

**OPTIMASI PRODUKSI WET GAS MENGGUNAKAN  
METODE FLARE COOLING PADA  
GATHERING STATION X MINAS PT. CPI**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**CHYNTIA QORISYA DAENG RANNU**

**133210700**



Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2020**

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah Subhanallahu wa Ta'ala karena atas rahmat dan ridha-Nya penulis dapat sampai di titik ini dan menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir yang berjudul **“Optimasi Produksi Kondensat Menggunakan Metode Flare Cooling pada Gathering Station X Minas PT. CPI”** ini disusun oleh penulis untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan di Universitas Islam Riau.

Dalam penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini, penulis didukung dan dibantu baik dalam bentuk ilmu dan dorongan semangat oleh orang – orang terdekat penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Idham Khalid, ST., MT., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu dan tenaga, memberikan ilmu serta membimbing penulis dari awal penulisan proposal sampai penyelesaian Tugas Akhir ini
2. Bapak Ir.H. Ali Musnal, MT., dan Ibu Richa Mellysa, ST., MT., selaku dosen penguji Tugas Akhir yang sudah meluangkan waktu dan tenaga serta memberikan ilmu dan masukan yang sangat bermanfaat untuk penulis.
3. Ketua dan Sekertaris Prodi serta dosen – dosen Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan dan mendukung penyusunan Tugas Akhir ini.

4. Seluruh keluarga besar, yang saya cintai dan sayangi karena telah memberikan dukungan dan semangat yang sangat besar sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dan menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini
5. Seluruh teman – teman Teknik Perminyakan UIR seperjuangan yang telah memberi semangat, dukungan dan mendorong penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Team Leader, Plant Coordinator dan rekan – rekan satu team GS Minas PT. Chevron Pacific Indonesia yang telah memberikan semangat, dukungan dan dorongan agar penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
7. dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu telah membantu penulis.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis pun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya.

Pekanbaru, Juni 2020

Chyntia Qorisya Daeng Rannu  
13321700

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	1
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Stasiun Pengumpul ( <i>Gathering Station</i> ).....	3
2.1.1 <i>Flow Process Gathering Station</i> Lapangan Minyak Minas.....	4
2.1.2 Gas Plant pada <i>Gathering Station</i> Minas .....	4
2.2 Gas Bumi .....	6
2.2.1 Hukum yang Berlaku untuk Gas.....	7
2.2.1.1 Hukum Boyle (Hubungan antara Tekanan dan Volume) ....	7
2.2.1.2 Hukum Charles (Hubungan antara Suhu dan Volume) .....	7
2.2.1.3 Hukum Gay-Lussac (Hubungan antara Tekanan dan Suhu)	8

2.2.1.4	Hukum Avogadro .....	8
2.2.1.5	Hukum Gas Ideal .....	9
2.2.2	Specific Gravity Gas Bumi .....	9
2.2.3	Wet Gas.....	10
2.3	Kompresor gas .....	11
2.3.1	Cara Kompresi Gas .....	12
2.3.2	Perubahan Suhu Terhadap Kompresi .....	14
2.3.3	Efisiensi Volumetrik.....	15
2.3.4	Efisiensi Adiabatik.....	17
2.3.5	Volume Tangki Penerima .....	19
2.3.6	Sifat – sifat Kompresi .....	20
2.3.6.1	Perbandingan Kompresi ( <i>Compression Ratio</i> ).....	20
2.3.6.2	Panas Kompresi .....	20
2.3.6.3	Kapasitas / Laju Alir Gas.....	20
2.3.7	Prinsip Kerja Kompresor .....	21
2.3.7.1	Kompresor Gas Kerja Tunggal ( <i>Single Acting</i> ).....	21
2.3.7.2	Kompresor Gas Kerja Ganda ( <i>Double Acting</i> ) .....	23
2.4	Teori Kondensasi .....	25
2.5	Sistem <i>Flare Cooling</i> .....	26
2.5.1	Peralatan pada Sistem <i>Flare Cooling</i> .....	26
2.5.2	Prinsip Kerja <i>Flare Cooling</i> .....	28
2.6	Laju Alir Fluida .....	29
2.6.1	Laju Alir Massa ( <i>Mass Flow Rate</i> ).....	30
2.6.2	Laju Alir Volumetrik ( <i>Volumetric Flow Rate</i> ).....	30
2.6.3	Hubungan antara Laju Alir Massa dengan Laju Alir Volumetrik ...	31
BAB III METODE PENELITIAN.....		34
3.1	Metode Penelitian .....	34
3.2	Alur Penelitian.....	34
3.3	Tempat Penelitian .....	34
3.4	Lapangan Minyak Minas .....	35
3.5	Metode <i>Flare Cooling</i> .....	35
3.6	Jadwal Penelitian .....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	37
4.1 Proses <i>Gas Plant</i> pada Minas Gathering Station X.....	37
4.2 Optimasi Produksi Wet Gas Fasa Cair dengan Menggunakan Metode Flare Cooling .....	40
4.3 Proses Flare Cooling dan Hasil Pengamatan Produksi Wet Gas Fasa Cair dengan Menggunakan Metode Flare Cooling.....	43
4.4 Perhitungan Efisiensi dan Optimasi Produksi Wet Gas Fasa Cair .....	45
4.5 Perbandingan Produksi Wet Gas Fasa Cair saat Kompresor Gas aktif dengan Flare Cooling .....	46
4.6 Permasalahan yang Membuat Kompresor Gas Tidak Aktif.....	47
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Gathering Station</i> Minas .....	3
Gambar 2.2	Flow Process Gas Plant di Minas Gathering Station.....	5
Gambar 2.3	Kompresor Gas di Minas Gathering Station .....	6
Gambar 2.4	Diagram P-T <i>Wet Gas</i> .....	10
Gambar 2.5	Grafik T-S (siklus aktual).....	11
Gambar 2.6	Teori Kompresi.....	11
Gambar 2.7	Langkah Piston Kerja Tunggal.....	15
Gambar 2.8	Langkah Piston Kerja Tunggal.....	15
Gambar 2.9	Prinsip Kerja Kompresor Gas <i>Single Acting</i> saat piston bergerak mundur.....	21
Gambar 2.10	Prinsip Kerja Kompresor Gas <i>Single Acting</i> saat Piston Bergerak Mundur Sampai Titik B.....	21
Gambar 2.11	Prinsip Kerja Kompresor Gas <i>Single Acting</i> saat Piston Bergerak dari titik B – C .....	22
Gambar 2.12	Prinsip Kerja Kompresor Gas <i>Single Acting</i> Piston Bergerak dari titik C ke titik D.....	22
Gambar 2.13	Prinsip Kerja Kompresor Gas <i>Single Acting</i> Piston Bergerak dari titik D ke titik A.....	23
Gambar 2.14	Grafik P – V Kerja Kompresor Gas <i>Single Acting</i> .....	23
Gambar 2.15	Cara Kerja Gas Kompresor <i>Double Acting</i> .....	24
Gambar 2.16	Diagram P-T <i>Wet gas</i> .....	25
Gambar 2.17	Pendingin atau <i>Cooler</i> .....	26
Gambar 2.18	Bejana Bertekanan V1 .....	27
Gambar 2.19	<i>Blowcase</i> .....	27
Gambar 2.20	<i>Liquid Handling Facility</i> (LHF) dengan Sistem Kerja Pompa .....	28
Gambar 2.21	Diagram Alir Proses Sistem Flare Cooling .....	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Sistem Flare Cooling .....	36
Gambar 4.1	Minas Gas Plant Flow Process .....	37
Gambar 4.3	Piping & Instrument Diagram Kompresor Gas Gathering Station X41	

Gambar 4.4 Skematik Diagram Modifikasi Flare Cooling Gathering Station X  
Minas .....42

Gambar 4.5 Diagram Permasalahan Kompresor Gas pada Desember 2019 – Mei  
2020.....50



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perencanaan jadwal penelitian .....	36
Tabel 4.1	Produksi Wet Gas Fasa Cair Gathering Station X Minas Bulan Desember 2019 – Februari 2020 .....	40
Tabel 4.2	Percobaan Bukaan Valve V1 menuju Flare .....	44
Tabel 4.3	Produksi Wet Gas Fasa Cair Bulan Maret – Mei 2020 .....	45
Tabel 4.4	Permasalahan pada Kompresor Gas Periode Desember 2019 – Mei 2020 .....	48



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1	Perencanaan jadwal penelitian .....	36
Grafik 4.1	Grafik Produksi Wet Gas Fasa Cair Gathering Station X Minas Bulan Desember 2019 – Februari 2020 .....	41
Grafik 4.2	Grafik Produksi Wet Gas Fasa Cair Gathering Station X Minas ...	40



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Piping and Instrument Diagram Kompresor Gas AWE
2. Schematic Diagram Flare Cooling Project



## DAFTAR SINGKATAN

Bbl	: barrel
BFPD	: Barrel Fluid Per Day
BOPD	: Barrel Oil Per Day
CPI	: Chevron Pacific Indonesia (PT)
ESP	: Electric Submersible Pump
FAD	: Free Air Delivery
FI	: Flow Index
GS	: Gathering Station
HC	: Hydro Carbon
LHF	: Liquid Handling Facility
MGT	: Minas Gas Turbin
MSCF	: Million Standard Cubic Feet
MSCFD	: Million Standard Cubic Feet Day
PID	: Piping Instrument Diagram
SCF	: Standard Cubic Feet
SI	: Satuan Internasional

## DAFTAR SIMBOL

P	: Tekanan mutlak ( $\text{kgf/m}^2$ ) atau Pa atau psia
V	: Volume ( $\text{m}^3$ ) atau ( $\text{ft}^3$ )
n	: jumlah mol (lb-mol)
T	: Temperatur ( $^{\circ}\text{K}$ )
R	: Konstanta Gas (10.73 untuk gas ideal)
Td	: Temperatur mutlak gas keluar kompresor ( $^{\circ}\text{K}$ )
Ts	: Temperatur isap mutlak gas masuk kompresor ( $^{\circ}\text{K}$ )
m	: Jumlah tingkat kompresi; $m = 1, 2, 3, \dots$ dst
$\frac{Pd}{Ps}$	: Perbandingan Tekanan = $\frac{\text{Tekanan Keluar Mutlak}}{\text{Tekanan Hisap Mutlak}}$
k	: Perbandingan panas jenis gas ( $C_p/C_v$ ), $k_{\text{udara}} = 1,4$
D	: dalam meter (m), langkah tolak dengan simbol S dalam meter (m), dan putaran dengan simbol N dalam satuan rpm
Vc	: Volume sisa ( <i>clearance</i> ) relative $V_c/V_s$ ,
n	: koefisien ekspansi gas yang tertinggal di dalam kompresor (n udara 1.2)
$\eta_{\text{ad}}$	: Efisiensi adiabatik keseluruhan (%)
Wad	: Daya adiabatik teoritis (kW)
Ws	: Daya yang masuk pada kompresor (kW)
Ps	: Tekanan isap tingkat pertama ( $\text{kgf/m}^2$ abs)
Pd	: Tekanan keluar dari tingkat terakhir ( $\text{kgf/m}^2$ abs)
Qs	: Jumlah volume gas yang keluar dari tingkat terakhir ( $\text{m}^3/\text{min}$ )
Po	: Tekanan Atmosfir (bar)
t	: Lamanya pengisian kompresor (menit)
V	: Volume tangki
$\dot{m}$	: Laju aliran massa ( $\text{kg/s}$ )
$\rho$	: Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
v	: Kecepatan aliran ( $\text{m/s}$ )
A	: Luas penampang ( $\text{m}^2$ )
Q	: laju alir ( $\text{m}^3/\text{s}$ atau $\text{ft}^3/\text{s}$ atau gallon per menit)
v	: kecepatan ( $\text{m}^2/\text{s}$ atau $\text{ft}^2/\text{s}$ )
$\eta$	: Efisiensi

## ABSTRAK

# OPTIMASI PRODUKSI WET GAS MENGGUNAKAN METODE FLARE COOLING PADA GATHERING STATION X MINAS PT. CPI

CHYNTIA QORISYA DAENG RANNU  
133210700

Gas yang ikut terproduksi dari sumur lapangan minyak dapat dimanfaatkan dengan cara diolah kembali pada fasilitas *gas plant* di *Gathering Station*. Peralatan yang ada pada *gas plant* tersebut antara lain kompresor gas, sistem pendingin (*cooler*) dan bejana bertekanan (*vessel*). Pada kondisi kompresor gas aktif, gas yang masuk dikompresi untuk menjadi gas yang bertekanan tinggi. Lalu gas tersebut dikirim menuju fasilitas berikutnya (biasanya digunakan sebagai penggerak turbin pembangkit listrik). Disamping itu, proses kondensasi pada *gas plant* menghasilkan produk berupa *wet gas* fase cair. Produksi *wet gas* ini dikumpulkan, lalu dikirim bersamaan dengan produksi minyak untuk menambah produksi.

Masalah akan muncul ketika ketika kompresor gas tidak aktif, karena semua gas akan dibakar pada flare stack sebelum dibuang ke atmosfer bebas. Sehingga, tidak ada produksi gas maupun *wet gas* yang diproduksi dari gas plant.

Penelitian ini dilakukan untuk mencari cara agar produksi *wet gas* tetap optimal, bahkan ketika kompresor gas tidak aktif. Metode yang dipakai untuk menghasilkan *wet gas* ini adalah menggunakan sistem *flare cooling*. Sistem ini memanfaatkan proses kondensasi dengan cara tetap mengaktifkan pendingin (*cooler*), bejana bertekanan (*vessel*) dan *blow case* pada *gas plant* ketika kompresor gas tidak aktif.

*Flare cooling* terbukti efektif untuk menghasilkan produksi *wet gas* fasa cair sebanyak 43.68% dan mengoptimalkan sebanyak 177%

**Kata kunci :** *wet gas* , kompresor gas, *flare cooling*

## ABSTRACT

### WET GAS PRODUCTION OPTIMIZATION BY FLARE COOLING METHOD AT GATHERING STATION X MINAS PT. CPI

CHYNTIA QORISYA DAENG RANNU  
133210700

*Associate gas that produce from oil field can be proced at gas plant facility at Gathering Station. Equipments at gas plant are Gas Compressor, cooling system (cooler) and pressurize vessel. Gas Compressor will compressed gas become high pressure, then shipped to next facility (ussuly as turbine mover for electricity generator). Beside that, condensation process at gas plant produce liquid phase of wet gas. This wet gas (condensate) production shipped with crude oil to increase production. The problem will be exist if gas compressor not active, all associate gas will be burnt at flare stack and no wet gas production.*

*This study will search method that can optimize wet gas production, even gas compressor is not active. Methode that we used is named as flare cooling method. This system will use condensation process that will be exist when we activate cooler and vessel. Flare cooling proven effective to produce liquid phase of wet gas 43.68% and optimize production 177%*

*Keyword: wet gas, gas compressor, flare cooling*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fluida yang dihasilkan Lapangan Minyak Minas mengandung *associate gas*. Gas yang ikut terproduksi tersebut dapat dimanfaatkan dengan cara diolah kembali pada fasilitas *Gas Plant* di *Gathering Station*. Gas tersebut dikompresi menggunakan kompresor gas untuk menaikkan tekanan, lalu dikirim menuju fasilitas berikutnya (digunakan sebagai penggerak turbin pembangkit listrik). Disamping itu, *wet gas* yang telah menjadi fase cair, akan dipisahkan dan dikirim bersamaan dengan produksi minyak mentah. Fase cair ini dihasilkan dari proses kompresi dan kondensasi *wet gas* pada *Gas Plant*, lalu dimanfaatkan untuk menambah produksi. Oleh karena itu, produksi *wet gas* pun menjadi sangat penting untuk dijaga.

*Gas Plant* pada *Gathering Station* terdiri dari kompresor gas, sistem pendingin (*cooler*) dan bejana bertekanan (*vessel*). Pada kondisi kompresor gas aktif, gas plant dapat memproduksi gas bertekanan dan *wet gas* fase cair. Tetapi ketika kompresor gas tidak aktif, semua gas akan dibakar pada flare stack. Sedangkan opsi untuk penambahan gas kompresor untuk menjadi stand by unit menjadi pilihan yang tidak ekonomis dikarenakan ada biaya pemeliharaan dan konsumsi *lube oil*.

Maka dari itu, untuk memanfaatkan gas yang terproduksi saat kompresor gas mati, digunakan metode pendinginan gas yang disebut sistem *flare cooling*. *Flare cooling* adalah proses pendinginan *wet gas* agar terbentuk fase cair dengan cara memanfaatkan pendingin (*cooler*), bejana bertekanan (*vessel*) dan *blow case* pada *gas plant*. Maka dari itu, ketika kompresor gas mati, gas plant masih dapat menghasilkan fase cair dari *wet gas*.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui permasalahan utama penurunan produksi wet gas saat kompresor gas tidak aktif dan Memodifikasi *gas plant* pada *Gathering Station X* agar tetap dapat memproduksi wet gas saat gas kompresor tidak aktif
2. Mengetahui perbandingan produksi *wet gas* fase cair yang dihasilkan pada saat Kompresor gas tidak aktif dengan sistem *Flare Cooling*

### 1.3 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini, peneliti dapat mengetahui dan mengerti tentang bagaimana mengoptimalkan produksi *wet gas* fase cair. Cara optimasi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan perencanaan maupun referensi dalam perencanaan perancangan gas plant untuk menjaga agar produksi *wet gas* fase cair.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan penelitian ini adalah agar penulisannya lebih terarah membahas tentang sistem *flare cooling* pada *Gathering Station X* dari sisi cara kerja, efektivitas dan produksi. Penelitian ini tidak membahas sifat fisik fluida dan aspek ekonomis dari kompresor gas dan *Flare Cooling*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam merupakan segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah di bumi untuk dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Sumber daya alam terdapat dimana saja seperti di air, udara, tanah dan sebagainya, maka manusia yang telah diciptakan oleh Allah sebagai khalifah di bumi memiliki kewajiban untuk memelihara, mengelola, dan memanfaatkan semua sumber daya alam di bumi. Dalam firman Allah pada Q.S Al-An'am (6): 1-3 tentang siapa yang menciptakan langit dan bumi. Maka sudah kewajiban kita untuk bersyukur untuk segala sesuatu yang telah diberikan oleh Allah, Allah telah berjanji barang siapa yang mensyukuri nikmat yang telah aku berikan maka ditambah nikmat tersebut, tapi apabila kufur terhadap nikmat yang aku berikan maka mendapatkan siksa yang sangat pedih. Dalam bentuk syukur manusia kepada Allah, maka manusia harus memelihara segala sumber daya alam yang telah diberikan.

Dari uraian di atas, maka produksi wet gas ini harus dioptimalkan dalam keadaan apapun, baik dalam keadaan gas kompresor aktif maupun tidak aktif.

#### 2.1 Stasiun Pengumpul (*Gathering Station*)



Gambar 2.1 *Gathering Station* Minas

*Gathering Station* merupakan stasiun atau fasilitas pengumpul fluida dari sumur-sumur minyak di suatu lapangan minyak. Pada fasilitas ini, fluida akan

dipisahkan sesuai dengan fase nya agar dapat menghasilkan minyak yang memenuhi standar.

Peralatan yang ada di setiap *Gathering Station* akan berbeda-beda dan sesuai dengan kebutuhan agar dapat menghasilkan minyak yang memenuhi standar. Biasanya peralatan tersebut ditentukan berdasarkan karakteristik dan komponen dari fluida yang dihasilkan. Contohnya, peralatan yang dibutuhkan di Lapangan Minyak Minas akan berbeda dengan Lapangan Minyak Duri. Selain itu, untuk memenuhi regulasi pemerintah tentang air dan gas terproduksi, *Gathering Station* akan dilengkapi dengan peralatan untuk mengolah air dan gas.

### **2.1.1 Flow Process Gathering Station Lapangan Minyak Minas**

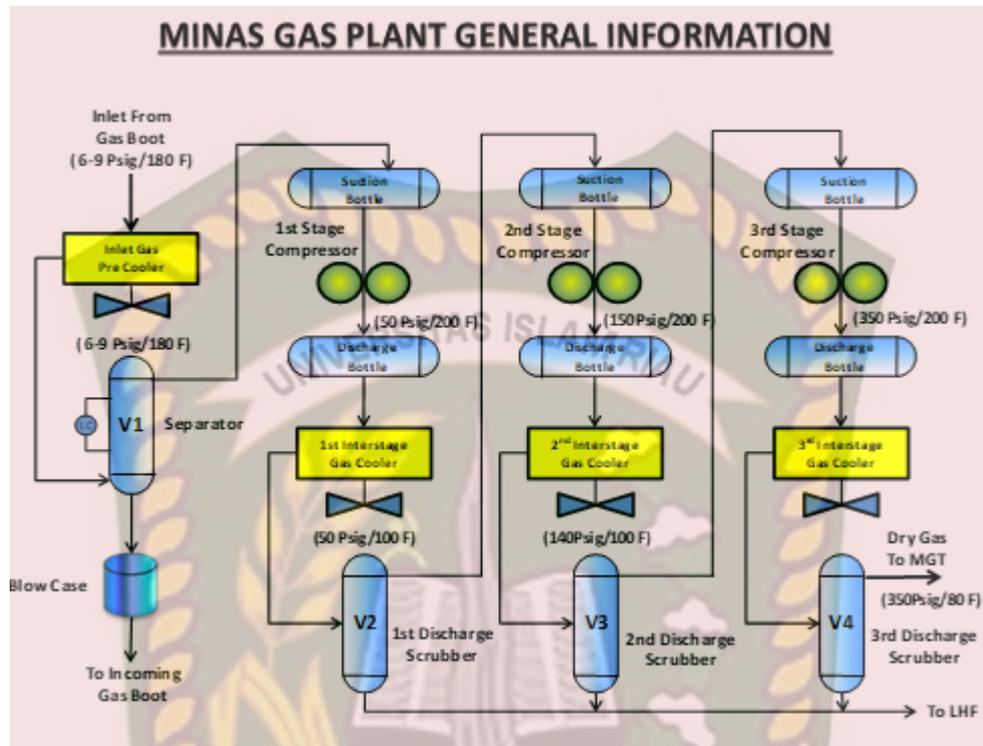
Fluida dari sumur-sumur minyak akan mengalir menuju *Gathering Station*. Fluida tersebut masuk ke Gas Boot untuk dipisahkan antara *fase cair* dan gas. *Fase cair* yang telah terpisah akan mengalir menuju *Wash Tank* dan kemudian dipisahkan antara minyak dan air. Minyak akan mengalir menuju *Shipping Tank*, dan selanjutnya mengalir menuju fasilitas selanjutnya untuk proses pengapalan. Sementara itu, air yang telah terpisah akan mengalir menuju *Clarifier Tank* dan *Surge Tank* sebelum akhirnya dipompakan ke *Water Injection Wells* menggunakan *Water Injection Pumps*. Gas yang telah terpisah dari hasil pemisahan pada *Gas Boot* akan mengalir menuju peralatan untuk mengolah gas yang biasa disebut *Gas Plant*.

Sesuai dengan karakteristik fluida nya, pemisahan pada *Gathering Station* Minas pada dasarnya bekerja dengan prinsip gravitasi. Prinsip tersebut akan membuat air, minyak dan gas terpisah sesuai dengan perbedaan *specific gravity*-nya. Faktor lain yang mempengaruhi proses pemisahan tersebut adalah *retention time*, *settling time*, suhu dan penggunaan injeksi kimia.

### **2.1.2 Gas Plant pada Gathering Station Minas**

*Associate Gas* yang ikut terproduksi dari sumur-sumur minyak di Lapangan Minyak Minas akan dipisahkan dari *fase cair* dan kemudian diolah di

*Gas Plant.* Pada *Gathering Station* Minas, *gas plant* terdiri dari kompresor gas, bejana bertekanan dan pendingin.



Gambar 2.2 Flow Process Gas Plant di Minas Gathering Station

Gas basah yang telah terpisah, akan diolah pada Gas Plant untuk memproduksi gas yang bertekanan tinggi untuk menggerakkan turbin listrik. Selain itu, dari gas plant tersebut, dihasilkan *wet gas* yang telah menjadi fase cair dari hasil proses kondensasi. Kondensat akan dialirkan menuju shipping line untuk digabungkan dengan produksi minyak.



Gambar 2.3 Kompresor Gas di *Minas Gathering Station*

Adapun peralatan yang terdapat pada Gas Plant antara lain kompresor gas, bejana bertekanan (*vessel*), sistem pendingin (*cooler*) dan peralatan instrumentasi. Gathering Station Minas menggunakan kompresor gas jenis double acting (penjelasan cara kerja ada pada poin berikutnya).

## 2.2 Gas Bumi

Gas merupakan fluida dengan kekentalan dan kerapatan yang rendah, serta mempunyai sifat menempati ruang. Gas alam atau gas bumi adalah gas yang sumbernya berasal dari perut bumi dan biasa disebut dengan *natural gases*. Gas alam yang didapatkan dari sumur yang hanya menghasilkan gas saja, maka gas tersebut biasa disebut *non-associated gas*. Sedangkan, gas yang diperoleh dari sumur minyak disebut *associated gas*.

Gas alam yang di dalamnya masih mengandung  $C_3H_8$  (propana),  $C_4H_{10}$  (butana) dan  $C_5H_{12}$  (pentana) atau yang lebih berat sering disebut dengan gas basah (*wet gas*).

## 2.2.1 Hukum yang Berlaku untuk Gas

### 2.2.1.1 Hukum Boyle (Hubungan antara Tekanan dan Volume)

Seperti yang telah kita ketahui, bahwa gas merupakan zat yang mempunyai tekanan dan volume. Kedua sifat gas ini sangat berpengaruh dalam proses kompresi. Jika temperatur dijaga (stabil) selama proses kompresi, maka pengecilan volume gas akan menjadi  $\frac{1}{2}$  kali dan tekanan akan menjadi 2 kali lebih besar dari nilai awal tekanan. Seperti yang disebutkan pada Hukum Boyle “tekanan gas akan berbanding terbalik dengan volumenya pada ruangan yang tertutup”.

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \text{tetap} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

P : Tekanan mutlak ( $\text{kgf/m}^2$ ) atau Pa

V : Volume ( $\text{m}^3$ )

### 2.2.1.2 Hukum Charles (Hubungan antara Suhu dan Volume)

Sesuai dengan sifatnya, gas akan mengembang jika dipanaskan pada tekanan yang tetap. Gas mempunyai nilai muai koefisien yang lebih besar jika dibandingkan dengan zat padat dan cair. Dari hasil pengukuran koefisien muai berbagai gas, dapat disimpulkan bahwa pada tekanan yang tetap dan suhunya dinaikkan sebesar  $1^\circ\text{C}$ , maka volume gas tersebut akan menjadi  $\frac{1}{273}$  lebih besar dari volume semula. Maka hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan menjadi persamaan berikut:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

V : Volume ( $\text{m}^3$ )

T : Temperatur ( $^\circ\text{K}$ )

### 2.2.1.3 Hukum Gay-Lussac (Hubungan antara Tekanan dan Suhu)

Perilaku gas yang diteliti oleh Gay-Lussac adalah jika gas dipanaskan pada suatu ruangan tertutup dimana gas tersebut tidak dapat berekspansi (mengembang), maka sebagai akibatnya tekanan di dalam ruangan tersebut akan naik. Dari hasil penelitian itu, Gay-Lussac menyatakan: “semua gas jika dipertahankan pada volume tetap, maka perubahan tekanannya berbanding lurus terhadap suhu mutlaknya, dan harga perbandingan tekanan terhadap suhunya konstan/tetap”. Pernyataan tersebut dapat dituliskan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

P : Tekanan (kgf/m<sup>2</sup>) atau Pa

T : Temperatur (°K)

### 2.2.1.4 Hukum Avogadro

Hukum Avogadro menyatakan bahwa gas ideal akan menempati ruang dengan volume yang berbanding lurus dengan jumlah molekul gas yang ada dalam ruang tersebut. Maka jika dalam keadaan STP (273K, 1 atm) volume molar gas adalah sebanyak 22.4 liter.

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

V : Volume (m<sup>3</sup>)

n : Jumlah mol gas atau banyaknya mol gas

### 2.2.1.5 Hukum Gas Ideal

Menurut Craft, dalam bukunya yang berjudul “*Applied Petroleum Reservoir Engineering*”, hubungan yang menyatakan sifat gas tekanan – volume – temperatur biasa disebut dengan persamaan keadaan (equation of state). Persamaan yang paling simpel dari persamaan keadaan disebut Hukum Gas Ideal.

Hukum gas Ideal menggabungkan 4 hukum yang berkaitan dengan gas yang telah dibahas sebelumnya.

$$PV = nRT \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

P : Tekanan mutlak ( $\text{kgf/m}^2$ ) atau Pa atau psia

V : Volume ( $\text{m}^3$ ) atau ( $\text{ft}^3$ )

n : jumlah mol (lb-mol)

T : Temperatur mutlak ( $^{\circ}\text{K}$ )

R : Konstanta Gas (10.73 untuk gas ideal)

Dalam industri perminyakan biasanya gas berada pada kondisi yang standar (14,7 psia dan  $60^{\circ}\text{F}$ ). Ketika volume gas pada keadaan tersebut, volume gas dapat dinyatakan dalam *Standard Cubic Feet* (SCF). Jika huruf “M” muncul sehingga menjadi MSCF, satuan tersebut dapat diartikan menjadi 1000 *standard cubic feet*. Volum 1 lb-mole dalam keadaan standar adalah 379.4 SCF. Jumlah dari gas murni dapat dinyatakan dengan angka  $\text{ft}^3$  dalam suhu dan tekanan, jumlah moles, dalam *pounds* atau dengan angka molekul. Pada kenyataannya, menghitung berat dari gas adalah hal yang sulit, maka dari itu, gas diukur berdasarkan volume yang diukur pada suhu dan tekanan tertentu.

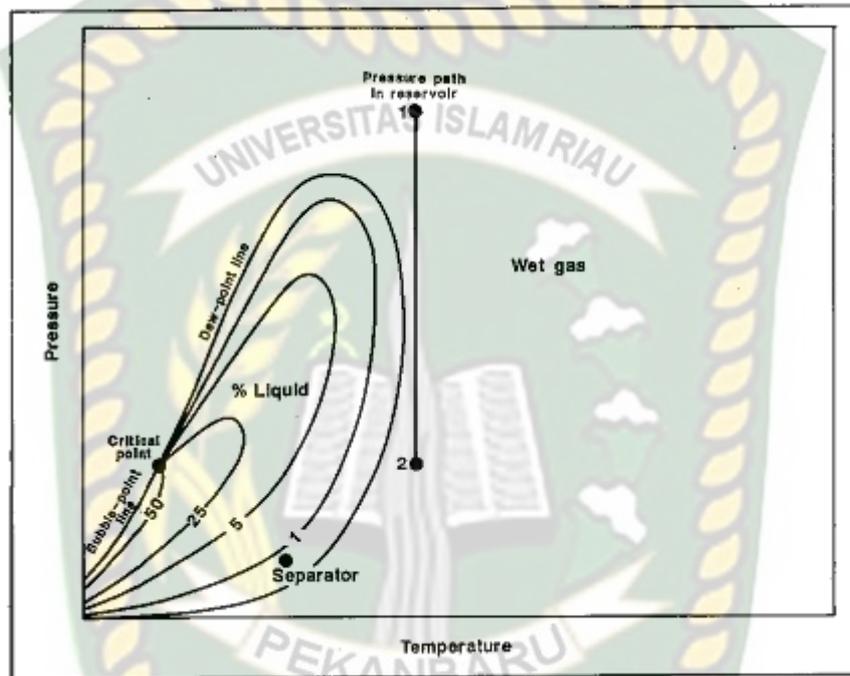
### 2.2.2 Specific Gravity Gas Bumi

Suatu zat mempunyai nilai densitas atau masa jenis yang didefinisikan sebagai pengukuran massa setiap satuan volume benda. Hubungan antara temperatur dan tekanan dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{density} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{nM_w}{V}$$

$$\text{density} = \rho_g = \frac{pV}{R'T} M_w = \frac{\rho M_w}{R'T}$$

### 2.2.3 Wet Gas



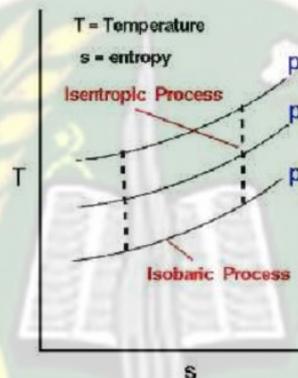
Gambar 2.4 Diagram P-T Wet Gas

Diagram fasa 2.4 menggambarkan bahwa wet gas hanya akan berwujud gas pada reservoir dikarenakan adanya penurunan tekanan reservoir. Garis pada 1-2 tidak memasuki fasa. Jadi, pada reservoir wet gas, tidak ada liquid yang terbentuk. Disamping itu, kondisi dari separator yang bertolak belakang dengan reservoir menyebabkan liquid akan terbentuk pada permukaan. Liquid yang terbentuk di permukaan tersebut biasanya disebut dengan kondensat, dan reservoir gas itu terkadang disebut dengan reservoir condensate-gas. Hal ini yang sering membuat terbalik penyebutan antara wet gas dengan retrograde gas. Namun, penggunaan kata “wet” tidak untuk menggambarkan bahwa gas tersebut mengandung banyak air, melainkan hydrocarbon liquid atau kondensat. Walaupun pada kenyataannya, reservoir gas juga mengandung air. Kondensat yang terbentuk biasanya berbentuk cairan berwarna putih. Reservoir wet gas

dengan produksi lebih dari 50.000 scf/STB dapat diproses sehingga menghasilkan kondensat.

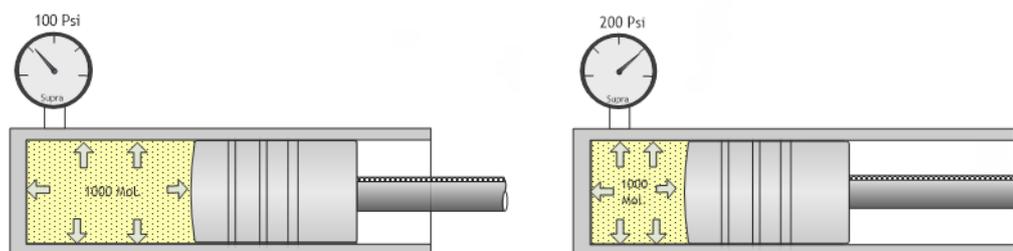
### 2.3 Kompresor gas

Kompresi adalah pemampatan gas untuk menghasilkan gas yang bertekanan lebih tinggi dari sumbernya. Jadi, kompresor merupakan alat yang digunakan untuk memampatkan udara atau gas lain agar dapat menghasilkan gas yang bertekanan. Proses memampatkan ini banyak dimanfaatkan untuk berbagai macam jenis industri.



Gambar 2.5 Grafik T-S (siklus aktual)

Analisa termodinamika pada kompresor dibutuhkan agar kondisi udara atau gas yang masuk dan keluar dari kompresor dapat ditentukan. Pengambilan asumsi perhitungan termodinamika kompresor adalah dengan didasarkan pada efisiensi politropis. Efisiensi politropis yaitu efisiensi isentropis dari sebuah tingkat kompresor yang dibuat konstan untuk setiap tingkat berikutnya. Hal tersebut dijelaskan pada Grafik T-S aktual siklus di atas (Gambar 2.5).



Gambar 2.6 Teori Kompresi

Berdasarkan Hukum Kekekalan Energi, jika kalor ditambahkan ke suatu benda atau dengan melakukan usaha pada benda, maka energi dalam benda tersebut dapat meningkat. Hukum tersebut tidak membatasi arah perpindahan kalor yang dapat terjadi.

Apabila sejumlah volume gas dimampatkan, maka volume gas tersebut akan mengecil dengan jumlah molekul fraksi gas tidak berkurang. Dengan demikian gesekan antara molekul gas semakin kuat, yang mengakibatkan temperatur gas menjadi naik, karena sifat gas yang menekan ke segala arah maka tekanan juga menjadi naik.

### 2.3.1 Cara Kompresi Gas

Berdasarkan caranya, kompresi dapat dibagi menjadi:

#### 1. Kompresi Isothermal

Bila suatu gas dikompresikan (dimampatkan atau dkecilkan volumenya), maka terdapat energi mekanik yang diberikan dari luar kepada gas. Kemudian sebagian dari energi tersebut diubah menjadi energi tekanan dan energi panas, sehingga akan terjadi kenaikan tekanan dan suhu. Apabila proses kompresi ini bersamaan dengan proses pendinginan, maka suhu gas dapat dijaga konstan. Kompresi dengan cara ini disebut kompresi isoteremis (Isothermal)/ suhu tetap. Pada suhu (T) tetap, hubungan antara tekanan dan volume dapat dinyatakan dalam persamaan Hukum Boyle yang telah dijelaskan sebelumnya.

$$P_1V_1 = P_2V_2 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Atau } P_1V_1 = P_2V_2 = \text{tetap} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

P : Tekanan mutlak ( $\text{kgf/m}^2$ ) atau Pa

V : Volume ( $\text{m}^3$ )

Pada kompresi isoteremis, jika volume diperkecil menjadi  $\frac{1}{2}$  kali volume semula, maka tekanan akan menjadi 2 kalilipat dari tekanan semula. Namun jika silinder pada kompresor didinginkan, suhu tidak dapat dipertahankan konstan (tetap). Hal

ini disebabkan oleh proses kompresi di dalam silinder yang sangat cepat (ratusan sampai ribuan kali per menit).

## 2. Kompresi Adiabatik

Jika silinder diisolasi sempurna terhadap panas, maka kompresi akan berlangsung tanpa ada panas yang keluar atau panas yang masuk kedalam gas yang dikompresi. Dengan kata lain pada proses adiabatik, panasnya tetap. Proses ini disebut Proses Adiabatik. Dalam kenyataannya, proses adiabatik ini tidak pernah terjadi secara sempurna karena isolasi terhadap silinder tidak dapat sempurna.

Hubungan antara tekanan dan volume dalam proses adiabatik dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$PV^k = \text{tetap} \text{ atau } P_1V_1^k = P_2V_2^k = \text{tetap} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

P : Tekanan mutlak ( $\text{kgf/m}^2$ ) atau Pa

V : Volume ( $\text{m}^3$ )

k :  $C_p/C_v$

$C_p$  : Panas jenis gas pada tekanan tetap

$C_v$  : Panas jenis gas pada volume tetap

Jika rumus ini dibandingkan dengan rumus kompresi isoteremis, dapat dilihat bahwa jika volume diperkecil, kompresi adiabatik akan menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dari pada proses kompresi isoteremis. Sebagai contoh, jika volume diperkecil  $\frac{1}{2}$ , maka pada kompresi adiabatik tekanan akan menjadi sekitar 2.64 kali dari volume semula. Sedangkan pada kompresi isoteremis hanya menjadi 2 kali lipat dari tekanan semula. Karena tekanan yang dihasilkan pada kompresi adiabatik lebih besar daripada kompresi isoteremis untuk pengecilan volume yang sama, maka kerja yang diperlukan pada kompresi adiabatik juga lebih besar.

## 3. Kompresi Politropik

Pada kenyatannya, proses pada kompresor merupakan proses kompresi politropik. Kompresi ini merupakan gabungan dari proses isotropik dan adiabatik. Sehingga hubungan antara tekanan dan volume dapat diuraikan dalam persamaan berikut ini.

$$PV^n = \text{tetap} \text{ atau } P_1V_1^n = P_2V_2^n = \text{tetap} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana  $n$  = indeks politropis dan harganya terletak antara 1 (pada proses isothermal) dan  $k$  (pada proses adiabatik). Jadi  $1 < n < k$  artinya,  $n > 1$  dan  $n < k$ . Biasanya pada nilai  $n$  pada kompresor sebesar 1,25 – 1,35.

Dari rumus di atas dan dengan  $n=1,25$ , misalnya untuk pengecilan volume sebesar  $V_2/V_1 = 1/2$  akan menaikkan tekanan menjadi 2,38 kali lipat. Harga ini terletak pada 2 (pada kompresi isoterms) dan 2,64 (pada kompresi adibatis).

### 2.3.2 Perubahan Suhu Terhadap Kompresi

Suhu gas dapat berubah sesuai dengan waktu dan jenis kompresi. Disamping itu, suhu dan tekanan hanya akan berubah pada proses adiabatik. Seperti yang telah dibahas pada point sebelumnya, proses ini tidak melibatkan suhu yang dikeluarkan atau dimasukkan. Sehingga pada proses tersebut, seluruh kerja mekanis akan menaikkan suhu gas. Suhu akhir gas yang keluar dari proses ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$T_d = T_s \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{(k-1)/mk} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

$T_d$  : Temperatur mutlak gas keluar kompresor ( $^{\circ}\text{K}$ )

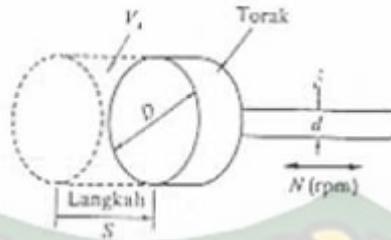
$T_s$  : Temperatur isap mutlak gas masuk kompresor ( $^{\circ}\text{K}$ )

$m$  : Jumlah tingkat kompresi;  $m = 1, 2, 3, \dots$  dst

$\frac{P_d}{P_s}$  : Perbandingan Tekanan =  $\frac{\text{Tekanan Keluar Mutlak}}{\text{Tekanan Hisap Mutlak}}$

$k$  : Perbandingan panas jenis gas ( $C_p/C_v$ ),  $k_{\text{udara}} = 1,4$

2.3.3 Efisiensi Volumetrik

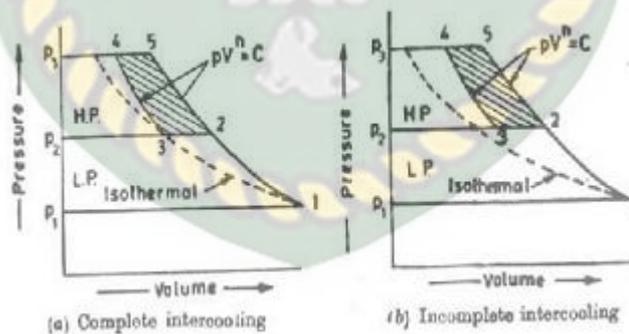


Gambar 2.7 Langkah Piston Kerja Tunggal

Pada gambar 2.7 digambarkan sebuah kompresor dengan langkah piston kerja tunggal. Diameter silinder dinyatakan dengan simbol D dalam meter (m), langkah tolak dengan simbol S dalam meter (m), dan putaran dengan simbol N dalam satuan rpm. Maka gas akan dimampatkan sebesar  $V_s = \left(\frac{\pi}{4}\right) D^2 \times S(m^3)$ .

Perpindahan piston merupakan jumlah volume gas yang dimampatkan per menit dan setiap langkah piston dikerjakan pada setiap putaran poros kompresor. Maka jika putaran poros kompresor dinyatakan dengan simbol N (rpm), maka perpindahan piston dapat diuraikan menjadi persamaan berikut.

$$Q_{th} = V_s \times N = \left(\frac{\pi}{4}\right) D^2 \times S \times N \text{ (m}^3/\text{min)}. \dots\dots\dots (8)$$



Gambar 2.8 Langkah Piston Kerja Tunggal

Seperti pada gambar 2.8 piston memulai langkah kompresinya pada titik 1 (dalam diagram P-V). Piston akan bergerak ke arah kiri dan gas akan dimampatkan hingga tekanan naik ke titik 2. Pada titik ini tekanan di dalam

silinder mencapai harga tekanan  $P_d$  yang lebih tinggi dari pada tekanan di dalam pipa (atau tangki tekan), sehingga katup pada kepala silinder akan terbuka.

Jika piston terus bergerak ke kiri maka gas akan didorong keluar silinder pada tekanan tetap sebesar  $P_d$  di titik (3) piston mencapai titik mati atas, yaitu titik mati akhir gerakan piston pada langkah kompresi dan pengeluaran, seperti gambar di atas.

Pada waktu piston mencapai titik mati atas, ada volume sisa sebesar  $V_c$  yaitu clearance diatas piston agar piston tidak membentur kepala silinder, sehingga pada akhir langkah kompresi masih ada sisa gas yang tidak terdorong keluar sebesar  $V_c$  dan tekanan sebesar  $P_d$ . Saat memulai langkah hisap (ke kanan) katup isap tidak dapat terbuka langsung sampai sisa gas terekspansi sampai tekanannya turun dari  $P_d$  turun ke  $P_s$ . Gas baru mulai masuk saat piston mencapai titik (4) ketika tekanan sudah mencapai  $P_s$  pengisian berlangsung sampai ke titik mati bawah piston (1).

Dalam suatu kompresor yang bertingkat banyak, udara mula-mula masuk ke dalam silinder tekanan rendah (LP cylinder) untuk dimampatkan. Kemudian udara tadi masuk ke dalam silinder bertekanan menengah untuk dimampatkan lagi. Akhirnya udara tersebut dikompresikan kembali pada silinder yang mempunyai tekanan lebih tinggi. Dengan mengabaikan *clearance* dan kemudian menggunakan hukum untuk kompresi (Hukum Boyle), kita dapat memperoleh suatu diagram perbandingan antara tekanan dengan volume untuk suatu kompresor dua tingkat seperti gambar 2.4.

Pendinginan akan menjadi sempurna ketika suhu gas yang keluar dari intercooler ( $T_3$ ) adalah sama dengan suhu udara atmosfer awal ( $T_1$ ). Dalam hal ini, titik 3 terletak pada kurva isothermal seperti yang ditunjukkan gambar 2.4a. Pendinginan akan menjadi tidak sempurna adalah jika suhu gas yang meninggalkan intercooler ( $T_3$ ) lebih tinggi dari suhu udara atmosfer awal ( $T_1$ ). Dalam hal ini, titik 3 terletak pada sisi kanan kurva isothermal seperti yang ditunjukkan gambar 2.4b.

Berdasarkan siklus kerja kompresor yang dijelaskan di atas, dimana gas yang diproses tidak sebesar volume langkah piston sebesar  $V$ . Maka efisiensi volumetris ( $\eta_v$ ) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_v = \frac{Q_s}{Q_{th}} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

$Q_s$  : Volume gas yang dihasilkan pada kondisi tekanan dan temperature isap ( $m^3/min$ )

$Q_{th}$  : Perpindahan piston ( $m^3/min$ )

Selain persamaan di atas, besar efisiensi volumetrik juga dapat dihitung berdasarkan volume gas yang dapat diproses secara efektif oleh kompresor dengan persamaan:

$$\eta_v \approx 1 - V_c \left\{ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{1/n} - 1 \right\} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

$V_c$  : Volume sisa (*clearance*) relative  $V_c/V_s$ ,

$n$  : koefisien ekspansi gas yang tertinggal di dalam kompresor ( $n$  udara 1.2)

Tanda  $\approx$  mempunyai arti “kira-kira sama dengan“, karena rumus 10 diperoleh dari perhitungan teoritis. Dari persamaan di atas akan diperoleh nilai  $\eta_v$  yang sedikit lebih kecil karena akan ada kebocoran melalui cincin piston dan katup-katup serta adanya tahanan pada katup–katup.

#### 2.3.4 Efisiensi Adiabatik

Tahanan aerodinamik di dalam katup, saluran dan pipa serta kerugian mekanis, efektivitas pendinginan dan faktor lainnya akan mempengaruhi efisiensi kompresor. Faktor-faktor ini digabungkan dalam efisiensi adiabatik keseluruhan.

Efisiensi adiabatik keseluruhan merupakan daya yang diperlukan untuk memampatkan gas dengan siklus adiabatik (perhitungan teoritis), dibagi dengan

kebutuhan daya kompresor pada porosnya yang sesungguhnya. Maka, efisiensi adiabatik ini dapat diuraikan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{ad} = \frac{W_{ad}}{W_s} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

$\eta_{ad}$  : Efisiensi adiabatik keseluruhan (%)

$W_{ad}$  : Daya adiabatik teoritis (kW)

$W_s$  : Daya yang masuk pada kompresor (kW)

Kemudian, besar daya adiabatik teoritis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_{ad} = \frac{mk}{k-1} \frac{P_s}{6120} Q_s \left\{ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{(k-1)/mk} - 1 \right\} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

$P_s$  : Tekanan isap tingkat pertama (kgf/m<sup>2</sup> abs)

$P_d$  : Tekanan keluar dari tingkat terakhir (kgf/m<sup>2</sup> abs)

$Q_s$  : Jumlah volume gas yang keluar dari tingkat terakhir (m<sup>3</sup>/min)

Jika dipakai tekanan dalam satuan Pa, maka dipakai rumus:

$$W_{ad} = \frac{mk}{k-1} \frac{P_s Q_s}{6120} \left( \frac{P_d}{P_s} \right) \dots\dots\dots (13)$$

Efisiensi volumetrik dan efisiensi adiabatik secara keseluruhan sebenarnya tidak tetap. Nilainya kedua efisiensi tersebut akan berubah-ubah sesuai dengan konstruksi dan tekanan yang keluar dari kompresor. Oleh karena itu, perhitungan daya tidak dapat dilakukan seperti semudah cara diatas. Efisiensi adiabatik untuk kompresor besar bernilai 80% - 85%, untuk kompresor sedang bernilai 75% - 80% dan untuk kompresor kecil sekitar 65% - 70%. Dengan daya yang diperlukan

untuk menggerakkan kompresor ( $W_{comp}$ ) diketahui, daya motor yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor akan dapat dihitung.

### 2.3.5 Volume Tangki Penerima

Kapasitas kompresor merupakan debit penuh aliran gas yang ditekan dan dialirkan pada kondisi suhu total, tekanan total, dan diatur pada saluran masuk kompresor. Namun nilai volume aliran yang tercantum pada data alat (pada *name plate*) bukan merupakan debit aliran kompresor yang sebenarnya. Nilai tersebut merupakan nilai pengiriman udara bebas/free air delivery (FAD) yaitu udara pada kondisi atmosfer di lokasi tertentu dan nilai FAD tidak sama untuk setiap lokasi. Nilai FAD dipengaruhi oleh ketinggian, barometer dan suhu.

Kapasitas kompresor dapat dinyatakan dengan volume gas yang diisap atau diproses per satuan waktu ( $m^3/jam$ ). Maka volume tangki penerima dapat dihitung dengan persamaan

$$Q_s = \frac{P_d - P_s}{P_o} \frac{V}{t} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

$Q_s$  : Volume penerimaan tangki ( $m^3/menit$ )

$P_o$  : Tekanan Atmosfir (bar)

$t$  : Lamanya pengisian kompresor (menit)

$V$  : Volume tangki

Persamaan diatas merupakan persamaan yang relevan untuk kompresor isothermal sempurna, dikarenakan suhu dan tekananya saa dengan suhu udara ambien. Jika suhu yang dikeluarkan  $t_2$  °C lebih tinggi dari suhu ambien  $t_1$  °C, FAD dapat dikoreksi dengan faktor  $(273 + t_1) / (273 + t_2)$ .

### 2.3.6 Sifat – sifat Kompresi

#### 2.3.6.1 Perbandingan Kompresi (*Compression Ratio*)

Perbandingan kompresi adalah perbandingan antara tekanan discharge (kempa) absolut dengan tekanan isap absolut. Misalnya, jika tekanan isap = 20 psia, dan tekanan discharge = 50 psia, maka perbandingan kompresi adalah  $\frac{P_d}{P_s} = \frac{50}{20} = 2,5$ . Perbandingan kompresi selalu lebih besar dari 1 (satu). Perbandingan kompresi juga disebut perbandingan tekanan atau pressure ratio.

#### 2.3.6.2 Panas Kompresi

Panas kompresi adalah panas yang timbul akibat pemampatan gas. Akibat dari panas kompresi ini adalah naiknya suhu gas yang dimampatkan (dikompresi). Kenaikan suhu gas yang dimampatkan dipengaruhi oleh:

1. Suhu isapan; semakin tinggi suhu isapan, akan semakin tinggi suhu gas yang dimampatkan
2. Perbandingan kompresi; semakin tinggi perbandingan kompresi, maka akan semakin tinggi suhu gas yang dimampatkan
3. Sifat gas; Gas Hidrokarbon ringan memberikan panas kompresi yang lebih besar pada perbandingan kompresi yang sama.

Suhu akhir gas yang dimampatkan tidak boleh melebihi batas-batas yang telah ditetapkan, karena logam akan melemah pada suhu yang cukup tinggi karena mengalami deformasi (perubahan bentuk akibat pemuaian karena panas), sehingga akan merusak peralatan dan mesin. Maka dari itu, dicari solusi untuk mengurangi dan menjaga suhu akhir gas yang dimampatkan yaitu dengan mendinginkan gas sebelum masuk kompresor, mendinginkan kompresor dan memperkecil perbandingan kompresi.

#### 2.3.6.3 Kapasitas / Laju Alir Gas

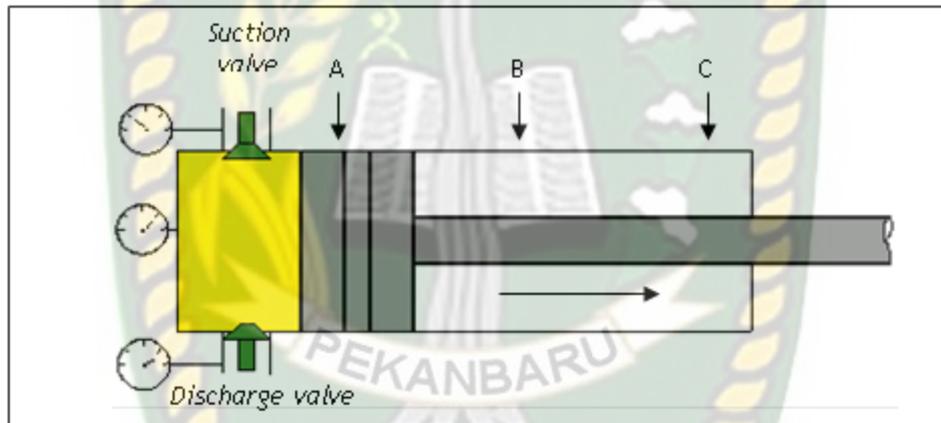
Kapasitas atau laju alir gas adalah volume gas yang dialirkan melalui kompresor persatuan waktu. Misalnya:

SCF = Standard Cubic Feet; adalah satuan yang dipakai untuk menyatakan volume gas dalam  $\text{ft}^3$  (cubic feet) yang diukur pada kondisi standar, yaitu pada suhu  $60^\circ\text{F}$  dan tekanan 14,7 psia.

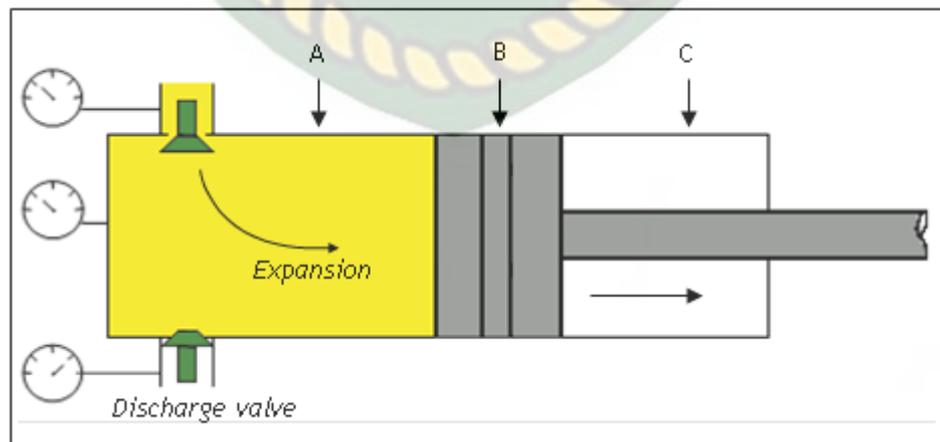
### 2.3.7 Prinsip Kerja Kompresor

#### 2.3.7.1 Kompresor Gas Kerja Tunggal (Single Acting)

Kompresor kerja tunggal merupakan kompresor yang bekerja dengan *suction* dan *discharge* pada satu sisi ujung silinder. Dua kali gerakan piston akan menghasilkan satu kali *discharge*. Piston bergerak dimulai dari titik “A”, suction & discharge valve menutup dan tekanan pada silinder sama dengan tekanan pada discharge, kemudian piston bergerak ke kanan/mundur (lihat gambar 2.9)

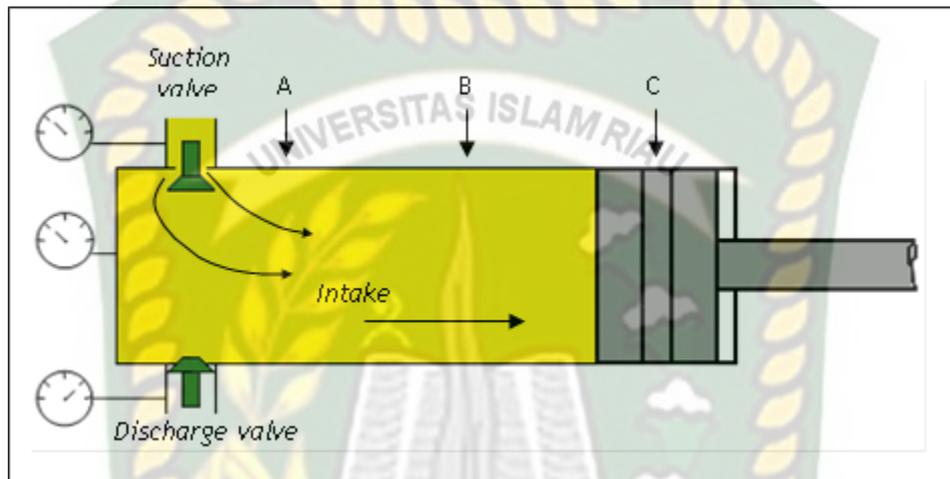


Gambar 2.9 Prinsip Kerja Kompresor Gas *Single Acting* saat piston bergerak mundur

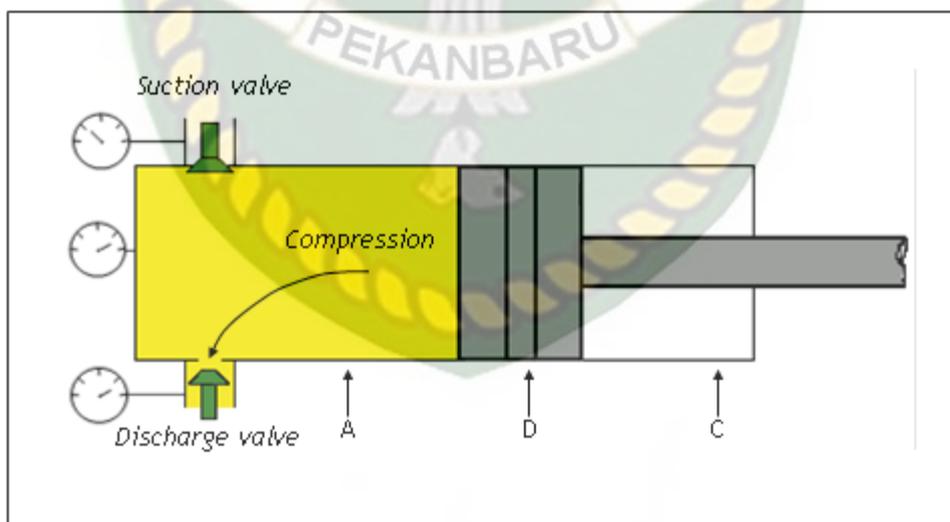


Gambar 2.10 Prinsip Kerja Kompresor Gas *Single Acting* saat Piston Bergerak Mundur Sampai Titik B

Piston bergerak mundur sampai di titik “B”, gas yang terjebak di silinder mulai ekspansi dan tekanan turun sama dengan tekanan pada suction, maka suction valve terbuka (lihat Gambar 2.10). Setelah itu piston bergerak dari titik “B” ke “C” suction valve tetap terbuka dan gas mengalir ke silinder. Ketika piston mulai bergerak ke kiri (maju), tekanan pada silinder naik dan suction valve menutup (lihat Gambar 2.11).



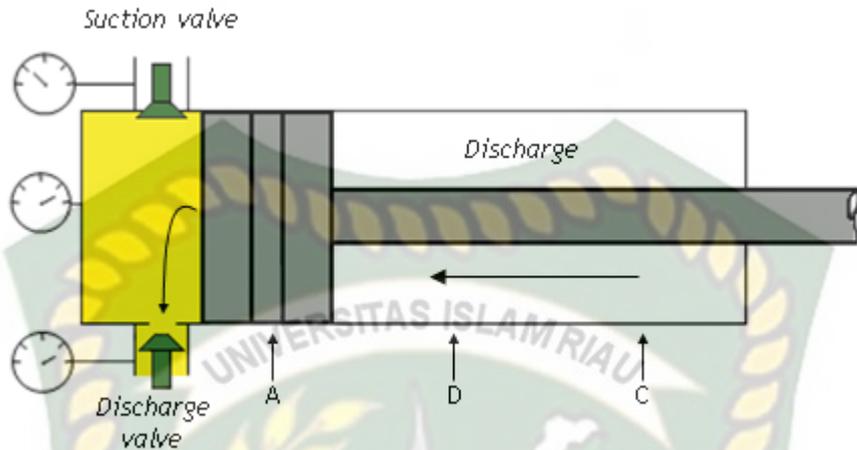
Gambar 2.11 Prinsip Kerja Kompresor Gas *Single Acting* saat Piston Bergerak dari titik B - C



Gambar 2.12 Prinsip Kerja Kompresor Gas *Single Acting* Piston Bergerak dari titik C ke titik D

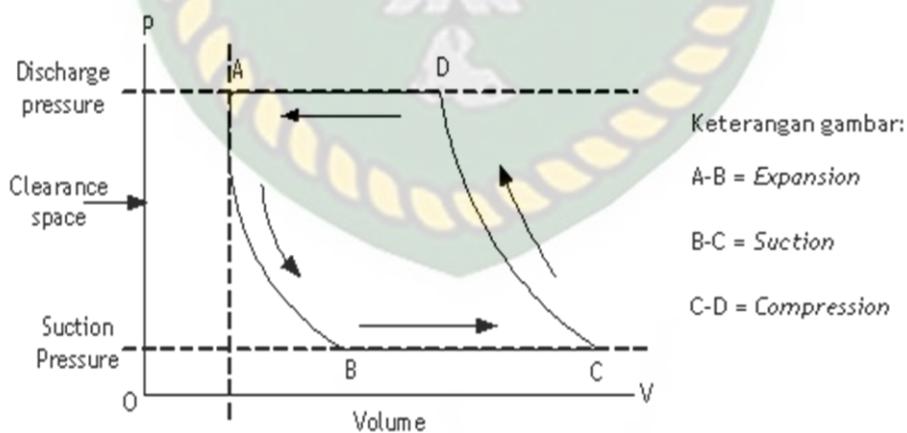
Dengan bergeraknya piston ke kiri dari titik “C” ke titik “D” maka terjadi proses kompresi yang diikuti dengan naiknya tekanan pada silinder, dan discharge valve membuka (lihat Gambar 2.12). Setelah itu, Piston bergerak dari titik “D” ke

titik “A”, gas mengalir keluar dari silinder ke discharge line. Dari titik “A” proses kompresi dimulai lagi dari awal (lihat Gambar 2.13).



Gambar 2.13 Prinsip Kerja Kompresor Gas *Single Acting* Piston Bergerak dari titik D ke titik A

Proses kerja kompresor di atas secara teoritis dapat ditunjukkan oleh perubahan tekanan dan volume yang terjadi dalam silinder yang digambarkan dalam bentuk diagram  $P - V$  (Gambar 2.14). Hasil dari perubahan tekanan dan volume pada diagram  $P - V$ , bila diukur dan dihitung merupakan daya poros compressor.

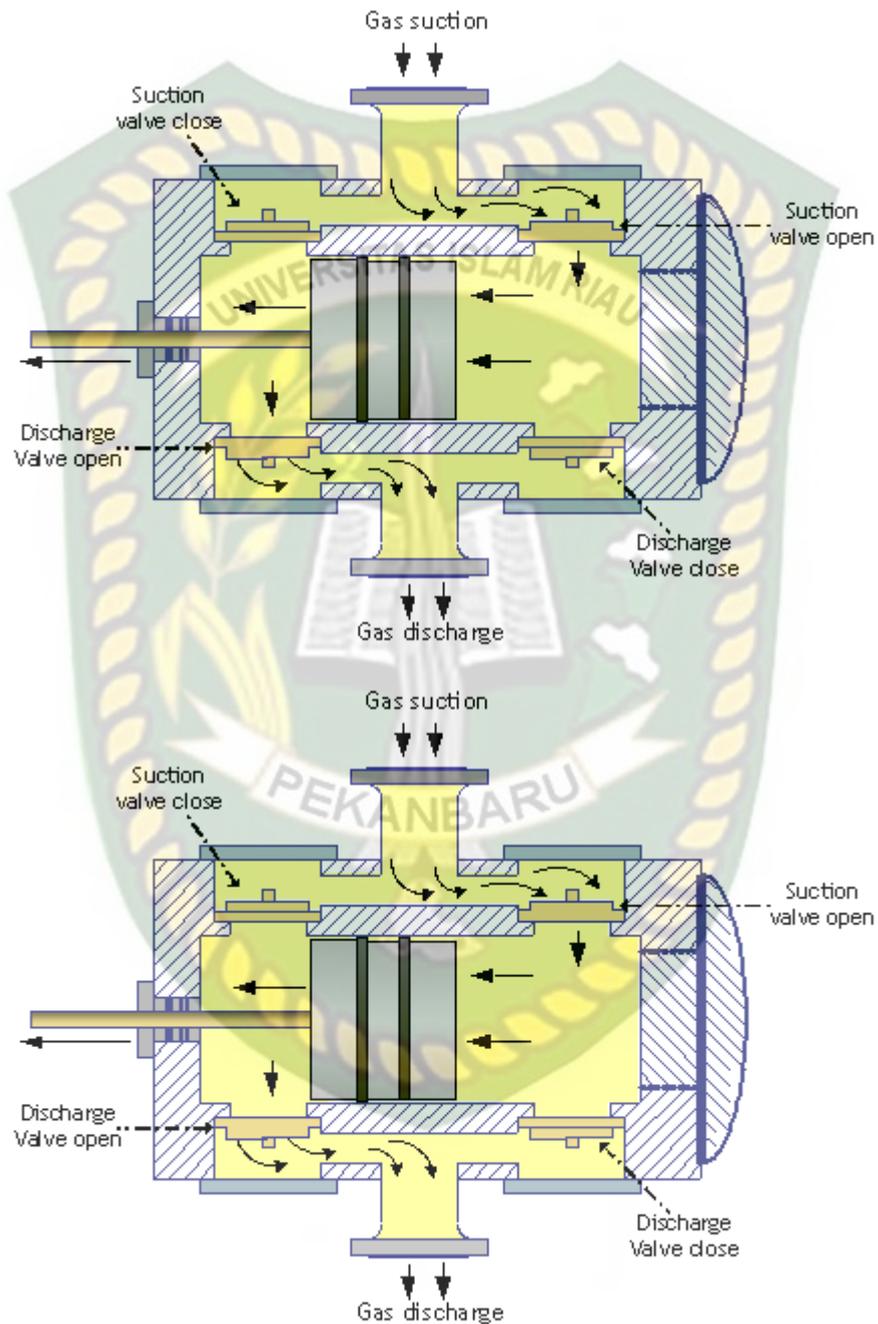


Gambar 2.14 Grafik  $P - V$  Kerja Kompresor Gas *Single Acting*

### 2.3.7.2 Kompresor Gas Kerja Ganda (Double Acting)

Pada compressor double acting, saat piston bergerak maju menghasilkan 2 kali usaha, suction dan discharge valve membuka bersamaan. Pada saat bergerak

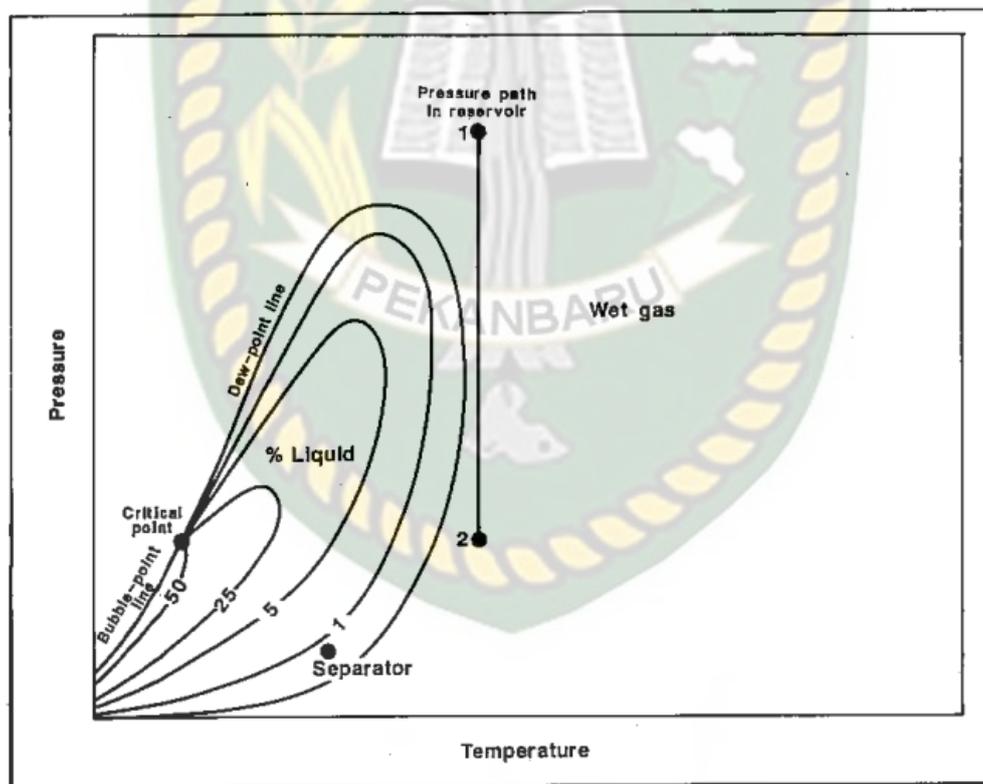
mundur juga menghasilkan 2 kali usaha dengan suction dan discharge valve membuka bersamaan. Secara visual, cara kerja kompresor kerja ganda dijelaskan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Cara Kerja Gas Kompresor *Double Acting*

## 2.4 Teori Kondensasi

Kondensasi merupakan perubahan fase gas menjadi fase cair. Proses ini terjadi dikarenakan adanya penurunan temperatur dan tekanan. Penurunan tekanan dapat diakibatkan oleh kerja yang dilakukan untuk mengatasi friksi, dan perubahan energi potensial untuk mengatasi gaya gravitasi. Sedangkan penurunan temperatur dapat diakibatkan oleh transfer panas yang terjadi antara lingkungan dan fluida itu sendiri. Heat transfer yang terjadi ditentukan oleh gradien temperatur antara fluida dan lingkungan sekitarnya. Dengan meningkatnya penurunan temperatur fluida di pipa maka kemungkinan kondensasi *fase cair* akan semakin tinggi. Sehingga semakin besar penurunan temperatur dan tekanan yang terjadi, semakin besar pula jumlah fasa cair yang terbentuk seperti yang terlihat pada diagram fasa wet gas pada Gambar 2.16 di bawah ini.



Gambar 2.16 Diagram P-T *Wet gas*

Komposisi juga memegang peranan penting dalam pembentukan kondensat. Semakin banyak jumlah fraksi berat, maka semakin besar kemungkinan terbentuknya *fase cair*. Berdasarkan buku *The Property of*

*Petroleum Fluids* William D. Mc Cain, Jr, komposisi *wet gas* adalah metana dengan jumlah intermediate dan molekul hidrokarbon lebih berat yang lebih banyak.

Selain temperatur, tekanan dan komposisi fluida, besar nilai laju aliran juga berpengaruh terhadap pembentukan *fase cair hold up*. Variasi juga dilakukan terhadap nilai rate sehingga terlihat pengaruh nilai rate terhadap fraksi *fase cair hold up* yang terbentuk. Panjang pipa yang digunakan serta diameter pipa tersebut menjadi parameter yang penting dalam pembentukan fraksi *fase cair hold up*.

## 2.5 Sistem Flare Cooling

Sistem *flare cooling* merupakan sebuah metode menghasilkan *wet gas* fasa cair dengan memanfaatkan proses kondensasi. *Wet gas* dialirkan menuju pendingin yang kemudian akan menurunkan temperatur. Setelah itu, *wet gas* dialirkan menuju bejana bertekanan yang mempunyai volume lebih besar, sehingga tekana kan turun. Dengan *wet gas* dialirkan melalui proses pendinginan dan penurunan temperatur, maka akan terjadi proses kondensasi yang telah dijelaskan pada bahasan sebelumnya.

### 2.5.1 Peralatan pada Sistem Flare Cooling

Peralatan pada sistem flare cooling antara lain adalah sebagai berikut:

1. *Pre-cooler* atau pendingin



Gambar 2.17 Pendingin atau Cooler

*Pre-cooler* atau pendingin merupakan pengubah temperature (*heat exchanger*) agar fluida yang mengalir di dalamnya menjadi lebih rendah. Sistem kerja precooler ini adalah mengalirkan fluida melalui pipa pipa kapiler yang kemudian didinginkan dengan kipas yang digerakkan dengan motor.

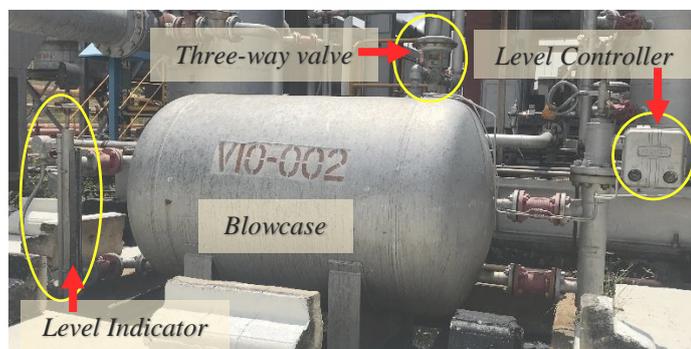
2. Bejana Bertekanan (V1)

Bejana bertekanan V1 merupakan penampung *wet gas* fasa cair yang telah terkondensasi. Bejana bertekanan atau *vessel* merupakan wadah penampung yang mempunyai tekanan kerja yang tidak bersifat atmosferik atau bekerja pada tekanan tertentu. Bejana V1 ini mempunyai tekanan kerja 5 – 7 psi, oleh karena itu liquid yang tertampung pada bejana bertekanan ini harus melalui bejana bertekanan lainnya yang biasa disebut *blowcase* agar dapat mengalir menuju peralatan berikutnya.



Gambar 2.18 Bejana Bertekanan V1

3. *Blowcase*



Gambar 2.19 *Blowcase*

*Blowcase* merupakan bejana bertekanan yang berfungsi untuk menampung cairan yang berasal dari bejana V1 dan kemudian mengalirkan cairan menuju LHF dengan menggunakan sistem *dumping*. Jika ketinggian cairan yang ada pada *blowcase* mencapai level tertentu, *three-way valve* akan bekerja yang kemudian gas bertekanan tinggi akan masuk kedalam *blowcase* lalu cairan akan terdorong dari *blowcase* menuju LHF. Sistem kerja seperti itulah yang disebut sistem *dumping*.

4. LHF (*Liquid Handling Facility*)

LHF merupakan penampungan terakhir *wet gas* fasa cair sebelum dialirkan menuju *shipping line*. Pada Gathering Station Minas, terdapat 2 jenis cara LHF yaitu sistem *dumping* dan sistem pompa. Pada LHF sistem *dumping*, gas bertekanan tinggi akan mengalir ketika level cairan pada LHF telah mencapai ketinggian tertentu. Gas bertekanan tersebut kemudian akan mendorong semua cairan pada LHF menuju *shipping line*. Sama halnya dengan LHF sistem *dumping*, sistem pompa akan memompakan cairan yang terdapat pada LHF jika cairan sudah mencapai ketinggian yang telah ditentukan.

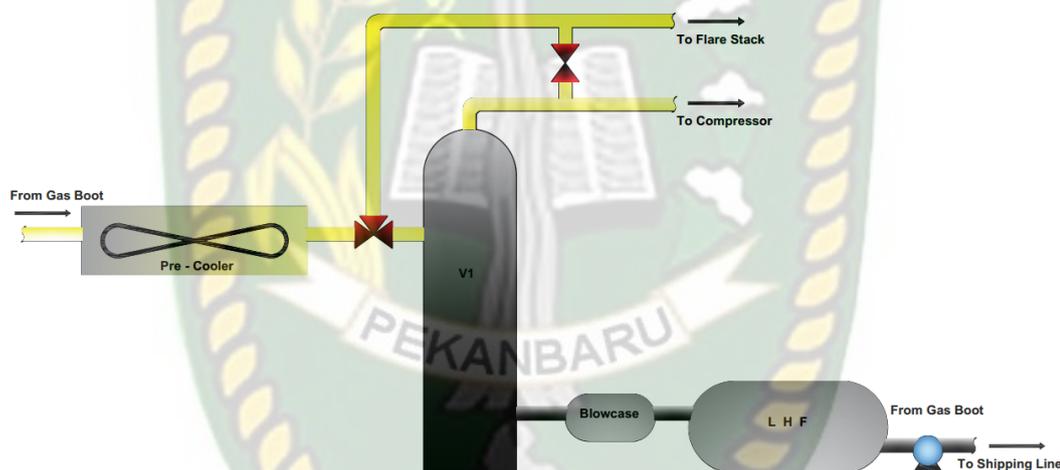


Gambar 2.20 *Liquid Handling Facility* (LHF) dengan Sistem Kerja Pompa

### 2.5.2 Prinsip Kerja *Flare Cooling*

*Wet Gas* fasa cair yang telah terbentuk dari proses kondensasi pada pendingin dan perubahan volume, akan tertampung pada bejana bertekanan V1. Dikarenakan tekanan pada V1 tidak cukup untuk menembus tekanan kerja pada LHF (*Liquid Handling Facility*), cairan akan mengalir menuju *blowcase*. Lalu *blowcase* mendorong *wet gas* fasa cair ke LHF, dan kemudian LHF akan mendorong atau memompakan *wet gas* fasa cair ke *shipping line*.

Sebelum *wet gas* fasa cair ini disatukan dengan produksi minyak, cairan ini akan melalui meter untuk menghitung jumlah yang mengalir. Pada akhirnya, *wet gas* fasa cair ini secara tidak langsung menjadi penambahan produksi minyak. Gas yang tersisa dari proses kondensasi akan dialirkan kembali menuju *flare stack* dan kemudian dibakar. Proses sistem *flare cooling* digambarkan pada diagram alir berikut.



Gambar 2.21 Diagram Alir Proses Sistem Flare Cooling

## 2.6 Laju Alir Fluida

Fluida merupakan zat yang dapat mengalir sesuai dengan sifat fisiknya. Aliran fluida dapat dibagi kedalam tiga klarifikasi, yaitu:

1. Aliran laminar; adalah aliran fluida yang bergerak secara konstan (lancar) dan searah. Dalam aliran ini viscositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan.

2. Aliran turbulen; adalah aliran fluida yang dalam pergerakannya tidak konstan atau tidak menentu karena mengalami perampuran serta putaran partikel antar lapisan.
3. Aliran transisi; adalah peralihan aliran fluida dari aliran laminar ke turbulen

### 2.6.1 Laju Alir Massa (Mass Flow Rate)

Mass flow rate atau laju aliran massa adalah massa suatu fluida yang mengalir per satuan waktu. Mass flow rate dapat disebut dengan fluks massa atau arus massa. Dalam satuan internasional (SI), satuan mass flow rate adalah kilogram per detik (kg/s) dan simbol yang digunakan adalah  $\dot{m}$  dibaca “m dot”.

Tujuan dari perhitungan laju aliran massa adalah untuk mengetahui massa suatu aliran yang mengalir tiap detiknya. Kecepatan aliran, jenis aliran, dan besar kecilnya penampang yang di aliri oleh fluida tersebut akan mempengaruhi laju aliran massa. Dari penjelasan di atas, maka laju aliran massa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \dots\dots\dots (16)$$

Dimana:

$\dot{m}$  = Laju aliran massa (kg/s)

$\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = Kecepatan aliran (m/s)

$A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

### 2.6.2 Laju Alir Volumetrik (Volumetric Flow Rate)

*Volumetric flow rate* atau debit aliran merupakan volume aliran yang mengalir per satuan waktu. Dalam satuan internasional (SI) volumetric flow rate memiliki satuan meter per detik (m<sup>3</sup>/s). Debit aliran dihitung dengan tujuan agar jumlah aliran yang mengalir pada suatu bidang serta seberapa cepat fluida tersebut mengalir tiap detiknya dapat diketahui. Debit aliran ini dipengaruhi faktor luas

penampang yang di aliri dan kecepatan aliran tersebut. Maka, laju aliran volumetrik (debit aliran) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Q = A_1 \times v_1 \dots \dots \dots (17)$$

Dimana:

Q = laju alir (m<sup>3</sup>/s atau ft<sup>3</sup>/s atau gallon per menit)

A = luas penampang (m<sup>2</sup> atau ft<sup>2</sup>)

v = kecepatan (m<sup>2</sup>/s atau ft<sup>2</sup>/s)

### 2.6.3 Hubungan antara Laju Alir Massa dengan Laju Alir Volumetrik

Laju aliran massa dan laju alir volumetrik memiliki karakteristik yang sama. Keduanya dipengaruhi oleh luas bidang yang di aliri dan kecepatan aliran tersebut. Tetapi laju aliran massa dipengaruhi oleh massa jenis aliran yang mengalir pada penampang tersebut, sedangkan debit aliran tidak dipengaruhi hal tersebut.

Dalam satuan internasional (SI) laju aliran massa atau *mass flow rate* memiliki satuan kilogram per detik (kg/s), sedangkan satuan untuk debit aliran atau volumetric mass flow rate adalah meter kubik per detik (m<sup>3</sup>/s). Satuan ini dihasilkan dari penurunan antara massa jenis (kg/m<sup>3</sup>), kecepatan aliran (m/s), dan luas penampang (m<sup>2</sup>) tersebut. Berikut penurunan tersebut menurut satuan tiap bagiannya:

Persamaan kontinuitas aliran fluida

#### 1. Laju Aliran massa

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A$$

$$\frac{kg}{s} = \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m}{s} \cdot m^2$$

$$\frac{kg}{s} = \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m}{s} \cdot m^2$$

$$\frac{kg}{s} = \frac{kg}{s}$$

#### 2. Laju Aliran Volumetrik

$$Q = A \times v$$

$$\frac{m^3}{s} = \frac{m}{s} \cdot m^2$$

$$\frac{m^3}{s} = \frac{m^3}{s}$$

Luas penampang (A) dalam rumus atau formula adalah luas penampang yang tidak berubah-ubah, atau luas penampang yang konstan, seperti pipa, dll. Maka jika  $Q = v \cdot A$ , persamaan laju aliran massa adalah

$$\dot{m} = \rho \cdot Q \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

$\dot{m}$  = Laju aliran massa (kg/s)

$\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

Q = laju alir (m<sup>3</sup>/s)

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam studi Luthfan Riandy yang berjudul Studi Pengaruh Komposisi, Kondisi Operasi dan Karakteristik Geometrik Pipa Terhadap Pembentukan Kondensat di Pipa Transmisi Gas Basah, beliau menjelaskan bahawa kondensasi, proses perubahan fasa dari gas menjadi liquid sebagian, merupakan proses yang sering terjadi pada wet gas pipeline. Hal ini dikarenakan adanya penurunan nilai tekanan dan temperatur di sepanjang pipa. Penurunan tekanan dapat diakibatkan oleh kerja yang dilakukan untuk mengatasi friksi, dan perubahan energi potensial untuk mengatasi gaya gravitasi. Sedangkan penurunan temperatur dapat diakibatkan oleh transfer panas yang terjadi antara lingkungan dan fluida itu sendiri. Heat transfer yang terjadi ditentukan oleh gradien temperatur antara fluida dan lingkungan sekitarnya. Dengan meningkatnya penurunan temperatur fluida di pipa maka kemungkinan kondensasi liquid akan semakin tinggi. Sehingga semakin besar penurunan temperature dan tekanan yang terjadi, semakin besar pula jumlah liquid hold up/kondensat yang terbentuk.

Kesimpulan dari studi Luthfan Riandy adalah sebagai berikut:

1. Komposisi, geometri pipa dan kondisi operasi mempunyai pengaruh terhadap nilai liquid hold up yang terbentuk dalam pipa transmisi gas basah.
2. Semakin besar komposisi fraksi medium dan fraksi beratnya, semakin besar liquid hold up yang terbentuk.
3. Semakin besar nilai diameter mengakibatkan penurunan liquid hold up
4. Semakin panjang pipa, semakin besar nilai liquid hold up yang terbentuk.
5. Semakin besar elevasi, semakin besar nilai liquid hold up yang terbentuk.
6. Semakin besar laju alir, nilai liquid hold up cenderung meningkat.
7. Pada laju alir konstan, nilai FI dipengaruhi oleh perubahan tekanan akibat perubahan parameter.

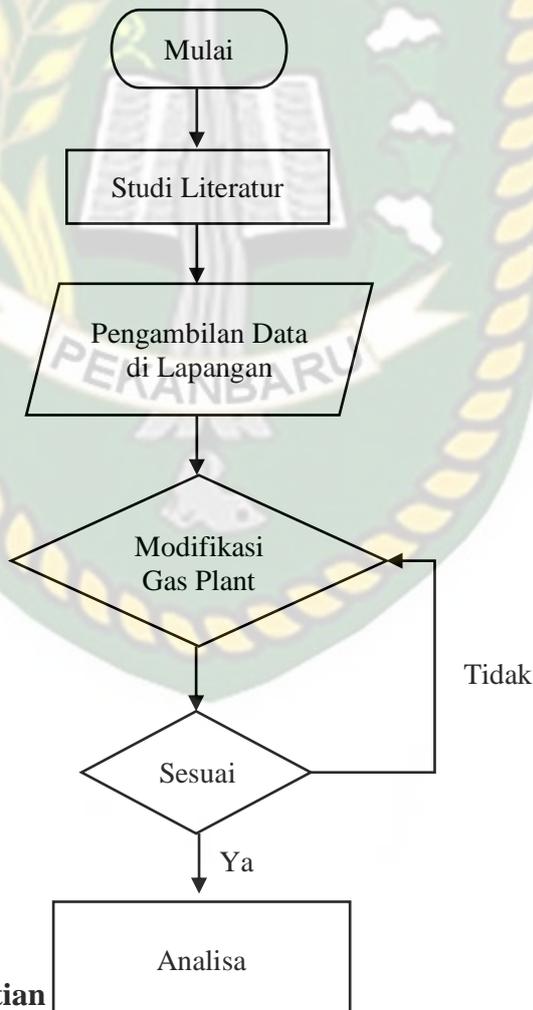


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan metode analisis design dan mencoba memodifikasi peralatan yang terdapat pada gas plant sehingga dapat mempertahankan produksi *wet gas* walaupun kompresor gas dalam keadaan tidak aktif. Setelah *design* modifikasi didapatkan dan modifikasi dilakukan, data produksi *wet gas* dapat dikumpulkan kemudian dapat dianalisa untuk mengoptimalkan produksi.

### 3.2 Alur Penelitian



### 3.3 Tempat Penelitian

Dalam penulisan proposal tugas akhir ini penulis melakukan penelitian di *Gathering Station X* Minas PT. Chevron Pacific Indonesia. Pada *Gathering*

*Station X* Minas terdapat fasilitas *gas plant* dan tidak mempunyai fasilitas *flare cooling*.

### 3.4 Lapangan Minyak Minas

Lapangan Minyak Minas terbagi ke dalam 6 area, dimana masing – masing area mempunyai *Gathering Station* sebagai tempat dikumpulkan di satu stasiun sesuai dengan area produksi. Di stasiun pengumpul atau *Gathering Station* (GS) tersebut fluida diolah agar dapat memenuhi spesifikasi minyak yang akan dikirim ke fasilitas berikutnya untuk di jual.

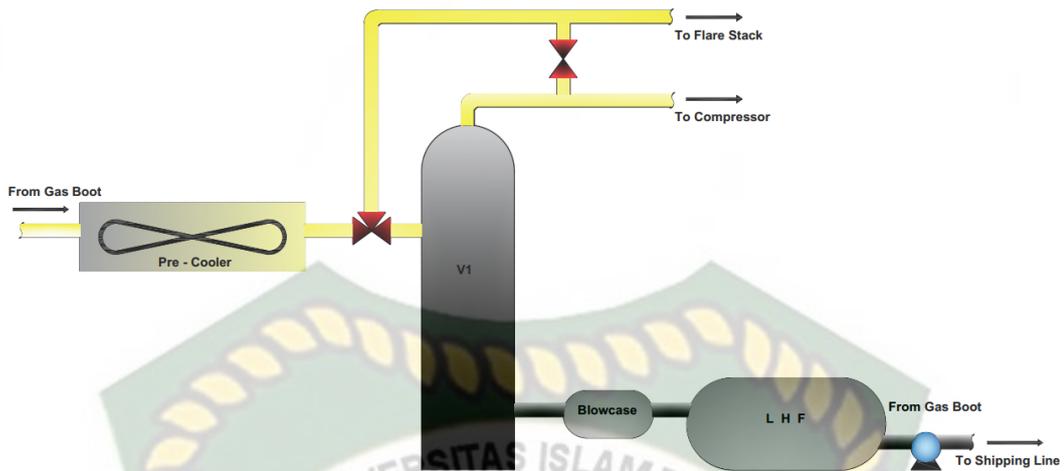
Jenis minyak di Lapangan Minyak Minas adalah minya ringan dengan nilai 34° API. Sumur – sumur minyak di Minas memakai *artificial lift* jenis pompa *Submersible Pump* (ESP) dan *Water flooding* untuk menjaga pressure di reservoir.

Prinsip dasar pengolahan fluida di *Gathering Station* Minas adalah cukupnya panas dan waktu retensi (*retention time*), serta bantuan dari pemakaian bahan kimia (demulsifier dan *reverse demulsifier*) bagi crude oil untuk melepaskan ikatannya dari gas, air, dan pasir & sediment lainnya.

Minyak pada lapangan minyak minas mengandung *associated gas*, sehingga *associated gas* tersebut dapat dimanfaatkan. Sebelum gas tersebut dapat dimanfaatkan untuk fasilitas yang lain, *wet gas* yang telah terpisah diolah pada *Gas Plant* di *Gathering Station* untuk mendapatkan gas yang kering dan bertekanan tinggi. Selain itu, dari *Gas Plant* dihasilkan *wet gas* fasa cair yang akan disatukan dengan minyak pada *shipping line*.

### 3.5 Metode Flare Cooling

Metode *Flare Cooling* merupakan metode untuk menghasilkan *wet gas* fasa cair dari gas basah yang tidak dapat dikompresi ketika kompresor gas mati / tidak aktif. Prinsip dasar kerja *flare cooling* adalah memanfaatkan pendinginan dan adanya penurunan tekanan (kondensasi).



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Sistem Flare Cooling

### 3.6 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah terdapat pada *chart* 3.1

Tabel 3.1 Perencanaan jadwal penelitian

**01 December 19 - 30 April 20**

Tahapan Kegiatan	December '19				January '20				February '20				March '20				April '20			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Pengajuan Proposal Tugas Akhir	█	█																		
2 Pengumpulan referensi	█	█	█		█	█														
3 Bimbingan									█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
4 BAB I									█	█	█	█								
5 BAB II													█	█	█	█				
6 BAB III													█	█	█	█				
7 Seminar Proposal																	█	█	█	█
8 Pengumpulan Data & Analisa																				
9 BAB IV																				
10 BAB V																				
11 Sidang Tugas Akhir																				

## BAB IV

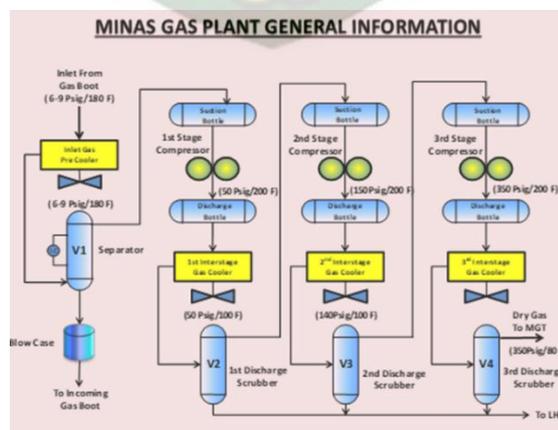
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Gas Plant merupakan fasilitas pada Gathering Station Minas yang berfungsi untuk mengolah gas *associate* yang terproduksi yang telah dipisahkan dari liquid di Gas Boot. Dari fasilitas Gas Plant ini akan dihasilkan gas yang kering dan bertekanan tinggi untuk dikirim ke Minas Gas Turbin yang dimanfaatkan sebagai penggerak turbin generator listrik. Selain itu, gas plant dapat memproduksi wet gas fasa cair yang menjadi produksi sampingan dan akan dikirim bersamaan minyak yang telah diolah.

Gas Plant pada Gathering Station Minas terdiri dari beberapa peralatan untuk mendukung proses produksi, diantaranya adalah kompresor gas, pendingin, bejana bertekanan. Permasalahan yang akan dibahas pada bab ini adalah ketika kompresor gas tidak aktif atau rusak, gas plant tidak akan dapat memproduksi gas kering maupun wet gas fasa cair.

Fluida yang dihasilkan dari sumur – sumur minyak pada lapangan minyak Area X PT. CPI adalah sekitar 1.300.000 BFPD. Dari fluida tersebut, gas basah yang dipisahkan adalah sekitar 1800 MSCFD. Ketika kompresor gas aktif, gas kering yang dapat dihasilkan adalah 1500 MSCFD, dan produksi wet gas fasa cair adalah sebesar 380 BOPD. Maka dari itu, akan sangat tidak efisien jika tidak dimanfaatkan walaupun kompresor gas tidak aktif.

#### 4.1 Proses Gas Plant pada Minas Gathering Station X



Gambar 4.1 Minas Gas Plant Flow Process

Gas yang telah dipisahkan Gas Boot akan mengalir ke fasilitas Gas Plant mempunyai tekanan 5 – 7 psi dengan suhu 180°F. Gas tersebut akan masuk ke dalam heat exchanger berupa fin fan cooler yang biasa disebut pre-cooler untuk menurunkan suhu. Setelah itu akan memenuhi ruang bejana bertekanan dan terjadi perubahan volume. Dikarenakan terjadinya penurunan suhu dan volume pada gas basah tersebut, maka terjadilah proses kondensasi. Dari proses tersebut akan terbentuk wet gas fasa cair yang kemudian ditampung pada bejana bertekanan V1. Wet gas fasa cair yang telah tertampung kemudian akan mengalir ke blowcase untuk didumpingkan menuju LHF.

Kemudian gas akan mengalir menuju kompresor stage pertama (1<sup>st</sup> stage) untuk dikompresi. Proses ini membuat tekanan gas dari 5 – 7 psi menjadi 50 psi dengan suhu 200 °F. Setelah itu gas akan mengalir menuju intercooler untuk turunkan kembali suhunya menjadi 100 °F dan setelah itu menghasilkan proses kondensasi kembali dan mengalir menuju bejana bertekanan V2.

Proses berikutnya adalah gas dari bejana bertekanan V2 akan dikompresi pada kompresor stage kedua (2<sup>nd</sup> stage) dan menghasilkan gas bertekanan 150 psi / 200 °F. Kemudian untuk menurunkan kembali suhunya gas akan mengalir menuju intercooler berikutnya dan mengalir menuju bejana bertekanan V3 serta menghasilkan proses kondensasi.

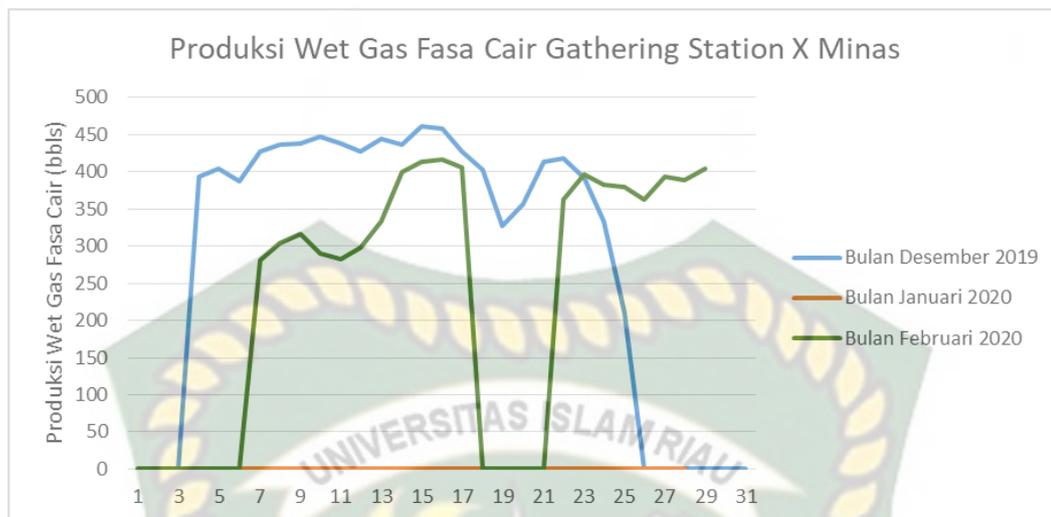
Kompresi pada stage terakhir (3<sup>rd</sup> stage) akan menghasilkan gas bertekanan 250 – 300 psi / 200 °F dan kemudian akan diturunkan kembali suhunya dengan heat exchanger yang biasa disebut after cooler. Sebelum dikirim ke fasilitas Minas Gas Turbin, gas akan melalui bejana bertekanan V4 untuk menampung gas basah fasa cair yang telah terbentuk. Hasil akhir proses gas plant ini adalah gas yang bertekanan sekitar 250 psi / 80 °F.

Gas basah fasa cair yang telah terkumpul pada bejana bertekanan V2, V3, dan V4 kemudian akan mengalir menuju fasilitas LHF (Liquid Handling Facility). Total produksi gas basah fasa cair dari proses gas plant dengan kompresor yang berfungsi dengan baik adalah sekitar 380 BOPD.

Berikut ini adalah table 1 dan grafik 1 yang menunjukkan hasil produksi gas basah fasa cair pada Gathering Station X di Minas.

Table 4.1 Produksi Wet Gas Fasa Cair Gathering Station X Minas  
Bulan Desember 2019 – Februari 2020

Produksi Wet Gas fasa Cair Gathering Station X Minas					
Bulan Desember 2019		Bulan Januari 2020		Bulan Februari 2020	
Tanggal	Produksi Wet Gas Fasa Cair (bbl)	Tanggal	Produksi Wet Gas Fasa Cair (bbl)	Tanggal	Produksi Wet Gas Fasa Cair (bbl)
1-Dec-19	0	1-Jan-20	0	1-Feb-20	0
2-Dec-19	0	2-Jan-20	0	2-Feb-20	0
3-Dec-19	0	3-Jan-20	0	3-Feb-20	0
4-Dec-19	394	4-Jan-20	0	4-Feb-20	0
5-Dec-19	405	5-Jan-20	0	5-Feb-20	0
6-Dec-19	387	6-Jan-20	0	6-Feb-20	0
7-Dec-19	427	7-Jan-20	0	7-Feb-20	281
8-Dec-19	437	8-Jan-20	0	8-Feb-20	304
9-Dec-19	439	9-Jan-20	0	9-Feb-20	317
10-Dec-19	447	10-Jan-20	0	10-Feb-20	290
11-Dec-19	438	11-Jan-20	0	11-Feb-20	282
12-Dec-19	428	12-Jan-20	0	12-Feb-20	298
13-Dec-19	445	13-Jan-20	0	13-Feb-20	333
14-Dec-19	437	14-Jan-20	0	14-Feb-20	400
15-Dec-19	461	15-Jan-20	0	15-Feb-20	413
16-Dec-19	458	16-Jan-20	0	16-Feb-20	417
17-Dec-19	427	17-Jan-20	0	17-Feb-20	406
18-Dec-19	403	18-Jan-20	0	18-Feb-20	0
19-Dec-19	327	19-Jan-20	0	19-Feb-20	0
20-Dec-19	357	20-Jan-20	0	20-Feb-20	0
21-Dec-19	414	21-Jan-20	0	21-Feb-20	0
22-Dec-19	418	22-Jan-20	0	22-Feb-20	362
23-Dec-19	392	23-Jan-20	0	23-Feb-20	396
24-Dec-19	333	24-Jan-20	0	24-Feb-20	382
25-Dec-19	210	25-Jan-20	0	25-Feb-20	379
26-Dec-19	0	26-Jan-20	0	26-Feb-20	363
27-Dec-19	0	27-Jan-20	0	27-Feb-20	394
28-Dec-19	0	28-Jan-20	0	28-Feb-20	389
29-Dec-19	0	29-Jan-20	0	29-Feb-20	404
30-Dec-19	0	30-Jan-20	0		
31-Dec-19	0	31-Jan-20	0		
Total	8,884.00	Total	-	Total	6,810.00
Rata - rata	286.58	Rata - rata	-	Rata - rata	234.83

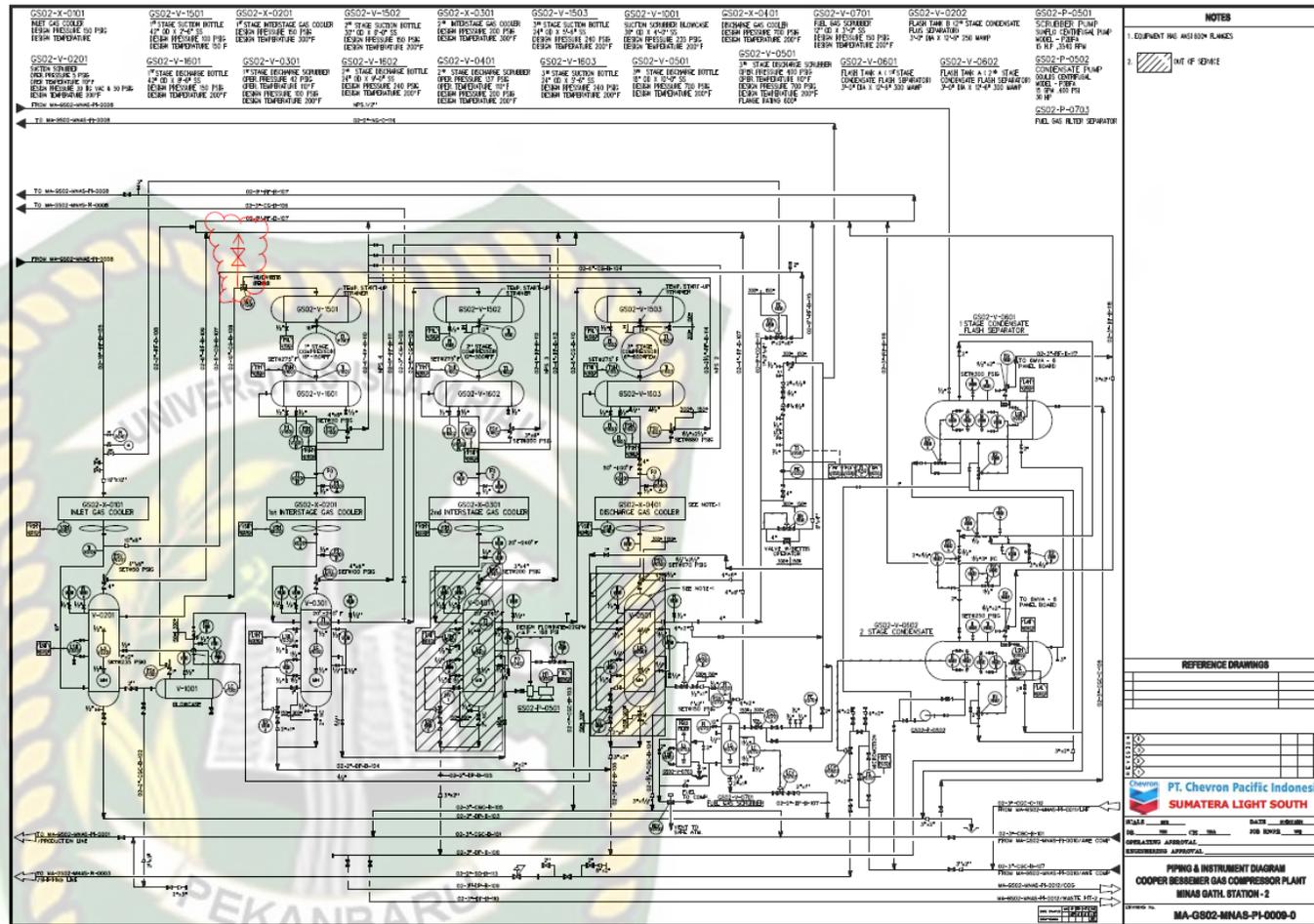


Grafik 4.1 Grafik Produksi Wet Gas Fasa Cair Gathering Station X Minas  
Bulan Desember 2019 – Februari 2020

Dari tabel 4.1 dan grafik 4.1 dapat ditarik kesimpulan, bahwa ketika kompresor gas tidak aktif, wet gas fasa cair tidak dapat diproduksi. Total produksi wet gas fasa cair bulan Desember 2019 – Februari 2020 adalah sebesar 15,694 bbl dengan rata – rata produksi 172 bbl/hari. Dikarenakan sepanjang bulan Januari 2020 Kompresor gas tidak aktif, dan beberapa hari di bulan lainnya kompresor gas mengalami kerusakan, maka GS X kehilangan produksi wet gas fasa cair 50 hari dengan produksi sekitar 17,500 bbl.

#### 4.2 Optimasi Produksi Wet Gas Fasa Cair dengan Menggunakan Metode Flare Cooling

Ketika kompresor gas tidak aktif, wet gas fasa cair tetap dapat diproduksi dari proses kondensasi gas basah. Pre-Cooler dan V1 yang diaktifkan pada saat kompresor gas tidak aktif dapat dimodifikasi sehingga dapat tetap berfungsi dan menghasilkan wet gas fasa cair. Berikut pada Gambar 4.3 Piping and Diagram dari proses Gas Plant.

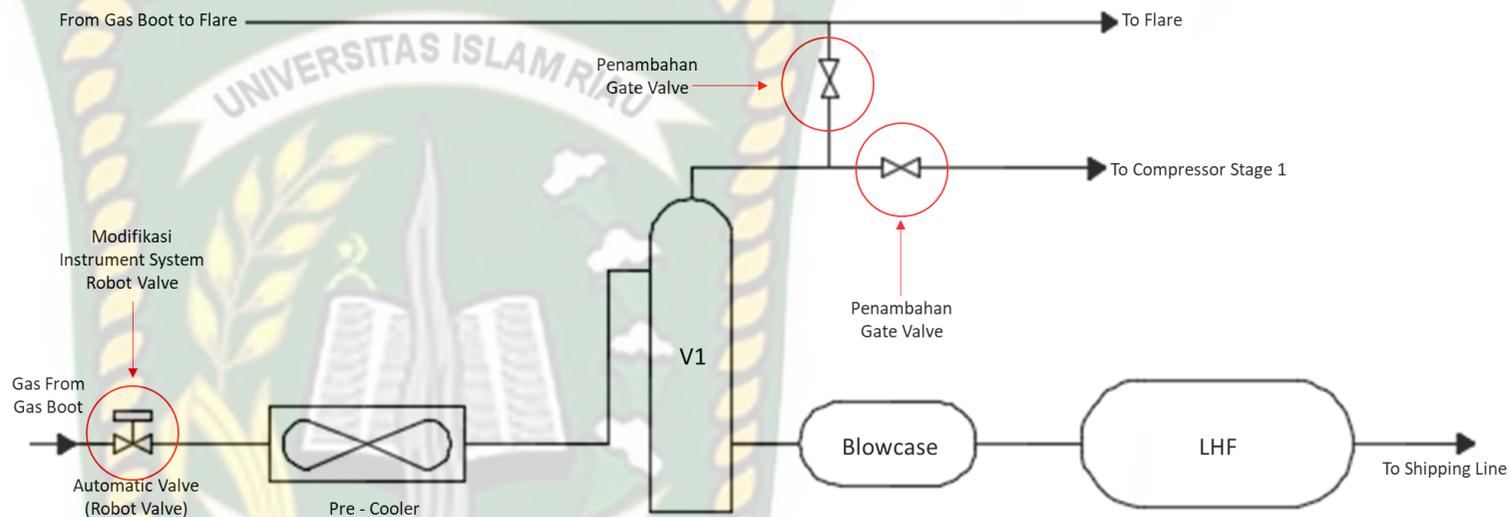


Gambar 4.3 Piping & Instrument Diagram Kompresor Gas Gathering Station X

Modifikasi Gas Plant dilakukan pada 3 titik yaitu:

1. Modifikasi penambahan line bypass valve V1 menuju line flare stack
2. Modifikasi penambahan valve pada discharge bottle kompresor Stage 1
3. Modifikasi pipa tubing instrument penggerak robot valve suction gas kompresor

Berikut ini skematik diagram modifikasi *Gas Plant Gathering Station X* Minas



Gambar 4.4 Skematik Diagram Modifikasi *Flare Cooling Gathering Station X* Minas

### 4.3 Proses Flare Cooling dan Hasil Pengamatan Produksi Wet Gas Fasa Cair dengan Menggunakan Metode Flare Cooling

Gas yang telah dipisahkan Gas Boot akan mengalir ke fasilitas Gas Plant mempunyai tekanan 5 – 7 psi dengan suhu 180°F. Gas tersebut akan masuk ke dalam heat exchanger berupa fin fan cooler yang biasa disebut pre-cooler untuk menurunkan suhu. Setelah itu akan memenuhi ruang bejana bertekanan dan terjadi perubahan volume. Dikarenakan terjadinya penurunan suhu dan volume pada gas basah tersebut, maka terjadilah proses kondensasi. Dari proses tersebut akan terbentuk wet gas fasa cair yang kemudian ditampung pada bejana bertekanan V1. Wet gas fasa cair yang telah tertampung kemudian akan mengalir ke blowcase untuk didumpingkan menuju LHF.

Dari hasil proses start up flare cooling, didapatkan data, bahwa valve V1 menuju flare tidak bisa dibuka 100%, karena akan mengganggu proses pada Gas Boot. Dimana jika valve tersebut terbuka 100 %, akan mengakibatkan tekanan rendah pada Gas Boot yang akan mempengaruhi ketinggian level Gas Boot. Jika level pada Gas Boot terlalu tinggi dan mencapai maksimum high level, akan menimbulkan permasalahan liquid carry over (cairan terbawa oleh gas) kedalam sistem gas plant.

Selain itu, jika valve V1 menuju flare terlalu kecil bukaannya, akan berakibat rendahnya level pada Gas Boot. Kondisi ini akan menimbulkan permasalahan gas blowby (gas terbawa liquid) masuk ke dalam Wash Tank dan akan mengganggu pemisahan pada Wash Tank.

Hasil percobaan pada proses start up adalah sebagai berikut

Tabel 4.2 Percobaan Bukaan Valve V1 menuju Flare

Bukaan Valve	Level Gas Boot (Normal Level 38 ft, Max Level 45 ft, Min 35 ft)	Normal / Tidak
20 %	25 ft	Tidak
30 %	30 ft	Tidak
40 %	35 ft	Normal, pada min level
50 %	38 ft	Normal

60 %	40 ft	Normal
65 %	43 ft	Normal
70%	48 ft	Tidak
Percobaan tidak dilanjutkan karena beresiko liquid carry over		

Dari percobaan pada proses start up tersebut, dapat dilihat bahwa flare cooling dapat optimum pada bukaan valve 65%.

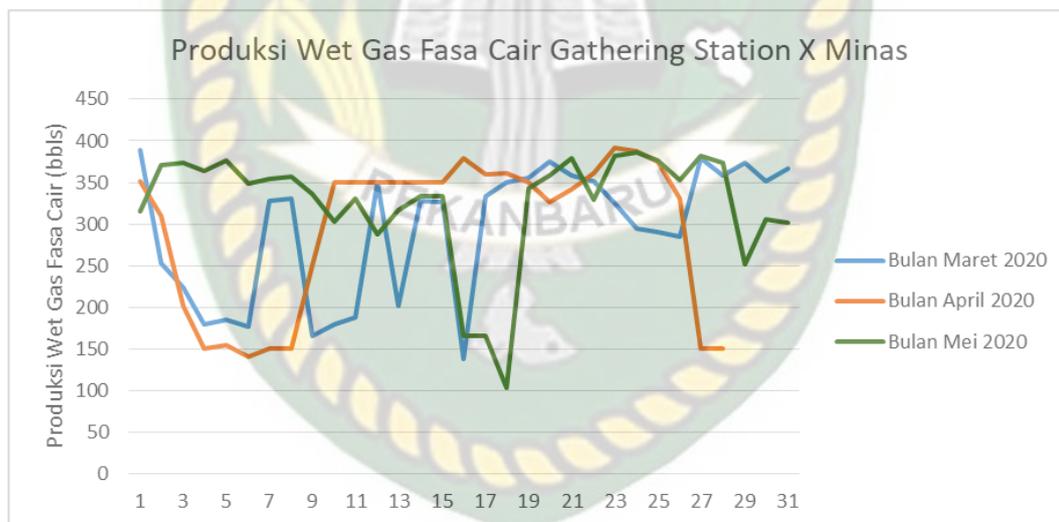
Setelah Gas Plant mempunyai sistem flare cooling, gas plant akan tetap dapat memproduksi wet gas fasa cair ketika kompresor gas tidak aktif. Berikut ini adalah hasil pengamatan produksi wet gas fasa cair setelah instalasi flare cooling.

Tabel 4.3 Produksi Wet Gas Fasa Cair Bulan Maret – Mei 2020

Produksi Wet Gas fasa Cair Gathering Station X Minas					
Bulan Maret 2020		Bulan April 2020		Bulan Mei 2020	
Tanggal	Produksi Wet Gas Fasa Cair (bbls)	Tanggal	Produksi Wet Gas Fasa Cair (bbls)	Tanggal	Produksi Wet Gas Fasa Cair (bbls)
1-Mar-20	389	1-Apr-20	351	1-May-20	315
2-Mar-20	253	2-Apr-20	310	2-May-20	371
3-Mar-20	224	3-Apr-20	201	3-May-20	374
4-Mar-20	180	4-Apr-20	150	4-May-20	364
5-Mar-20	185	5-Apr-20	155	5-May-20	377
6-Mar-20	177	6-Apr-20	140	6-May-20	348
7-Mar-20	328	7-Apr-20	150	7-May-20	354
8-Mar-20	330	8-Apr-20	150	8-May-20	357
9-Mar-20	165	9-Apr-20	250	9-May-20	336
10-Mar-20	180	10-Apr-20	350	10-May-20	303
11-Mar-20	188	11-Apr-20	350	11-May-20	331
12-Mar-20	350	12-Apr-20	350	12-May-20	287
13-Mar-20	202	13-Apr-20	350	13-May-20	317
14-Mar-20	328	14-Apr-20	350	14-May-20	334
15-Mar-20	327	15-Apr-20	350	15-May-20	333
16-Mar-20	138	16-Apr-20	379	16-May-20	166
17-Mar-20	334	17-Apr-20	360	17-May-20	166
18-Mar-20	350	18-Apr-20	361	18-May-20	103
19-Mar-20	356	19-Apr-20	350	19-May-20	343
20-Mar-20	375	20-Apr-20	327	20-May-20	358

21-Mar-20	359	21-Apr-20	342	21-May-20	379
22-Mar-20	351	22-Apr-20	361	22-May-20	329
23-Mar-20	325	23-Apr-20	392	23-May-20	382
24-Mar-20	294	24-Apr-20	388	24-May-20	386
25-Mar-20	290	25-Apr-20	375	25-May-20	377
26-Mar-20	285	26-Apr-20	331	26-May-20	353
27-Mar-20	379	27-Apr-20	150	27-May-20	382
28-Mar-20	358	28-Apr-20	150	28-May-20	374
29-Mar-20	373	29-Apr-20	150	29-May-20	252
30-Mar-20	352	30-Apr-20	208	30-May-20	305
31-Mar-20	366			31-May-20	301
Total	9,091.00	Total	8,581.00	Total	10,057.00
Rata - rata	293.26	Rata - rata	286.03	Rata - rata	324.42

Total produksi wet gas fasa cair Gathering Station X Minas selama Maret – Mei 2020 adalah sebesar 27,729 bbls dengan rata – rata produksi 301 bbl. 21 hari kompresor gas tidak aktif, tetapi gas plant masih dapat memproduksi wet gas fasa cair.



Grafik 4.2 Grafik Produksi Wet Gas Fasa Cair Gathering Station X Minas  
Bulan Maret – Mei 2020

#### 4.4 Perhitungan Efisiensi dan Optimasi Produksi Wet Gas Fasa Cair

Setelah installasi flare cooling pada Gathering Station X, maka Gathering Station X dapat meningkatkan dan mempertahankan produksi wet gas fasa cair. Berikut ini adalah perhitungan efisiensi produksi wet gas fasa cair.

$$Efisiensi = \frac{Rata - Rata \text{ Produksi gas kompresor}}{Rata - Rata \text{ Produksi gas kompresor aktif}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} Efisiensi &= \frac{172 \text{ bbl}}{380 \text{ bbl}} \times 100\% \\ &= 45.26\% \end{aligned}$$

Efisiensi setelah pemasangan flare cooling

$$Efisiensi = \frac{Rata - Rata \text{ Produksi gas kompresor}}{Rata - Rata \text{ Produksi gas kompresor aktif}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} Efisiensi &= \frac{301 \text{ bbl}}{380 \text{ bbl}} \times 100\% \\ &= 79.32\% \end{aligned}$$

$$\text{Penambahan efisiensi} = 79.32\% - 45.26\% = 34.05\%$$

Perbandingan produksi wet gas fasa cair sebelum dan setelah pemasangan flare cooling adalah:

$$\text{Total produksi sebelum flare cooling} = 15,694 \text{ bbl}$$

$$\text{Total produksi setelah instalasi flare cooling} = 27,729 \text{ bbl}$$

Maka peningkatan produksi adalah

$$\text{Penambahan produksi} = \frac{27,729 \text{ bbl} - 15,694 \text{ bbl}}{15,694 \text{ bbl}} \times 100\%$$

$$\text{Penambahan produksi} = \frac{5,325 \text{ bbl}}{15,694 \text{ bbl}} \times 100\%$$

$$\text{Penambahan produksi} = 23.77\%$$

#### **4.5 Perbandingan Produksi Wet Gas Fasa Cair saat Kompresor Gas aktif dengan Flare Cooling**

Perbandingan produksi wet gas fasa cair saat kompresor gas aktif dengan flare cooling adalah

$$\text{Produksi ketika gas kompresor aktif} = 380 \text{ bbl/hari}$$

Produksi ketika flare cooling aktif (21 hari flare cooling aktif pada periode Maret – Mei 2020) total 3,502 bbl.

$$\text{Produksi ketika flare cooling aktif} = \frac{3,503 \text{ bbl}}{21 \text{ hari}} = 166.76 \text{ bbl/hari}$$

$$\text{Perbandingan} = \frac{\text{Produksi flare cooling}}{\text{Produksi Gas Kompresor}}$$

$$\text{Perbandingan} = \frac{166.76}{380} = \frac{1}{2.28}$$

#### 4.6 Permasalahan yang Membuat Kompresor Gas Tidak Aktif

Ada beberapa permasalahan yang dapat membuat kompresor gas tidak aktif, mulai dari permasalahan pada engine, kompresor, sumber gas, fuel dan lain-lain. Selama 6 bulan peneliti mengambil data, berikut ini permasalahan yang muncul dan mengakibatkan gas kompresor tidak aktif:

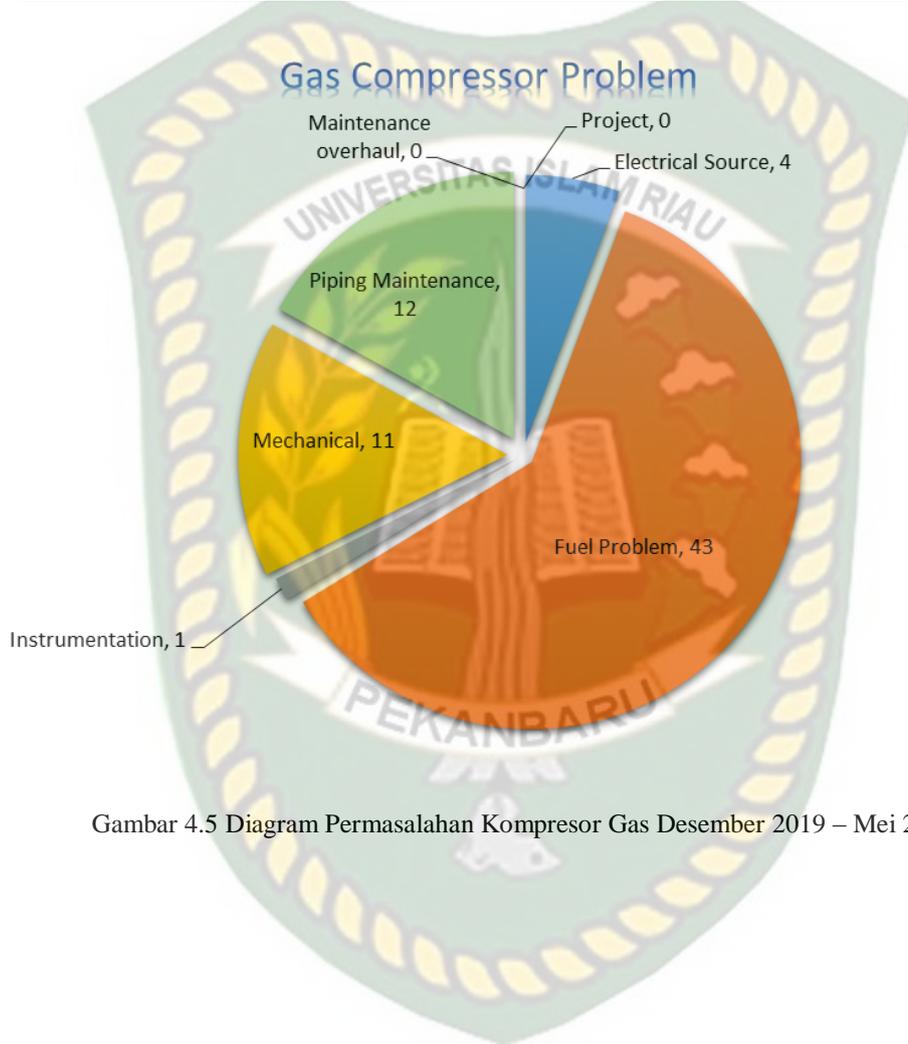
Tabel 4.4 Permasalahan pada Kompresor Gas Periode Desember 2019 – Mei 2020

Tanggal	Reason Off	Category
1-Dec-19	AWE Panel Problem	Instrumentation
2-Dec-19	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
3-Dec-19	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
26-Dec-19	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
27-Dec-19	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
28-Dec-19	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
29-Dec-19	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
30-Dec-19	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
31-Dec-19	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
1-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
2-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
3-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
4-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
5-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
6-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
7-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
8-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
9-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
10-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
11-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
12-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem

13-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
14-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
15-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
16-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
17-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
18-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
19-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
20-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
21-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
22-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
23-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
24-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
25-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
26-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
27-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
28-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
29-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
30-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
31-Jan-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
1-Feb-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
2-Feb-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
3-Feb-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
4-Feb-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
5-Feb-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
6-Feb-20	Detonation / Fuel Problem	Fuel Problem
18-Feb-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
19-Feb-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
20-Feb-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
21-Feb-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
4-Mar-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
5-Mar-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
6-Mar-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
9-Mar-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
10-Mar-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
11-Mar-20	Pigging Main Gas Line	Piping Maintenance
16-Mar-20	MGT Trip	Electrical Source
3-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
4-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
5-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
6-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
7-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
8-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
9-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

27-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
28-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
29-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
30-Apr-20	Stage 1 Discharge Temp High	Mechanical
16-May-20	MGT Trip	Electrical Source
17-May-20	MGT Trip	Electrical Source
18-May-20	MGT Trip	Electrical Source



Gambar 4.5 Diagram Permasalahan Kompresor Gas Desember 2019 – Mei 2020

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Flare cooling merupakan metode untuk menghasilkan wet gas fasa cair dengan cara memanfaatkan kondensasi. Dengan metode ini, produksi wet gas fasa cair dapat dipertahankan sebanyak 79.32% dibandingkan jika kompresor gas running 100% dengan peningkatan efisiensi sebesar 34.05%. Penambahan produksi sebanyak 23.77% dapat dihasilkan oleh flare cooling ketika kompresor gas tidak aktif.
2. Perbandingan produksi wet gas fasa cair saat flare cooling dengan saat kompresor gas aktif adalah sebesar 1:2.28

#### 5.2 Saran

1. Flare Cooling dapat dijadikan solusi untuk memproduksi wet gas fasa cair pada gas plant.
2. Untuk peneliti selanjutnya bila mau membahas dengan masalah yang sama disarankan menambahkan pembahasan laju alir fluida dari gas boot menuju sistem gas plant dan mempertimbangkan perubahan suhu terhadap produksi wet gas fasa cair

## DAFTAR PUSTAKA

- ABB Oil and Gas. (2013). *An Introduction to Oil and Gas Production, Transport, Refining and Petrochemical Industry*. Oslo: Author.
- Bradley. (1987). *Petroleum Engineering Handbook*. US: Society of Petroleum Engineers.
- Campbell, Dr John M. *Gas Conditioning and Processing Vol 1*. Oklahoma: Campbell Petroleum Series.
- Craft, B. C. and M. F. Hawkins. (1991). *Applied Petroleum Reservoir Engineering, Second Edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Dake, L. P. (2001). *The Practice of Reservoir Engineering (Revised Edition)*. Elsevier.
- Develod, Havard. (2013). *Oil and gas production handbook*. Oslo: PT. ABB Oil and Gas
- E. W., Mc Allister (2002). *Pipeline Rules of Thumb Handbook*. Boston: Gulf Professional Publishing.
- Fan, Li and Billy W. Haris (2005). *Oil Field Review – Understanding Gas – Condensate Reservoirs*. Texas: Collaboration Oil Engineering.
- Hamid, Ahmad Abu. (2007). *Diktat: Kalor dan Termodinamika*. Yogyakarta: UNY
- Iskandar, Z. (2003). *Diktat Kuliah Proses Pengolahan Lapangan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Perminyakan*. Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- Lathifa. (2016). *Analisis Penurunan Tekanan, Perubahan Suhu, dan Daya Kompresor Terpasang Berdasarkan Variasi Diameter pada Jaringan Perpipaan Gas Alam Semarang Cepu*. Yogyakarta: Jurnal Skripsi UGM
- Manning, F.S., and Richard E.T. (1995) *Oilfield Processing Volume Two: Crude oil*. PennWell Books, Oklahoma.
- Manning, S (1980). *Field Handling of Petroleum*. Tulsa.
- McCain, Jr. W. D. (1990). *The Property of Petroleum Fluids*. Tulsa: Penwell Books
- Mulyadi, A., 2007, *Manual 3, Oil Treating Plant, CHR Training Center, Duri*

- NN. (1982). *The Petroleum Industry, Production Operation*. Houston: Acton System.
- NN. (1975). *Pipeline Design for Hydrocarbon Gases and Fase cair*. New York: American Society of Civil Engineers
- O&TC. (2012). *Production Operation Modul 3A*. PT Chevron Pacific Indonesia
- O&TC. (2012). *Production Operation Modul 4A*. PT Chevron Pacific Indonesia
- O&TC. (2012). *Production Operation Modul 5*. PT Chevron Pacific Indonesia
- O&TC. (2012). *Production Operation Modul 6B*. PT Chevron Pacific Indonesia
- O&TC. (2013). *Operation Philosophy X Gathering Station Rev 1*. Sumatra Light North Operations; PT. Chevron Pacific Indonesia
- Riandy, Luthfan. *Studi Pengaruh Komposisi, Kondisi Operasi, dan Karakteristik Geometri Pipa Terhadap Pembentukan Kondensat Di Pipa Transmisi Gas Basah*. Bandung: Jurnal Skripsi ITB.
- Riandiarto, Prayogo Kukuh. (2016). *Analisis Kinerja Sistem Pengendalian Tekanan dan Level pada Gas Scrubber Pv-3700 Di Joint Operating Body Pertamina – Petrochina Jawa Timur*. Surabaya: Jurnal Skripsi ITSN.
- Satam, 2013. *Penentuan Persamaan Empiris Korelasi Water Cut Hasil Produk Kondensat dengan Temperatur dan Bukaannya Valve pada Proses Fin Fan Cooler di Fasilitas Test Station*. Universitas Riau, Pekanbaru
- Skinner. (1981). *Introduction to Petroleum Production Vol 1-2*. Houston Texas, USA: Gulf Publishing Company.