12. Investasi dan lama balik modal

Investasi	Total penghematan	Lama balik modal
Rp. 16.197.550.000	Rp. 10.626.552.543	1 tahun 6 bulan

Berdasarkan data yang tersedia, penghematan tahunan dapat dijelaskan secara terperinci untuk setiap unit yang terlibat. Pompa GA-101 dengan selisih daya sebesar 71,635 kW dan harga pokok produksi listrik sebesar Rp 2.700 per kWh, memberikan penghematan tahunan sebesar Rp 1.531.813.269. Pompa GA-102 dengan selisih daya sebesar 58,021 kW dan HPP listrik yang sama, menghasilkan penghematan tahunan sebesar Rp 1.240.726.558. Sementara itu, turbin GT-101 melalui pengurangan kebutuhan steam sebesar 2,4791 ton dan HPP steam sebesar Rp 400.000 per ton, memberikan kontribusi penghematan tahunan tertinggi, yaitu Rp 7.853.988.639. Jika dijumlahkan, total penghematan tahunan mencapai Rp 10.417.997.680. Dengan investasi awal sebesar Rp 16.197.550.000, waktu balik modal dihitung menjadi 1 tahun 6 bulan, yang menunjukkan bahwa



perubahan ini memberikan efisiensi signifikan baik dalam hal energi maupun biaya operasional.



BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

X.1 Kesimpulan

Dari tugas khusus yang telah dikerjakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pompa GA-101 kondisi Aces 21 dengan tekanan discharge sebesar $203,567 \text{ kg/cm}^2$ menghasilkan power sebesar $783,562 \text{ kW}$. Lalu pada kondisi Aces 21 LP dengan ΔP sebesar $16,316 \text{ kg/cm}^2$ dan tekanan discharge menjadi $187,244 \text{ kg/cm}^2$ menghasilkan power sebesar $711,928 \text{ kW}$. Maka penghematan energi sebesar $71,635 \text{ kW}$. Sedangkan pada pompa GA-102 kondisi Aces 21 dengan tekanan discharge sebesar $157,1832 \text{ kg/cm}^2$ menghasilkan power sebesar $467,275 \text{ kW}$. Lalu pada kondisi Aces 21 LP dengan ΔP sebesar $16,316 \text{ kg/cm}^2$ dan tekanan discharge menjadi $140,8672 \text{ kg/cm}^2$ menghasilkan power sebesar $409,254 \text{ kW}$. Maka penghematan energi sebesar $58,021 \text{ kW}$.
2. Pada kondisi Aces 21 kompresor GB-101 membutuhkan power sebesar 6380 kW dengan power yang disuplai turbin GT-101 sebesar 7758 kW . Sedangkan pada kondisi Aces 21 LP kompresor GB-101 membutuhkan power sebesar 6194 kW dengan power yang disuplai turbin GT-101 sebesar 7538 kW . Maka penurunan power yang disuplai Turbin GT-101 sebesar 220 kW . Dengan penurunan power tersebut terjadi penurunan kebutuhan steam sebesar $2,4133 \text{ ton/jam}$ atau $2413,3 \text{ kg/jam}$ steam.
3. Dengan harga listrik per kWh Rp. 2700 dan pada pompa GA-101 terjadi penurunan power sebesar $71,635 \text{ kW}$ maka terjadi penghematan sebesar Rp. 193.415 per jam atau dalam setahun sebesar Rp. 1.531.842.840. Sedangkan pada pompa GA-102 terjadi penurunan power sebesar $58,021 \text{ kW}$ maka terjadi penghematan sebesar Rp. 156.657 per jam atau dalam setahun sebesar Rp. 1.240.721.064. Dengan harga steam Rp. 400.000/ton dan terjadi penurunan kebutuhan steam sebesar $2,4791 \text{ ton}$, maka penghematannya sebesar Rp. 991.665 per jam atau per tahun sebesar Rp.



7.853.988.639 Dengan pembaharuan teknologi dari Aces 21 ke Aces 21 LP terjadi penghematan biaya total sebesar Rp. 10.626.552.543. Dengan investasi sebesar \$1.000.000 atau Rp. 16.197.550.000, maka dengan penghematan tersebut lama balik modal yaitu 1 tahun 6 bulan.

X.2 Saran

Dari tugas khusus yang telah dikerjakan, maka saran untuk peneliti selanjutnya yaitu dilakukannya evaluasi secara simulasi dengan software maupun dengan perhitungan manual. Pada simulasi secara umum dianggap ideal sehingga bisa berbeda dengan di lapangan. Dengan dilakukan perhitungan manual kita bisa membandingkan hasil antara simulasi dan perhitungan.