



## Analisis Penanggulangan Kadar Gas H<sub>2</sub>S Pada Aliran Minyak Di *Stripper* Melalui Penerapan Injeksi *Sweetening Gas* dan *Oil Rate*

Lilo Al Fiqriansyah<sup>1\*)</sup>, Hadziqul Abror<sup>2)</sup>, Agus Triono<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Perminyakan, Universitas Jember

<sup>2)</sup> Teknik Perminyakan, Universitas Jember

<sup>3)</sup> Teknik Perminyakan, Universitas Jember

\*corresponding email : lilo0214477@gmail.com

### ABSTRACT

*This research evaluates the performance of an existing stripper in handling H<sub>2</sub>S content in the oil stream in Sukowati Field, Bojonegoro Regency. With H<sub>2</sub>S content ranging from 2-3%, there's a risk of danger and damage to the piping system. The study aims to assess the stripper's performance, propose an optimization scenario for managing H<sub>2</sub>S content, and compare the existing stripper's performance with the optimization scenario. The research involved evaluating the stripper from October to December 2023, formulating an optimization scenario, and implementing it in January 2024. Results indicate that the % absorption ratio in the sweetening process averaged 98.99% in the existing stripper and 99.75% in the optimization scenario. The oil rate to sweetening gas ratio averaged 89.31% in the existing stripper and 88.01% in the optimization scenario. The sweetening gas injection to oil rate ratio averaged 10.7% in the existing stripper and 12.0% in the optimization scenario. The optimization scenario reduced H<sub>2</sub>S content from 24000 ppm to 60 ppm, meeting standards. Overall, optimizing the oil rate to sweetening gas injection ratio improved H<sub>2</sub>S content reduction efficiency in the stripper, with H<sub>2</sub>S content at the outlet less than 100 ppm.*

**Keywords:** H<sub>2</sub>S reduction strategies, Sweetening gas, Oil processing, Absorption process, Optimization scenario.

### I. PENDAHULUAN

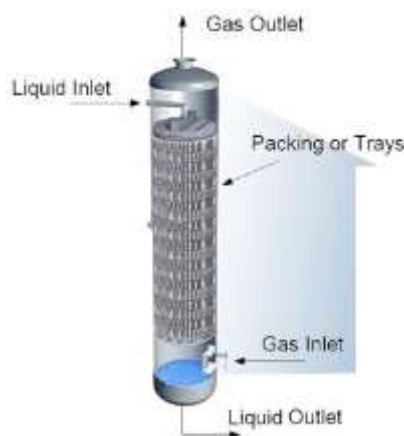
Lapangan minyak dan gas bumi di Sukowati, Bojonegoro, merupakan lapangan aktif dengan produksi minyak yang berada di wilayah cekungan Jawa Timur Blok Tuban. Lapisan produktif lapangan ini berada pada kedalaman 6300 ft TVD dengan tekanan reservoir sebesar 2800 psi, dan telah menghasilkan produksi minyak kumulatif sebesar 114 MMSTB per tanggal 30 April 2018. Karakteristik fluida reservoirnya meliputi nilai *API<sup>o</sup>* sebesar 39, viskositas 0.43 cP, dan permeabilitas batuan reservoir rata-rata 156 mD [1]. Lapangan Sukowati juga memiliki kandungan H<sub>2</sub>S yang cukup tinggi, sekitar 2-3% atau setara dengan 20000-30000 ppm, yang memerlukan proses pengolahan dengan menggunakan *Central Processing Area* (CPA) untuk mengurangi kadar H<sub>2</sub>S dalam aliran minyak, termasuk penggunaan alat *Stripper* dan bantuan injeksi *sweetening gas* dari *Sulfur Recovery Unit* (SRU).

Pengendalian gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) sangat penting dilakukan karena gas ini memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan dan ekonomi. Dalam industri minyak dan gas, H<sub>2</sub>S dikenal sebagai penyebab utama korosi pada pipa dan infrastruktur, yang dapat memicu kegagalan operasi dan memerlukan biaya pemeliharaan tinggi, mencapai miliaran dolar setiap tahunnya. Selain itu, pelepasan H<sub>2</sub>S ke atmosfer dapat bereaksi dengan oksigen membentuk *sulfur oksida*, yang berkontribusi pada pembentukan hujan asam, merusak ekosistem, tanah, serta sumber air. Ketidakmampuan mengendalikan H<sub>2</sub>S juga meningkatkan risiko kesehatan dan keselamatan, termasuk keracunan akut dan ledakan. Oleh karena itu, pemantauan secara kontinu dan penerapan strategi mitigasi yang berkelanjutan menjadi solusi krusial untuk mengurangi risiko dan memastikan operasi yang aman dan ramah lingkungan [2].

Pada perusahaan PT Y telah mengimplementasikan *Sulfur Recovery Unit* (SRU) untuk mengontrol polusi udara dengan mengurangi emisi gas sulfur terutama gas H<sub>2</sub>S, dengan mengubahnya menjadi produk sulfur cair. SRU *Refinery* secara aktif dapat memproses sekitar 73% dari gas H<sub>2</sub>S yang dihasilkan selama produksi. Pada perusahaan PT Y menjelaskan terkait adanya pemrosesan dalam pengolahan emisi sulfur di SRU *Refinery* yang terdiri dari lima unit yang terhubung unit fasilitas umum [3]. Selain itu, berdasarkan penelitian jurnal "*Recent Advances in H<sub>2</sub>S Removal from Gas Streams*" membahas inovasi terkini dalam mitigasi H<sub>2</sub>S, termasuk teknologi adsorpsi berbasis logam oksida dan membran yang dirancang untuk menghilangkan H<sub>2</sub>S dari berbagai sumber emisi. Penelitian ini menyoroti bagaimana metode tersebut tidak hanya efektif dalam mengurangi toksisitas H<sub>2</sub>S, tetapi juga memiliki dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan. Selain itu, pendekatan baru yang diuraikan dalam penelitian ini mampu meningkatkan efisiensi sistem penghilangan H<sub>2</sub>S secara lebih ekonomis dan ramah lingkungan, sehingga memberikan manfaat signifikan bagi industri yang bergantung pada proses penghilangan gas H<sub>2</sub>S [4].

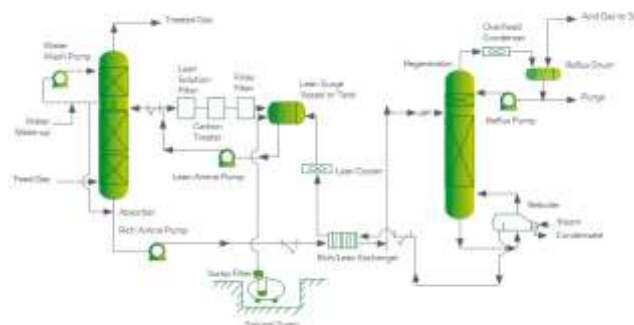
Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tentang analisis penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak yang ada di *Stripper* pada CPA. Proses yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan analisis alat *stripper* untuk mengetahui pengoptimalan kinerja melalui penerapan skenario pengoptimalan *rate oil* dan injeksi *sweetening gas* yang menuju *stripper*. Analisis tersebut diharapkan dapat menanggulangi aliran minyak dari kadar H<sub>2</sub>S yang sangat tinggi pada alat *stripper* dengan menentukan rasio penyerapan (%), *outlet stripper* pada kadar H<sub>2</sub>S di minyak (ppm), jumlah dan kadar Injeksi *Sweetening Gas* (mscfd) yang diperoleh. Selain itu, dengan adanya analisis ini dapat menurunkan konsentrasi awal yang terjadi di CPA kurang dari 100 ppm sebagai standar *outlet stripper*.

Alat *stripper* digunakan pada proses *sweetening gas* untuk memisahkan satu komponen atau lebih dari campurannya menggunakan prinsip perbedaan kelarutan [5]. Pada proses *sweetening gas*, alat *stripper* digunakan untuk memisahkan senyawa H<sub>2</sub>S dari campuran minyak. Alat ini bekerja dengan mengontakkan cairan yang berisi senyawa H<sub>2</sub>S dengan pelarut gas (*stripping agent*) yang tidak larut ke dalam cairan. Proses *stripping* dilakukan dalam kolom *stripper*, dimana *stripper* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengambil suatu zat atau senyawa dari senyawa lainnya dengan fase yang berbeda. Dalam proses *sweetening gas*, alat *stripper* bekerja dengan mengontakkan cairan yang berisi senyawa H<sub>2</sub>S dengan pelarut gas (*stripping agent*) yang tidak larut ke dalam cairan [6].



Gambar 1. Desain Alat *Stripper* [7]

*Sweetening gas* adalah istilah dari pengolahan gas untuk menghilangkan kandungan kondensat seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S [8]. *Sweetening gas* melibatkan beberapa langkah, metode, dan teknologi yang digunakan untuk menghilangkan *impuritas asam* dan *hidrogen sulfida* dari gas alami. Proses *absorpsi* contohnya dengan menggunakan zat larut seperti amina untuk menghapus H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> dari gas. *Amina sweetening* meliputi *absorber* (kontak) dan *regenerator* (pemisah), di mana *sour gas* yang dilarutkan pada proses *absorpsi* oleh zat pelarut, dan kemudian zat pelarut kemudian di regenerasi untuk menghapuskan gas asam atau konsentrasi H<sub>2</sub>S [9].



Gambar 2. Proses *Absorpsi Sour Gas Menggunakan Pelarut Amino* [10]

Proses untuk mengubah gas asam atau *sour gas* yang terkandung dalam gas alam menjadi gas bersih, yang dikenal sebagai *sweetening gas*, dapat dilakukan melalui beberapa metode. Salah satunya adalah melalui proses *absorpsi*, yang terbagi menjadi tiga jenis utama: *absorpsi kimia*, *absorpsi fisik*, dan *absorpsi fisik-kimia*.



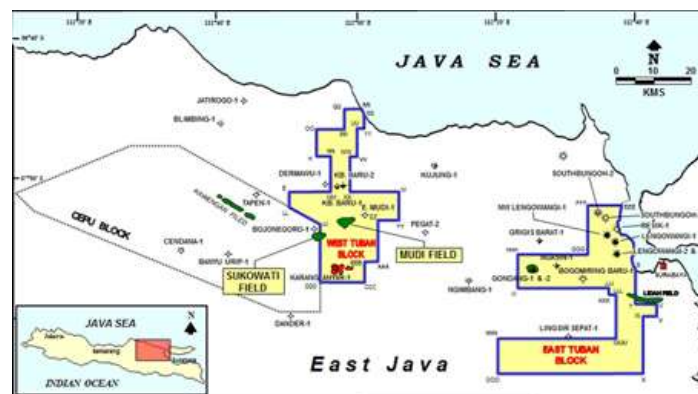
*Absorpsi* gas adalah proses di mana campuran gas berinteraksi dengan cairan untuk menghilangkan komponen gas tertentu dengan melarutkannya dalam cairan tersebut. Proses ini melibatkan difusi partikel gas ke dalam cairan. Faktor-faktor yang mempengaruhi *absorpsi* meliputi kelarutan gas dalam pelarut dalam kondisi kesetimbangan, tekanan operasi, dan suhu. Pelarut yang digunakan untuk proses *sweetening gas* dalam *absorpsi* kimia biasanya adalah alkanolamin. Beberapa alkanolamin yang umum digunakan termasuk *Mononethanolamine* (MEA), *Diglycolamine* (DGA), *Diethanolamine* (DEA), *Diisopropanolamine* (DIPA), dan *Methyldiethanolamine* (MDEA) [11].

*Absorpsi* fisik terjadi karena kontak fisik antara gas yang akan diolah dan pelarut. Pelarut yang digunakan biasanya bersifat murni, sehingga tidak memerlukan penambahan air secara fisik. Pelarut fisik memiliki keuntungan dalam hal penyerapan, karena tidak memiliki batasan tertentu seperti halnya pelarut kimia. Penyerapan fisik sangat tergantung pada tekanan gas umpan atau tekanan parsial gas asam dalam gas umpan. Beberapa pelarut yang digunakan untuk penyerapan fisik antara lain atributif *fosfat*, *polikarbonat*, *metiltias asetat*, dan *n-formil morfolin* [12].

Proses *absorpsi* kimia dan fisika bertujuan untuk menggabungkan keunggulan dari kedua metode tersebut, yaitu potensi penyerapan yang tinggi dari *alkanolamin* (*absorpsi* kimia) dan kebutuhan energi regenerasi yang rendah dari pelarut fisika (*absorpsi* fisika). Penelitian terkait pengolahan gas asam menjadi *sweetening gas* melalui *absorpsi* campuran terhadap kelarutan *etana*, *karbon dioksida*, dan *hidrogen sulfida* telah dilakukan menggunakan berbagai pelarut seperti *propilena karbonat*, *N-metil-2-pirolidon*, dan *tetrametilen sulfon* (*sulfolana*), baik secara fisik maupun kimia, pada rentang suhu -10 hingga 100°C [11].

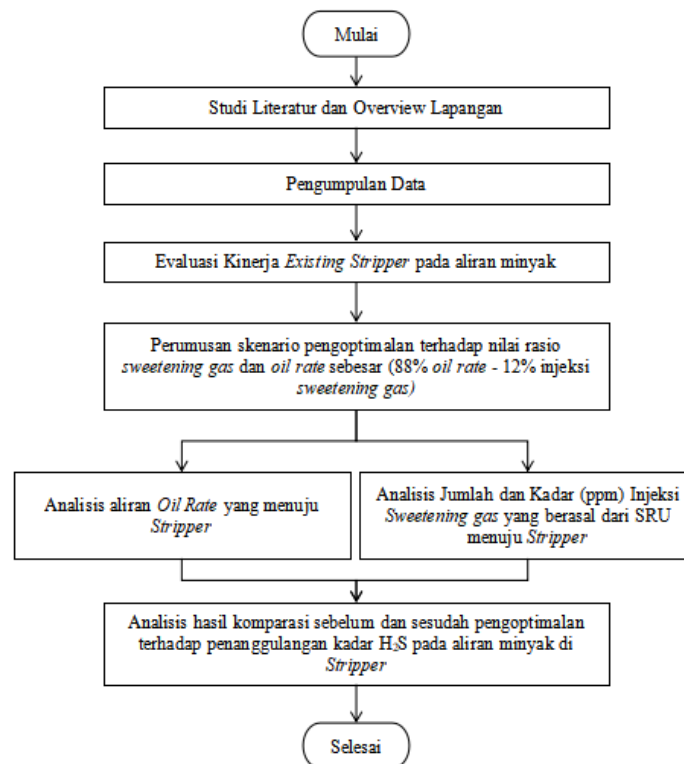
## II. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian ini dilakukan di Perusahaan PT. Pertamina EP Asset 4 Sukowati Field berada di Desa Campurejo, Kecamatan Bojonegoro, Kabupaten Bojonegoro dan *Central Processing Area* (CPA) yang berada di Kecamatan Soko, Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Berikut adalah peta dari lokasi penelitian:



Gambar 3. Lapangan Sukowati [13]

Alat instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah *Stripper* dan *Personal Computer* (PC), dengan menggunakan *microsoft excel* dan *microsoft word* dalam proses pembuatan jurnal penelitian. Metode penelitian ini dilakukan dalam bentuk penelitian Kuantitatif. Metode ini dilakukan dengan pemahaman tentang teknologi system alat pemisahan Kadar H<sub>2</sub>S pada *surface facilities* yaitu dengan mengumpulkan informasi data primer, wawancara, observasi, dan studi kasus sesuai dengan judul peneliti. Rancangan yang disusun pada penelitian ini yaitu :

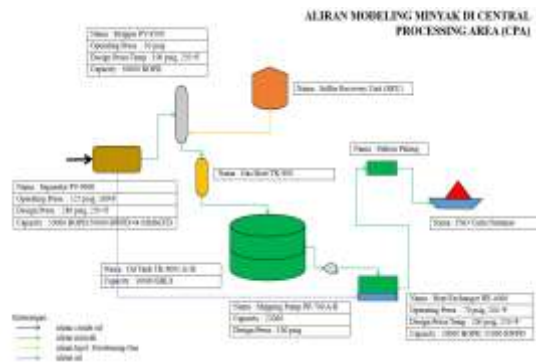


Penelitian dimulai dengan studi literatur, wawancara, dan pengumpulan data primer untuk mendapatkan informasi dan teori dasar yang relevan serta mendapatkan data lapangan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data primer, termasuk data deskripsi pengolahan aliran minyak di CPA, data deskripsi *stripper*, data *oil rate* di Lapangan Sukowati, data injeksi *sweetening gas*, dan data konsentrasi H<sub>2</sub>S (ppm) *inlet-outlet* melalui *Stripper*. Analisis dilakukan terhadap kinerja *existing stripper* di CPA pada bulan Oktober-Desember 2023, dengan tujuan mendapatkan hasil kinerja *stripper* melalui data primer dari laboratorium dan *central control room* di CPA. Selanjutnya, mendapatkan hasil analisa penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak terbaik dari periode bulan Oktober hingga Desember 2023 dengan mengetahui skenario pengoptimalan rasio perbandingan (88% *rate oil* dan 12% injeksi *sweetening gas*) pada *inlet stripper* untuk menghasilkan *outlet stripper* kurang dari 100 ppm H<sub>2</sub>S dan dilakukan uji coba pengimplementasian di CPA pada bulan Januari 2024. Terakhir, dilakukan analisis hasil komparasi sebelum dan sesudah implementasi skenario tersebut terhadap penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak di *stripper*.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Deskripsi Pengolahan Aliran Minyak di *Central Processing Area* (CPA)

Proses yang terdapat pada CPA diawali mulai dari minyak yang telah diproduksi dari Lapangan Sukowati pad A, dan B. Fluida tersebut akan dialirkan melalui *flowline* menuju ke *Separator* yang kemudian akan dibagi menjadi 3 fasa, yaitu minyak, gas, dan air. Minyak kemudian diteruskan menuju ke *stripper* yang bertujuan untuk mengurangi kadar H<sub>2</sub>S, yang mana kadar H<sub>2</sub>S awal pada minyak di angka 2–3%. Pengurangan gas H<sub>2</sub>S yang terkandung dalam minyak dilakukan dengan cara menginjeksikan *sweetening gas* yang merupakan hasil dari SRU. *Output* minyak dari *stripper* yaitu kadar H<sub>2</sub>S dalam minyak kurang dari 100 ppm sebagai standarisasi. Minyak yang kandungan H<sub>2</sub>S nya telah diturunkan kemudian diteruskan menuju *gas boot* untuk diturunkan tekanannya, dan selanjutnya dialirkan menuju *Oil Tank*. Minyak kemudian dialirkan menuju *oil booster pump* dan dipompakan menuju *heat exchanger* guna untuk dinaikan temperaturnya agar tidak terjadi *waxing* saat proses *shipping*. Kemudian minyak yang telah dipanaskan, dialirkan menuju *shipping pump* dan dipompakan menuju ke FSO Cinta Natomas.



**Gambar 4. Aliran Pengolahan minyak di *Central Processing Area* (CPA)**

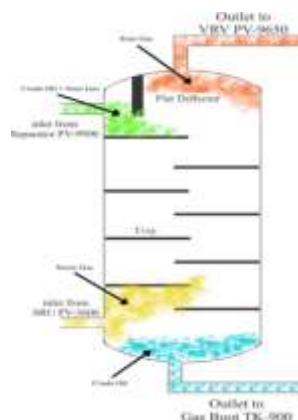
### 3.2 Deskripsi Alat *Stripper*

*Stripper* merupakan salah satu fasilitas yang terdapat di *Central Processing Area* (CPA). Fungsi *stripper* sejalan dengan fungsi CPA, yaitu dalam proses *sweetening* (pemurnian). Proses *sweetening* bertujuan untuk memurnikan suatu fasa, dalam hal ini gas yang akan dimurnikan. Hal ini disebabkan oleh gas alam yang mengandung beberapa pengotor atau *impurities*, seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S [14].

Proses kerja *stripper* dimulai dengan menerima minyak yang telah dipisahkan melalui *separator*. Minyak tersebut kemudian dialirkan menuju *stripper* karena masih mengandung gas H<sub>2</sub>S. Berdasarkan data pada bulan Oktober 2023 hingga Januari 2024, minyak yang keluar dari *separator* masih mengandung gas H<sub>2</sub>S sebesar 2,4% atau 24.000 ppm. Oleh karena itu, minyak perlu melalui proses *sweetening* sebelum dilakukan proses *shipping*. Standar kadar gas H<sub>2</sub>S dalam *stripper* adalah di bawah 100 ppm.

Setelah *stripper* menerima minyak, minyak tersebut dialirkan menuju bagian *inlet stripper* untuk dilakukan proses *sweetening*. Minyak mengalir melewati area samping atas *stripper* agar dapat mengalir ke bawah dan melakukan proses *sweetening* secara maksimal. Ketika minyak masuk, minyak tersebut akan langsung ditabrakkan menggunakan *flat deflector* yang berada tepat di depan *inlet separator*. Tujuannya adalah untuk memisahkan fraksi H<sub>2</sub>S dari minyak secara alami. Setelah itu, minyak akan mengalir menuju tray yang berada tepat di bawah *flat deflector*. Harapannya, fraksi H<sub>2</sub>S yang masih terdapat dalam minyak setelah melewati *flat deflector* dapat terpecah lebih lanjut oleh tray tersebut. Tray tersebut terbuat dari bahan padat besi dan terdapat di bagian kanan dan kiri *stripper* sebanyak 25 pasang.

Proses selanjutnya adalah injeksi *sweetening gas* untuk menghilangkan sisa gas H<sub>2</sub>S yang masih ada pada minyak. *Sweetening gas* merupakan output dari *Sulfur Recovery Unit* (SRU), yaitu *sour gas* yang kadar H<sub>2</sub>S-nya telah diturunkan hingga mencapai 1 ppm. *Sweetening gas* kemudian diinjeksi melalui area bawah *stripper*, dengan tujuan agar dapat bertemu langsung dengan minyak yang bergerak ke bawah. Harapan dari injeksi *sweetening gas* adalah untuk mengikat fraksi konsentrasi H<sub>2</sub>S yang masih terkandung dalam minyak, yang kemudian akan dibawa ke atas. Setelah proses injeksi *sweetening gas*, minyak dialirkan menuju gas *boot* untuk pemisahan gas dari cairan, sehingga gas tidak tercampur dengan minyak yang ada di tangki.



**Gambar 5. Komponen Dalam dan Luar *Stripper***



### 3.3 Evaluasi Kinerja *Existing Stripper*

Evaluasi kinerja *existing stripper* merupakan kegiatan analisis data yang bertujuan untuk mengetahui variabel-variabel yang dapat memengaruhi penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak di *stripper*. Analisa yang ditampilkan pada **Tabel 1** dilakukan selama bulan Oktober hingga Desember 2023. Kegiatan ini dilaksanakan dengan pengambilan data secara langsung melalui hasil laboratorium dan *Central Control Room* (CCR) yang terdapat di CPA.

Data pada **Tabel 1** diperoleh melalui pengambilan yang dilakukan setiap minggu, tepatnya pada hari Jumat. Proses evaluasi dilakukan dengan menganalisis data *inlet* dan *outlet* minyak dari *stripper*, yang mencakup nilai *rate oil*, jumlah, serta kadar (ppm) injeksi *sweetening gas* dari *Sulfur Recovery Unit* (SRU) yang mengalir ke *stripper*.

**Tabel 1. Hasil Analisis *Existing Stripper* di CPA Per-bulan Oktober - Desember tahun 2023**

| Bulan/Tahun      | Tangga<br>I | Oil<br>Rate<br>(BOPD<br>) | Inlet<br>Stripper<br>Oil<br>(ppm) | Outlet<br>Stripper<br>Oil (ppm) | (Inlet -<br>Outlet<br>Stripper)<br>(ppm) | Kadar<br>Sweet<br>Gas<br>(ppm) | Jumlah<br>Sweet<br>Gas<br>(mscfd) |
|------------------|-------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|
| Oktober<br>2023  | 6           | 4027                      | 24000                             | 140                             | 23860                                    | 20                             | 460                               |
|                  | 13          | 4021                      | 24000                             | 100                             | 23900                                    | 23                             | 483                               |
|                  | 20          | 4662                      | 24000                             | 60                              | 23940                                    | 8                              | 545                               |
|                  | 27          | 4628                      | 24000                             | 100                             | 23900                                    | 5                              | 436                               |
| November<br>2023 | 3           | 5034                      | 24000                             | 500                             | 23500                                    | 24                             | 477                               |
|                  | 10          | 4920                      | 24000                             | 175                             | 23825                                    | 18                             | 483                               |
|                  | 17          | 5187                      | 24000                             | 180                             | 23820                                    | 25                             | 495                               |
|                  | 24          | 4952                      | 24000                             | 200                             | 23800                                    | 125                            | 506                               |
| Desember<br>2023 | 1           | 4486                      | 24000                             | 200                             | 23800                                    | 103                            | 493                               |
|                  | 8           | 4552                      | 24000                             | 210                             | 23790                                    | 43                             | 472                               |
|                  | 15          | 4561                      | 24000                             | 1000                            | 23000                                    | 278                            | 504                               |
|                  | 22          | 4388                      | 24000                             | 125                             | 23875                                    | 8                              | 504                               |
|                  | 29          | 4341                      | 24000                             | 160                             | 23840                                    | 12                             | 499                               |
| <b>Rata-rata</b> |             | <b>4597</b>               | <b>24000</b>                      | <b>242</b>                      | <b>23758</b>                             | <b>53</b>                      | <b>489</b>                        |

Berdasarkan **Tabel 2**, setelah analisis data, dilakukan evaluasi terhadap variabel rasio penyerapan (%) dan perbandingan rasio antara *rate oil* dengan injeksi *sweetening gas*. Evaluasi data *existing stripper* ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana penanggulangan H<sub>2</sub>S yang terjadi di CPA sebelum skenario pengoptimalan diterapkan.

**Tabel 2. Hasil Evaluasi *Existing Stripper* di CPA Per-bulan Oktober - Desember tahun 2023**

| Bulan/Tahun      | Rasio Penyerapan (%) | Rasio Perbandingan <i>Oil Rate</i> - Injeksi <i>Sweetening Gas</i> (%) |                       |
|------------------|----------------------|--|-----------------------|
|                  |                      | <i>Oil Rate</i>  | <i>Sweetening Gas</i> |
| Oktober/2023     | 99.42                | 88.58  | 11.4                  |
|                  | 99.58                | 87.99  | 12.0                  |
|                  | 99.75                | 88.31  | 11.7                  |
|                  | 99.58                | 90.58  | 9.4                   |
|                  | 97.92                | 90.52  | 9.5                   |
| November/2023    | 99.27                | 90.18  | 9.8                   |
|                  | 99.25                | 90.47  | 9.5                   |
|                  | 99.17                | 89.78  | 10.2                  |
|                  | 99.17                | 89.00  | 11.0                  |
| Desember/2023    | 99.13                | 89.64  | 10.4                  |
|                  | 95.83                | 88.96  | 11.0                  |
|                  | 99.48                | 88.52  | 11.5                  |
|                  | 99.33                | 88.50  | 11.5                  |
| <b>Rata-rata</b> | <b>98.99</b>         | <b>89.31</b>   | <b>10.7</b>           |



Adapun langkah-langkah untuk perhitungan evaluasi terhadap variabel rasio penyerapan (%) dan perbandingan rasio antara *rate oil* dengan *injeksi sweetening gas* dengan perumusan yang digunakan sebagai berikut:

1. Menyiapkan data penunjang sebagaimana **Tabel 1**
2. Menghitung nilai rasio penyerapan (%).

**Rasio Penyerapan H<sub>2</sub>S (%)**

$$= \frac{(\text{Inlet} - \text{Outlet Stripper}) (\text{ppm})}{\text{Inlet Stripper Oil} (\text{ppm})} \times 100$$

3. Menghitung rasio perbandingan *oil rate* dengan jumlah injeksi *sweetening gas* pada *inlet stripper*.

**Rasio Perbandingan (Oil Rate)**

$$= \frac{(\text{Oil Rate (BOPD)} - \text{Jumlah Injeksi Sweet Gas (mscf/d)})}{\text{Oil Rate (BOPD)}} \times 100$$

**Rasio Perbandingan (Jumlah Sweetening Gas)**

$$= 100 - \text{Rasio Perbandingan (oil rate)}$$

Berdasarkan **Tabel 2**, data hasil evaluasi *existing stripper* yang dilakukan di CPA pada bulan Oktober hingga Desember 2023 menunjukkan beberapa variabel data yang perlu dievaluasi setiap minggu pada hari Jumat, yaitu pada tanggal 6, 13, 20, dan 27 Oktober; 3, 10, 17, dan 24 November; serta 1, 8, 15, 22, dan 29 Desember 2023. Data rasio penyerapan (%) pada proses *sweetening* memiliki nilai yang bervariasi, yaitu 99,42%, 99,58%, 99,75%, 99,58%, 97,92%, 99,27%, 99,25%, 99,17%, 99,17%, 99,13%, 95,83%, 99,48%, dan 99,33%, dengan rata-rata sebesar 98,99%. Data rasio perbandingan antara *oil rate* dengan *sweetening gas* memiliki nilai yang bervariasi, yaitu 88,58%, 87,99%, 88,31%, 90,58%, 90,52%, 90,18%, 90,47%, 89,78%, 89,00%, 89,64%, 88,96%, 88,52%, dan 88,50%, dengan rata-rata sebesar 89,31%. Data rasio injeksi *sweetening gas* dengan *oil rate* memiliki nilai yang bervariasi, yaitu 11,4%, 12,0%, 11,7%, 9,4%, 9,5%, 9,8%, 9,5%, 10,2%, 11,0%, 10,4%, 11,0%, 11,5%, dan 11,5%, dengan rata-rata sebesar 10,7%.

Pada data **Tabel 1**, terlihat adanya penurunan yang signifikan pada kadar H<sub>2</sub>S dalam aliran minyak sebelum dan sesudah melalui *stripper*. Persentase rasio penyerapan (%) pada Tabel 4.2 dari data rata-rata *stripper* pada bulan Oktober hingga Desember 2023 menunjukkan angka sebesar 98,99%. Ini merupakan penurunan yang sangat besar, di mana awalnya kadar H<sub>2</sub>S dalam minyak sebesar 24.000 ppm, kemudian diturunkan melalui *stripper* menjadi 242 ppm. Namun, nilai 242 ppm bukan merupakan target penurunan dari *stripper*. Standar kadar H<sub>2</sub>S dalam minyak setelah melalui *stripper* adalah di bawah 100 ppm. Berdasarkan data tersebut, artinya *stripper* belum memenuhi standar yang diterapkan di CPA.

Faktor utama yang menyebabkan *stripper* tidak mencapai target kadar H<sub>2</sub>S yang telah ditetapkan adalah terkait dengan pengoptimalan jumlah dan kadar (ppm) injeksi *sweetening gas* dan aliran *oil rate* yang masuk ke dalam *stripper*. Dalam menurunkan kadar H<sub>2</sub>S pada minyak, diperlukan kadar injeksi *sweetening gas* dan aliran *oil rate* yang sesuai. Apabila jumlah dan kadar *sweetening gas* yang diinjeksi serta aliran *oil rate* yang masuk tidak sesuai dengan yang ditentukan, maka kadar H<sub>2</sub>S dalam minyak setelah melalui *stripper* tidak akan mencapai target yang ditetapkan.

Selain itu, perlu dilakukan analisis evaluasi yang mendalam terkait pengaruh masing-masing parameter, yaitu injeksi *sweetening gas* dan aliran *oil rate* terhadap *outlet stripper* dalam proses pemurnian kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak menggunakan alat *stripper*. Kadar *sweet gas* mencerminkan kandungan H<sub>2</sub>S pada gas yang telah dimurnikan oleh SRU. Gas asam (*sour gas*) yang dimurnikan menjadi gas bersih (*sweet gas*) memerlukan proses *absorpsi* yang efektif dan bebas dari kendala seperti perubahan suhu lingkungan, kesalahan operasional, dan perawatan alat. Kendala-kendala ini dapat menyebabkan peningkatan kadar *sweet gas*, yang pada akhirnya akan mengakibatkan nilai *outlet stripper* yang buruk.

Semakin kecil nilai kadar *sweet gas* yang diinjeksikan ke dalam *stripper*, semakin baik nilai *outlet stripper* yang dihasilkan. Dengan demikian, proses pemurnian H<sub>2</sub>S dalam aliran minyak yang terikat akan lebih efektif dibandingkan dengan injeksi *sweet gas* yang berjumlah besar. Selain itu, kadar *sweet gas* perlu disesuaikan dengan variabel input lainnya, seperti jumlah *sweet gas* dan aliran *oil rate*, agar menghasilkan *outlet stripper* yang lebih optimal.



Semakin besar nilai aliran *oil rate*, maka nilai *outlet stripper* akan semakin berbanding terbalik. Hal ini disebabkan oleh kapasitas maksimal alat *stripper* yang sebesar 30.000 BOPD, yang mampu memurnikan kadar H<sub>2</sub>S dalam aliran minyak yang sangat besar. Oleh karena itu, semakin besar aliran *oil rate* yang menuju *stripper*, semakin optimal pula kinerja pemurnian H<sub>2</sub>S dalam *stripper*. Penyesuaian terhadap variabel input lain, seperti jumlah dan kadar *sweet gas* yang diinjeksikan, juga diperlukan untuk mencapai hasil *outlet stripper* yang optimal.

Semakin besar jumlah *sweet gas* yang diinjeksikan, hasil *outlet stripper* akan semakin kecil. Oleh karena itu, terdapat hubungan berbanding terbalik antara jumlah *sweet gas* dan hasil *outlet stripper* yang dihasilkan. Ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah *sweet gas* atau pelarut (*stripping agent*) yang diinjeksikan, semakin efektif *sweet gas* tersebut dalam memurnikan H<sub>2</sub>S pada aliran minyak. Selain itu, perlu ada penyesuaian dalam penggunaan injeksi jumlah *sweet gas*. Semakin besar jumlah *sweet gas* yang diinjeksikan, maka akan berdampak pada fraksi minyak yang terbawa selama proses pemurnian H<sub>2</sub>S dalam *stripper*. Jika jumlah *sweet gas* yang diinjeksikan terlalu kecil, proses pemurnian H<sub>2</sub>S dalam *stripper* akan menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, perlu ada penyesuaian dengan beberapa variabel *input* lainnya, terutama kadar *sweet gas* dan *oil rate*, untuk mendukung hasil yang lebih baik pada *outlet stripper*.

### 3.4 Skenario Pengoptimalan Penanggulangan Kadar H<sub>2</sub>S pada Aliran Minyak di *Stripper*

Skenario pengoptimalan penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S merupakan solusi yang diterapkan untuk menurunkan kadar *outlet stripper* (ppm) pada aliran minyak agar berada di bawah 100 ppm, sesuai dengan standar *outlet stripper* yang berlaku di CPA. Skenario pengoptimalan ini dilakukan dengan mengatur beberapa parameter yang memengaruhi penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak, seperti mengatur rasio perbandingan *rate oil* dengan injeksi *sweetening gas* (jumlah dan kadar) yang menuju *stripper*.

Skenario pengoptimalan dengan rasio (88% *rate oil* - 12% injeksi *sweetening gas*) didasarkan pada pendekatan empiris hasil analisis dan evaluasi terhadap data *outlet stripper* pada periode Oktober–Desember 2023. Pada tanggal 20 Oktober 2023, data menunjukkan bahwa kadar *outlet stripper* berhasil diturunkan hingga di bawah 100 ppm, yaitu sebesar 60 ppm, dengan rasio injeksi *sweetening gas* terhadap *oil rate* sebesar (88% *rate oil* - 12% injeksi *sweetening gas*). Selain itu, analisis data pada tanggal 13 dan 27 Oktober 2023 menunjukkan bahwa kadar *outlet stripper* mencapai nilai 100 ppm dengan rasio perbandingan injeksi *sweetening gas* terhadap *oil rate* berada di kisaran (87% *rate oil* - 11% injeksi *sweetening gas*). Hasil ini menunjukkan bahwa kadar *outlet stripper* sudah mendekati target atau standar yang diterapkan di CPA.

Berdasarkan analisis menggunakan pendekatan empiris tersebut, skenario pengoptimalan dengan rasio perbandingan injeksi *sweetening gas* terhadap *rate oil* (88% *rate oil* - 12% injeksi *sweetening gas*) perlu diimplementasikan secara langsung di CPA. Sebelum implementasi dilakukan, perlu ada koordinasi dan komunikasi dengan operator lapangan CPA serta pihak-pihak yang berwenang. Setelah persetujuan diperoleh, dilakukan uji coba dengan penyesuaian laju *oil rate* dan injeksi *sweetening gas* pada aliran menuju *stripper*. Percobaan ini dilakukan selama satu bulan pada Januari 2024, sebagai fokus penelitian.

Percobaan skenario dilakukan selama empat minggu, setiap hari Jumat, yaitu pada tanggal 5, 12, 19, dan 26 Januari 2024. Hasil uji coba ini bertujuan untuk menentukan efektivitas pengoptimalan dalam menurunkan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak di *stripper*. Berikut adalah hasil yang diperoleh setelah implementasi skenario pengoptimalan pada bulan Januari, sebagaimana dijelaskan pada **Tabel 3** di bawah ini:

**Tabel 3. Hasil Analisis Skenario Pengoptimalan *Stripper* pada Januari 2024**

| Bulan/Tahun      | Tanggal | Oil Rate (BOPD) | Inlet Stripper Oil (ppm) | Outlet Stripper Oil (ppm) | (Inlet - Outlet Stripper) (ppm) | Kadar Sweet Gas (ppm) | Jumlah Sweet Gas (mscf/d) |
|------------------|---------|-----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Januari/2024     | 5       | 4395            | 24000                    | 60                        | 23940                           | 8                     | 527                       |
|                  | 12      | 4222            | 24000                    | 55                        | 23945                           | 6                     | 507                       |
|                  | 19      | 5012            | 24000                    | 85                        | 23915                           | 15                    | 601                       |
|                  | 26      | 4591            | 24000                    | 40                        | 23960                           | 5                     | 550                       |
| <b>Rata-rata</b> |         | <b>4555</b>     | <b>24000</b>             | <b>60</b>                 | <b>23940</b>                    | <b>9</b>              | <b>546</b>                |





Berdasarkan **Tabel 3**, menunjukkan bahwa hasil analisis uji coba penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S yang dilakukan setiap seminggu sekali pada hari Jumat di CPA pada tanggal 5, 12, 19, dan 26 bulan Januari tahun 2024 dengan skenario pengoptimalan *stripper* (88% *rate oil* - 12% injeksi *sweetening gas*) sebagai berikut:

**Tabel 4. Hasil Evaluasi Skenario Pengoptimalan *Stripper* pada Januari 2024**

| Bulan/Tahun        | Rasio Penyerapan (%) | Rasio Perbandingan <i>Oil Rate</i> - Injeksi <i>Sweetening Gas</i> (%) |                       |
|--------------------|----------------------|--|-----------------------|
|                    |                      | <i>Oil Rate</i>  | <i>Sweetening Gas</i> |
| Januari/2024       | 99.75                | 88.0   | 12.0                  |
|                    | 99.77                | 88.0   | 12.0                  |
|                    | 99.65                | 88.0   | 12.0                  |
|                    | 99.83                | 88.0   | 12.0                  |
| <b>Rata - rata</b> | <b>99.75</b>         | <b>88.0</b>  | <b>12.0</b>           |

Berdasarkan **Tabel 4**, data hasil evaluasi pengukuran skenario pengoptimalan *stripper* (88% *rate oil* - 12% injeksi *sweetening gas*) menunjukkan bahwa rasio penyerapan (%) pada proses *sweetening* memiliki nilai yang bervariasi, yaitu 99,75%, 99,77%, 99,65%, dan 99,83%, dengan rata-rata sebesar 99,75%. Rasio *oil rate* terhadap *sweetening gas* memiliki nilai 88,01%, 87,99%, 88,01%, dan 88,02%, dengan rata-rata sebesar 88,01%. Sementara itu, rasio injeksi *sweetening gas* terhadap *oil rate* tetap konsisten pada 12,0%, dengan rata-rata yang sama, yaitu 12,0%.

Pada **Tabel 4**, terlihat penurunan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak yang lebih signifikan dibandingkan dengan Tabel 2. Persentase rasio penyerapan (%) dari data rata-rata *stripper* pada bulan Januari 2024 tercatat sebesar 99,75%. Penurunan ini sangat signifikan, dari kadar H<sub>2</sub>S awal dalam minyak sebesar 24.000 ppm (2,4%) menjadi 60 ppm setelah melalui *stripper*. Nilai 60 ppm tersebut memenuhi target standar *outlet stripper*, yaitu kadar H<sub>2</sub>S di bawah 100 ppm. Berdasarkan data tersebut, proses kinerja *stripper* telah memenuhi standar yang diterapkan di CPA dan berhasil setelah dilakukan skenario pengoptimalan dengan rasio perbandingan 88% *rate oil* - 12% injeksi *sweetening gas*.

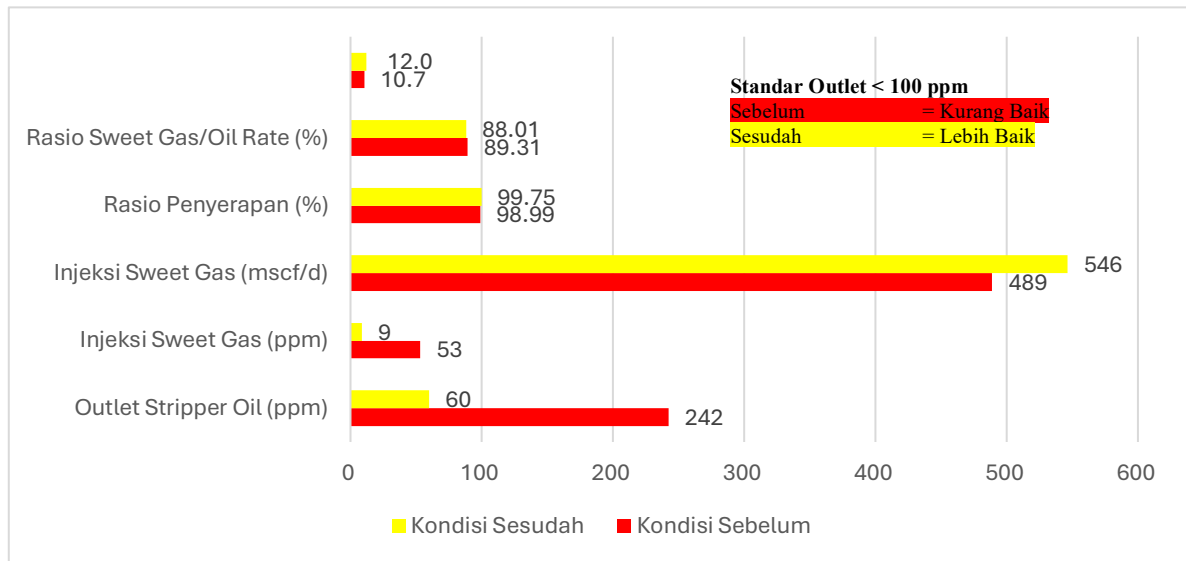
Rasio ini menunjukkan kinerja yang efisien dalam menurunkan kadar H<sub>2</sub>S dari 24.000 ppm menjadi 60 ppm, sesuai dengan standar pengolahan H<sub>2</sub>S di *outlet stripper* (<100 ppm). Oleh karena itu, rasio 88% *rate oil* dan 12% injeksi *sweetening gas* dapat dianggap sebagai skenario yang efektif berdasarkan data lapangan dan implementasi empiris. Berdasarkan implementasi di lapangan, skenario pengoptimalan ini telah berhasil diterapkan di CPA. Pada evaluasi *existing stripper* sebelumnya, pekerja perlu menerapkan injeksi *sweetening gas* dan *oil rate* yang menuju *stripper* berdasarkan rasio perbandingan yang optimal.

### 3.5 Analisis Hasil Komparasi Penanggulangan Kadar H<sub>2</sub>S pada Aliran Minyak di *Stripper*

Berdasarkan data hasil evaluasi *existing stripper* dan skenario pengoptimalan pada data bulan Oktober, November, Desember tahun 2023 sampai bulan Januari tahun 2024 di *Central Processing Area* (CPA), dijelaskan pada **Tabel 5**. dibawah ini sebagai berikut :

**Tabel 5. Hasil Komparasi Penanggulangan Kadar H<sub>2</sub>S pada Aliran Minyak di *Stripper***

| Nilai (Rata-rata)  | Kondisi      |              |
|--|--------------|--------------|
|  | Sebelum      | Sesudah      |
| <i>Outlet Stripper</i> pada kadar H <sub>2</sub> S di minyak (ppm) | <b>242</b>   | <b>60</b>    |
| Kadar Injeksi <i>Sweetening Gas</i> (ppm)                          | 53           | 9            |
| Jumlah Injeksi <i>Sweetening Gas</i> (mscf/d)                      | 489          | 546          |
| Rasio Penyerapan (%)   | 98.99        | 99.75        |
| Rasio Perbandingan <i>Oil Rate</i> - <i>Sweetening Gas</i> (%)     | <b>89.31</b> | <b>88.01</b> |
|  | <b>10.7</b>  | <b>12.0</b>  |



**Gambar 6. Grafik Hasil Komparasi Penanggulangan Kadar H<sub>2</sub>S pada Aliran Minyak di Stripper**

Berdasarkan **Tabel 5**, data yang dianalisis dari bulan Oktober, November, dan Desember 2023 hingga Januari 2024 menunjukkan bahwa nilai *outlet stripper* berbeda-beda, yaitu 242 ppm dan 60 ppm. Nilai *inlet-outlet stripper* juga bervariasi, yakni 23.758 ppm dan 23.940 ppm. Kadar injeksi *sweetening gas* dalam satuan ppm memiliki nilai yang berbeda, yaitu 53 ppm dan 9 ppm. Jumlah injeksi *sweetening gas* juga bervariasi, yaitu 489 mscf/d dan 546 mscf/d. Rasio penyerapan (%) pada proses *sweetening* menunjukkan nilai yang berbeda, yaitu 98,99% dan 99,75%. Rasio perbandingan antara *sweetening gas* dan *oil rate* (%) berdasarkan evaluasi *existing stripper* (sebelum) adalah 10,7% - 89,31%, sedangkan pada skenario pengoptimalan (sesudah) adalah 12,0% - 88,0%.

Berdasarkan **Tabel 5**, hasil perbandingan setelah dilakukan analisis menunjukkan bahwa rasio antara *oil rate* dan injeksi *sweetening gas* diperlukan untuk menentukan seberapa optimal H<sub>2</sub>S yang diserap oleh proses *sweetening* pada aliran minyak yang melewati *stripper*. Semakin kecil kadar injeksi *sweetening gas* (ppm) yang diberikan, semakin baik hasil *outlet stripper* dalam menurunkan konsentrasi H<sub>2</sub>S (ppm). Nilai *oil rate* diperlukan untuk mengetahui jumlah *oil rate* yang masuk ke dalam *stripper* serta untuk menentukan seberapa optimal aliran *oil rate* tersebut dalam penanggulangan konsentrasi H<sub>2</sub>S (ppm).

Semakin optimal rasio antara *oil rate* dan *sweetening gas* pada *inlet stripper*, semakin baik pula proses penyerapan untuk mengurangi kadar H<sub>2</sub>S yang terjadi di dalam *stripper*. Nilai *outlet stripper* diperlukan untuk menentukan seberapa besar kadar H<sub>2</sub>S yang hilang setelah melewati proses di *stripper*. Semakin kecil nilai *outlet stripper*, semakin baik pula hasil penanggulangan kadar H<sub>2</sub>S pada aliran minyak. Rasio penyerapan (%) diperlukan untuk mengetahui tingkat optimalisasi penyerapan yang terjadi di dalam *stripper*. Semakin besar nilai persentase rasio penyerapan, semakin baik pula proses penanggulangan konsentrasi H<sub>2</sub>S.

Pada rasio penyerapan (%) yang ditampilkan dalam **Gambar 6**, nilai rasio penyerapan pada hasil skenario pengoptimalan (sesudah) mencapai 99,75%, yang lebih baik dibandingkan sebelumnya. Standar *outlet stripper* yang diterapkan pada CPA adalah kadar H<sub>2</sub>S kurang dari 100 ppm. Berdasarkan **Gambar 6**, hasil dari *existing stripper* menunjukkan performa yang kurang baik dengan kadar *outlet stripper* sebesar 242 ppm pada aliran minyak. Sebaliknya, pada skenario pengoptimalan, kadar *outlet stripper* mencapai 60 ppm, yang menunjukkan peningkatan performa.

Rasio *oil rate-sweetening gas* sebesar 88%-12% menunjukkan peningkatan efisiensi penyerapan H<sub>2</sub>S hingga 99,75%, dibandingkan dengan rata-rata efisiensi 98,99% pada kondisi *existing*. Hal ini menunjukkan bahwa injeksi *sweetening gas* yang lebih besar memungkinkan proses absorpsi H<sub>2</sub>S berlangsung lebih maksimal, terutama pada *tray stripper*.



#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini antara lain:

1. Evaluasi kinerja *existing stripper* pada bulan Oktober-Desember 2023 menunjukkan bahwa rasio penyerapan H<sub>2</sub>S mencapai rata-rata 98.99%. Meskipun efektif dalam mengurangi kadar H<sub>2</sub>S, alat *stripper* ini belum memenuhi standar *outlet* yang diinginkan, yaitu kadar H<sub>2</sub>S di bawah 100 ppm. Hal ini disebabkan oleh ketidaksesuaian antara jumlah dan kadar injeksi *sweetening gas* serta aliran *oil rate* yang masuk ke *stripper*.
2. Berdasarkan analisis empiris dan data lapangan, skenario pengoptimalan dengan rasio 88% rate oil dan 12% injeksi *sweetening gas* berhasil meningkatkan efisiensi proses *sweetening*. Implementasi skenario ini berhasil menurunkan kadar H<sub>2</sub>S dari 24000 ppm menjadi 60 ppm, sesuai dengan standar yang ditetapkan di *Central Processing Area* (CPA). Ini menunjukkan bahwa penyesuaian rasio antara *oil rate* dan *sweetening gas* dapat secara signifikan meningkatkan kinerja *stripper* dalam mengurangi kandungan H<sub>2</sub>S.
3. Skenario pengoptimalan yang diterapkan di lapangan Sukowati dapat menjadi model untuk diterapkan di lapangan lain dengan karakteristik berbeda, seperti tekanan *reservoir* atau kadar H<sub>2</sub>S yang lebih tinggi. Penting untuk menyesuaikan rasio antara *oil rate* dan *sweetening gas* sesuai dengan kondisi spesifik lapangan untuk mencapai hasil optimal. Di lapangan dengan tekanan yang lebih rendah atau kadar H<sub>2</sub>S yang lebih tinggi, misalnya, penyesuaian rasio dapat lebih difokuskan pada peningkatan injeksi *sweetening gas* untuk memastikan efisiensi pemurnian H<sub>2</sub>S yang lebih baik.
4. Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi pengaruh kondisi tekanan operasi yang bervariasi pada efisiensi pemurnian H<sub>2</sub>S, karena tekanan *reservoir* memengaruhi kelarutan H<sub>2</sub>S dalam minyak dan efektivitas injeksi *sweetening gas*. Selain itu, perlu dilakukan pengujian berbagai jenis *sweetening gas* untuk meningkatkan efisiensi pengolahan H<sub>2</sub>S, mengingat jenis gas tertentu mungkin lebih efektif pada kondisi operasi yang berbeda. Simulasi atau pemodelan numerik juga dapat membantu memahami dampak variabel seperti suhu, tekanan, dan komposisi gas terhadap kinerja *stripper*, serta mengoptimalkan proses untuk kondisi lapangan yang beragam. Penelitian jangka panjang diperlukan untuk mengevaluasi keberlanjutan dan efisiensi biaya dari sistem yang diterapkan, serta memastikan kinerja operasional tetap optimal.

#### V. DAFTAR PUSTKA

- [1] Primasari, I., dkk. 2018. Unlock EOR Potential of Carbonat Reservoir by CO<sub>2</sub> Injection in Sukowati. *Prosiding Simposium IATMI 2018*. [371-386].
- [2] Vakili, M., Koutnik, P., & Kohout, J. 2024. Addressing hydrogen sulfide corrosion in oil and gas industries: A sustainable perspective. *Sustainability*, 16(4),1661. <https://doi.org/10.3390/su16041661>.
- [3] Andarani, P., & Priyatna, N. 2023. Analysis of Sulfur Recovery Unit (SRU) Refinery as Sulfur Emission Control Unit at PT X, Indonesia. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 18(03), 1260–1267.
- [4] Sanghani, P., & et al. (2023). *Recent Advances in H<sub>2</sub>S Removal from Gas Streams*. *Electronics*, 13(5), 3217. <https://doi.org/10.3390/electronics13053217>.
- [5] Towler, G., dkk. 1997. Improved Absorber-Stripper Technology for Gas Sweetening to Ultra-Low H<sub>2</sub>S Concentrations. *Bryan Research & Engineering, Inc.* 1997: 93-10
- [6] Monnery, D. 2005. Economic H<sub>2</sub>S Treating and Sulphur Recovery. *PETSOC Canadian International Petroleum Conference*. PETSOC-2005-165.
- [7] Budi,L. 2012. Menentukan Diameter Packed Column Absorber. <https://tentangteknikkimia.wordpress.com/2012/01/13/menentukan-diameter-packed-column-absorber/>. [Diakses pada 23 Februari 2024].
- [8] Eimer, D. 2014. *Gas treating : absorption theory and practice*. 1<sup>st</sup> edition. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ.
- [9] Sanghani P, dkk. 2020. Sour Gas Has A Sweeter Future - Bulk H<sub>2</sub>S Removal Using Polymeric Cellulose Triacetate Based Membranes. *Society of Petroleum Engineers* (SPE). SPE-202984-MS.
- [10] Exxon Mobil. 2017. *Solutions for sour gas treating problems*. FLEXSORB™ technology
- [11] Fatimura, M., & Fitriyanti. R. 2018. Penanganan Gas Asam (Sour Gas) yang Terkandung Dalam Gas Alam Menjadi *Sweetening Gas*. *Jurnal Redoks*. Volume 3, Nomor 2.
- [12] Keske E, dkk. 2011. *A Physical Absorption Process For The Capture Of CO<sub>2</sub> From CO<sub>2</sub>-Rich Natural Gas Streams*. Chemical Engineering Department, Imperial College London, London SW7 2AZ, United Kingdom.
- [13] Rahman, D. 2018. Inilah Skenario Pertamina EP Genjot Produksi Lapangan Sukowati. <https://www.dunia-energi.com/inilah-skenario-pertamina-ep-genjot-produksi-lapangan-sukowati/>. [Diakses pada 24 Februari 2024].
- [14] Umeh, U. 2016. Optimizing CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S Removal From Natural Gas Using DEA and Alkanolamine Mixtures. *Society of Petroleum Engineers* (SPE). SPE-184249-MS.