

# Desain Sistem *Sour water Stripper* dengan Satu Kolom Distilasi dan Injeksi Larutan Basa untuk Optimasi Penggunaan Lahan serta Biaya Operasional

Irvan Riadi<sup>1,2\*</sup>, Marsellinus Bachtiar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Indonesia

<sup>2</sup>PT. Tripatra Engineering, Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jendral Sudirman RT 02 RW 04 Nomor 51, Jakarta Selatan, D.K.I Jakarta, 12930

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received 19 Desember 2024  Accepted 08 February 2025	<i>Sour water Stripper (SWS) is system designed to handle sour water waste from refinery facilities. The different sour waste streams are collected for centralized processing where commonly two column in series are used to strip out the impurities (H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub>). However, in some facilities where the land is limited, two column design may not be feasible so that a single column design is considered. Limitation of a single column design to provide two different condition for optimum for removal of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> is then catered with the help of strong base chemical injection at an optimum rate. The study results shows that for 5,1 ton/hour sour water with 900 ppm Amonia and 90 ppm H<sub>2</sub>S content can be treated with a single column configuration assisted by chemical injection of 40%wt NaOH with 4 kg/hr injection rate. Single column design with additional strong base chemical injection is able to reduce 50% of land usage and optimum dosing allows reduction of chemical operational cost up to 80%.</i>
<i>Keywords:</i> <i>Sour Water, Sour water Stripper, Amonia, H<sub>2</sub>S, Distillation</i>	

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diterima: 19 Desember 2024  Disetujui: 08 Februari 2025	Sistem <i>Sour water Stripper</i> (SWS) merupakan sistem peralatan yang didesain untuk mengolah limbah air asam di fasilitas kilang minyak. Air asam yang dihasilkan dari berbagai proses unit operasi yang ada di kilang Air asam diolah di unit terpusat dengan dua buah kolom distilasi terpisah untuk menghilangkan kandungan impuritasnya (NH <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> S). Sistem SWS umumnya menggunakan sistem dua kolom distilasi. Namun di beberapa fasilitas yang memiliki lahan terbatas, sistem dengan menggunakan dua kolom seringkali tidak memungkinkan untuk diterapkan sehingga dikembangkan alternatif desain SWS dengan menggunakan kolom distilasi tunggal. Keterbatasan sistem kolom tunggal untuk menyediakan dua kondisi optimum yang berbeda untuk memisahkan H <sub>2</sub> S dan NH <sub>3</sub> kemudian diatasi dengan injeksi larutan basa pada titik dan dosis injeksi yang optimum. Dari studi yang dilakukan diperoleh hasil untuk mengolah 5,1 ton/jam <i>sour water</i> dengan kandungan awal 900 ppm Amonia dan 90 ppm H <sub>2</sub> S ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem 1 kolom distilasi dengan dibantu injeksi larutan basa NaOH 40%wt dengan dosis injeksi optimum di 4 kg/jam. Desain kolom tunggal dapat mengurangi penggunaan lahan sampai dengan 50% sementara optimasi titik dan dosis injeksi dapat menghemat penggunaan larutan kimiawi sampai dengan 80%.
<i>Kata Kunci:</i> <i>Sour Water, Sour water Stripper, Amonia, H<sub>2</sub>S, Distilasi</i>	

\*Corresponding author. Irvan Riadi  
Email address: [irvan.12024002262@student.atmajaya.ac.id](mailto:irvan.12024002262@student.atmajaya.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu komponen terbesar di permukaan bumi dan juga terdapat di sebagian besar sumur minyak bumi ataupun gas alam. Air sendiri memiliki sifat mudah melarutkan banyak senyawa organik maupun anorganik. Sehingga saat minyak bumi ataupun gas alam tersebut diolah, limbah terbesar yang dihasilkan juga dalam bentuk air. Air limbah tersebut melarutkan banyak kandungan berbahaya dimana amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) menjadi kandungan terbesar selain kandungan lain dalam jumlah yang lebih kecil seperti senyawa aromatik, klorida, mercaptan, phenol, mineral, padatan tersuspensi, dan lainnya. Kandungan senyawa lain tadi umumnya berjumlah cukup kecil sehingga dapat ditangani dengan relatif lebih mudah di fasilitas pengolahan air limbah (Addington et al., 2013). Sementara kandungan amonia dan hidrogen sulfida dalam air asam perlu diolah terlebih dahulu menggunakan sistem *Sour water Stripper* yang berupa sistem kolom distilasi lengkap dengan *reboiler*, *overhead condenser* dan sistem resirkulasi (reflux) sehingga kandungan kedua senyawa tersebut sesuai dengan mencapai nilai 0.5 ppm-wt untuk  $\text{H}_2\text{S}$  dan 8 ppm-wt untuk  $\text{NH}_3$  (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010).

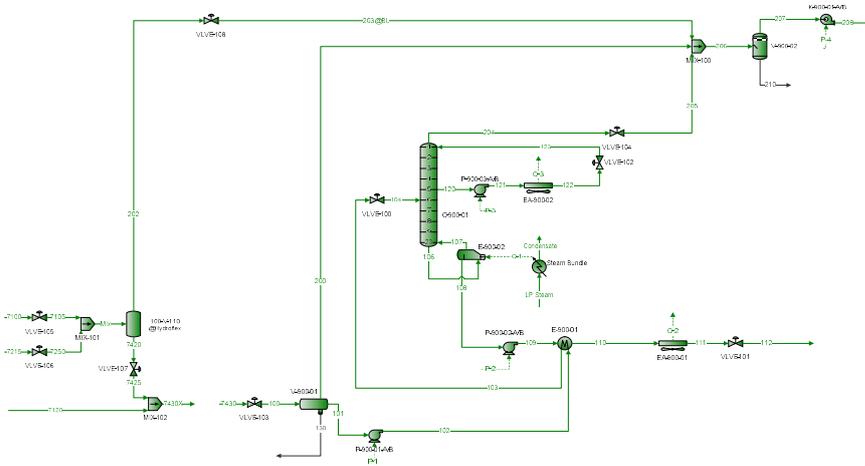
Pengolahan air asam (*sour water*) umumnya menggunakan sistem *sour water stripper* dengan dua kolom berbeda karena pemisahan senyawa hidrogen sulfida akan lebih optimum dilakukan pada tekanan lebih tinggi dan kondisi pH yang lebih asam. Sebaliknya pemisahan senyawa amonia lebih optimum bila dilakukan pada tekanan yang relatif lebih rendah dan kondisi pH yang lebih tinggi (Addington et. al., 2013)(Taheri et. al., 2020). Meskipun metode dua kolom distilasi tadi lebih sering digunakan karena efektifitas pemisahan komponen pencemar, namun opsi ini juga memiliki keterbatasan terutama dalam kondisi lahan yang terbatas maupun pada fasilitas dengan kapasitas yang relatif kecil terkait keefektifan penggunaan biaya. Untuk mengatasi keterbatasan dalam dua hal tersebut dilakukan modifikasi desain untuk menggunakan system pemisahan dengan satu kolom distilasi yang juga dibantu dengan injeksi larutan kimia dengan sifat basa pada titik dan dosis yang tepat (Bellen & Garboso, 2022).

## 2. METODE PELAKSANAAN

Tahapan desain *Sour water Stripper* dimulai dengan membuat model simulasi proses menggunakan *software* simulasi proses yang sudah teruji. Dengan kemajuan teknologi saat ini pilihan menggunakan *software* simulasi menjadi pilihan terbaik karena memungkinkan untuk melakukan analisa dari hasil desain dengan cepat dan relatif akurat. Pilihan ini mampu mengatasi keterbatasan metode lain yang membutuhkan waktu cukup lama dan biaya yang mahal (baik menggunakan *pilot plant* ataupun pengujian langsung di fasilitas yang sudah terpasang ataupun di fasilitas lain yang sejenis). Pengembang *software* simulasi proses sendiri secara berkala melakukan validasi dan pengembangan untuk memberikan hasil simulasi yang semakin mendekati kondisi aktual. Dari beberapa pilihan *software* simulasi yang ada; *Aspen Hysys* dan *Promax* merupakan dua *software* terdepan untuk simulasi proses sistem *Sour water Stripper* dan juga digunakan pada praktik keinsinyuran penulis yang dijadikan pembahasan pada karya tulis ini.

Dari analisa awal yang dilakukan terdapat kandungan zat pencemar dan jumlah laju alir *sour water* yang perlu diolah relatif kecil dapat terlihat bahwa pilihan sistem dengan menggunakan satu kolom distilasi akan lebih optimum. Studi juga dilakukan untuk mendapatkan referensi proyek sebelumnya dan data literatur / jurnal yang menyediakan informasi terkait kondisi optimum dari parameter operasional esensial dari kolom tersebut yaitu tekanan dan temperatur operasi kolom distilasi (yang mana akan sangat erat kaitannya dengan jumlah energi yang di konsumsi) serta skema pengambilan dan laju alir reflux (jumlah air asam yang di alirkan ke bagian atas kolom untuk mengatur temperatur

di bagian atas kolom) (Bellen & Garboso, 2022). Model simulasi proses dibuat dengan menggunakan software dimulasi proses dan kemudian dilanjutkan dengan memasukkan data komposisi air asam (*sour water*), titik dan dosis injeksi awal larutan NaOH 40%. Simulasi proses kemudian untuk melihat apakah skema proses yang digunakan dapat memberikan hasil yang diharapkan yaitu air asam yang sudah di treatment dapat memenuhi baku mutu air limbah.



**Gambar 1.**  
Skema Awal Proses Model Simulasi Proses

Pada skema proses yang sudah dijalankan dan berhasil mencapai target spesifikasi dilakukan analisa lanjutan untuk menemukan titik dan dosis injeksi optimum untuk mencapai spesifikasi produk yang diharapkan. Titik optimum tersebut diperoleh dengan melakukan *sensitivity analysis* / analisa sensitivitas. Sensitivity analysis dilakukan terhadap dua parameter tersebut dengan cara:

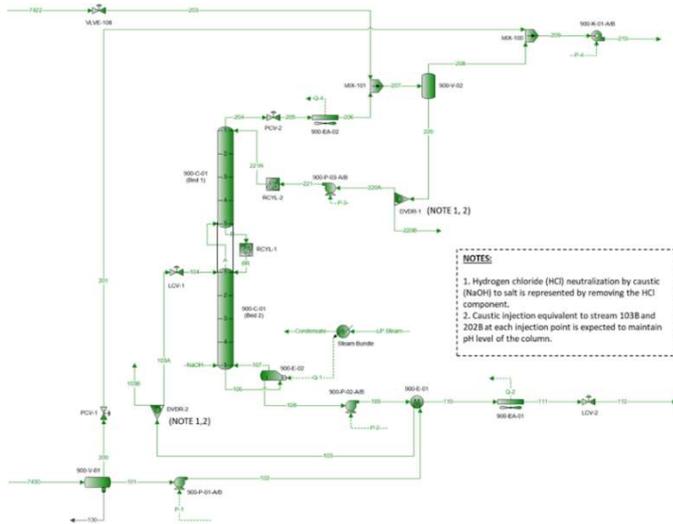
- Dengan menggunakan larutan NaOH 40% dengan dosis tetap 10 kg/jam di lakukan simulasi perubahan titik injeksi di setiap tingkatan distilasi ideal (ideal stage) kolom distilasi sehingga dapat ditemukan titik injeksi optimum
- Menggunakan titik injeksi optimum yang diperoleh pada tahapan sebelumnya, dilakukan analisa sensitivitas juga untuk mendapatkan dosis injeksi larutan NaOH 40% yang paling optimum. Analisa tersebut dilakukan 2 tahap yaitu dengan mengambil range 0 – 50 kg/jam dengan kenaikan 2 – 2,5 kg/jam di setiap titik analisa. Dosis injeksi optimum yang diperoleh pada tahap pertama kemudian diambil sebagai titik acuan awal dan dilakukan analisa lanjutan dengan perubahan dosis yang lebih kecil yaitu di 0.5 kg/jam.

Setelah semua tahapan diatas dilakukan akhirnya dapat diperoleh skema proses sistem *Sour water Stripper* yang optimum serta titik dan dosis injeksi larutan basa (NaOH 40%) untuk mengolah limbah air asam (*sour water*) dengan kondisi yang ada sehingga diperoleh air limbah yang aman dan sesuai peraturan yang ada untuk bisa dialirkan kembali ke lingkungan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Software simulasi proses umumnya memberikan beberapa skema dasar yang dapat digunakan sebagai awalan dan mempercepat pembuatan model simulasi. Gambar 1 menunjukkan model awal simulasi. Kemudian data – data berupa parameter operasi kolom serta komposisi dan laju alir *sour water* yang perlu diolah dimasukkan sebagai basis simulasi di software tersebut. Simulasi tahap awal dijalankan dan ditemukan perlu

dilakukan penyesuaian dengan komposisi dan kapasitas *sour water* yang akan diolah sehingga bisa menghasilkan treated *sour water* yang sesuai spesifikasi. Model simulasi kemudian disesuaikan menjadi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.**  
Skema Model Simulasi Proses Setelah di Optimasi  
(Sumber : Riadi et. al., 2014)

Komposisi dari *sour water* yang perlu di olah oleh unit *sour water stripper* pada karya tulis ini adalah sebagai berikut:

**Table 1.**  
Fluid Composition of *Sour water* and Sour Gas at Hydroflex Unit Battery Limit

Parameters	Unit	Contoh Kasus 1	Contoh Kasus 2	Contoh Kasus 3	Contoh Kasus 4
Deskripsi	-	<i>Sour Water</i>	<i>Sour Water</i>	<i>Sour Water</i>	<i>Sour Water</i>
Tekanan	barg	2	2	2	2
Temperature	oC	47	47	47	47
Laju Alir Massa	kg/jam	5142	4843	5149	4857
Kompansi					
Hydrogen	%wt	5 ppm-wt	3 ppm-wt	4 ppm-wt	2 ppm-wt
Methane	%wt	1 ppm-wt	3 ppm-wt	1 ppm-wt	3 ppm-wt
Ammonia	%wt	0,09	0,10	0,09	0,10
Water	%wt	99,58	99,47	99,57	99,46
Carbon Monoxide	%wt	0,00	1 ppmwt	0,00	1 ppm-wt
Nitrogen	%wt	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethane	%wt	0,00	1 ppmwt	0,00	1 ppm-wt
Hydrogen Sulfide	%wt	90 ppm-wt	54 ppm-wt	0,01	61 ppm-wt
Hydrogen Chloride	%wt	0,02	0,02	0,02	0,01
Carbon Dioxide	%wt	0,30	0,41	0,31	0,42
Propane	%wt	1 ppm-wt	1 ppm-wt	1 ppm-wt	1 ppm-wt
Iso-butane	%wt	0,00	0,00	0,00	0,00
n-Butane	%wt	1 ppm-wt	1 ppm-wt	0,00	0,00

Sementara spesifikasi *sour water* / air asam yang sudah diolah melalui sistem *Sour water Stripper* atau biasa diistilahkan sebagai *treated sour water* mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 19 tahun 2010 yang mengatur tentang kandungan senyawa H<sub>2</sub>S dan Amonia yang diijinkan adalah maksimal 0.5 ppm-wt untuk H<sub>2</sub>S dan 8 ppm-wt untuk amonia (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010). Detail dari desain kolom tunggal yang digunakan pada simulasi adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.**  
Spesifikasi Kolom *Sour water Stripper*

Parameter	Specification
Tipe Model	Mass & Heat Transfer
Transfer Model Kolom	TSWEET Absorber/Stripper
Jumlah Tingkat Teoritis	10
Tingkat Inlet Feed	6
Jenis Internal Kolom	Random Packing
Spesifikasi Internal Specifications	Intalox Saddles 1.5 inch Ceramic
Jumlah Bed	2 Beds
Jumlah Stage di Setiap Bed	5
Tinggi Packing di Setiap Bed	3 m <sup>[5]</sup>
Diameter Kolom	0.9 m <sup>[4]</sup>
System Factor	0.6 <sup>[1]</sup>
Fraction Flooding	Max. 80%
Pressure Drop	0.15 bar per Bed
Temperature Keluaran Condenser	95 °C
Reboiler Duty	1.11 MW <sup>[2,3]</sup>

Catatan Tabel 2:

[1]. System factor yang umumnya digunakan untuk kolom *Sour water Stripper* adalah 0.6 - 0.7. Sebagai pendekatan konservatif dipilih nilai yang lebih kecil yaitu 0.6 (GPSA, 2024).

[2]. Nilai ini setara dengan 1848.0 kg/h steam pada tekanan 3 barg.

[3]. Untuk meningkatkan performa kolom distilasi ditambahkan injeksi larutan caustic (NaOH) 40% sebanyak 25 kg/jam (terdiri dari 10 kg/jam untuk mengatur kondisi pH bagian bawah kolom dan 15 kg/jam untuk menetralkan kandungan senyawa asam pada *sour water* yang akan diolah), bila tanpa menggunakan injeksi NaOH maka diperlukan kenaikan *reboiler duty* sekitar 10%.

[4]. Diameter kolom ini dipilih dengan seminimal mungkin namun masih mempertimbangkan ukuran yang cukup sehingga tidak menghambat kebutuhan perawatan.

[5]. Tinggi tumpukan *random packing* ditentukan berdasarkan nilai data perbandingan tinggi random packing terhadap jumlah tingkatan distilasi teoritis yaitu 1.39 kaki/tingkatan distilasi ideal seperti yang direkomendasikan oleh panduan software simulasi yang digunakan (ProMax) dengan tambahan margin berupa pembulatan keatas.

Hasil simulasi dengan model yang sudah di optimasi seperti yang jelaskan diatas diperoleh hasil simulasi seperti yang di tunjukkan pada Tabel 3:

**Table 3.**  
Kandungan H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub> dikeluarkan sistem Souw Water Stripper

Contoh Kasus	Kandungan H <sub>2</sub> S (ppm-wt)		Kandungan NH <sub>3</sub> (ppm-wt)	
	Hasil Simulasi	Spesifikasi	Hasil Simulasi	Spesifikasi
1	0,38		6,08	
2	0,18		5,39	
3	0,41	0,50	6,12	8,00
4	0,20		5,46	

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa yang menunjukkan desain kolom yang dipilih mampu menghasilkan *Treated sour water* yang memenuhi standar PerMen LH no. 19 Tahun 2010 dengan nilai safety margin yang dirasa cukup sehingga bisa dianggap cukup optimum.

Selanjutnya dilakukan optimasi titik injeksi larutan NaOH dan dosis optimum yang perlu digunakan. Mengingat kondisi optimum kedua parameter tersebut akan bervariasi tergantung komposisi dan kondisi operasi kolom distilasi maka metode yang digunakan

adalah *sensitivity analysis* (selanjutnya diterjemahkan dan disebut sebagai analisa sensitivitas). Metode analisa sensitivitas adalah teknik studi yang dilakukan untuk melihat bagaimana perubahan nilai suatu variabel input terhadap hasil output dari sebuah model simulasi yang kompleks. Sebuah model simulasi proses akan memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi karena sangat banyak parameter yang dianalisa dengan banyak persamaan termodinamika maupun matematika, sehingga untuk melihat hubungan langsung sebuah input terhadap output lewat persamaan – persamaan yang digunakan akan cukup sulit dan kompleks sehingga metode analisa sensitivitas menjadi pilihan yang logis dan efektif. Dalam karya tulis ini untuk menunjukkan langkah yang digunakan dan hasil yang diperoleh akan ditunjukkan analisa sensitivitas untuk contoh kasus 1. Analisa sensitivitas yang dilakukan dengan empat (4) tahapan dan hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Analisa sensitivitas pertama adalah untuk penentuan titik injeksi optimum dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 40% dengan dosis tetap yaitu 10 kg/jam. Dengan dosis injeksi tetap dilakukan simulasi dengan menggunakan perubahan titik injeksi di setiap tingkatan ideal (ideal stage) kolom distilasi dari tingkat distilasi ideal (teoritis) 1 sampai 10 sebagai variabel input yang di variasikan. Dari variasi tersebut tingkat yang memberikan hasil terbaik dan sesuai spesifikasi akan dipilih.

**Table 4.**  
H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> Content in Stripped Water

Tingkatan Distilasi Teoritis	Parameter Output Kandungan NH <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> S dari Hasil Simulasi	
	Kandungan NH <sub>3</sub> (ppm-wt)	Kandungan H <sub>2</sub> S (ppm-wt)
<i>Condenser</i>	<b>2,075</b>	26,4100
1	<b>2,079</b>	26,0200
2	<b>2,080</b>	25,8100
3	<b>2,080</b>	24,8900
4	<b>2,081</b>	23,0100
5	<b>2,076</b>	20,7500
6	<b>2,027</b>	18,5500
7	<b>2,374</b>	8,5140
8	<b>3,041</b>	1,4900
<b>9</b>	<b>4,271</b>	<b>0,1953</b>
<b>10</b>	<b>7,207</b>	<b>0,0214</b>
<i>Reboiler</i>	27,460	<b>0,0002</b>

Pada Tabel 4 hasil output simulasi, dimana parameter yang memenuhi spesifikasi ditandai dengan angka yang dicetak tebal. Dari hasil tersebut dapat dianalisa bahwa tingkatan injeksi yang optimum ada pada tingkat distilasi teoritis ke 9.

2. Menggunakan titik injeksi optimum yang diperoleh diatas pada tahapan sebelumnya yaitu tingkat distilasi teoritis ke 9 dan 10, dilakukan analisa sensitivitas lanjutan untuk mendapatkan dosis injeksi larutan NaOH 40% yang paling optimum. Analisa tersebut dilakukan analisa awal dengan mengambil 25 titik dalam range 0 – 50 kg/jam. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Table 5.**

Hasil analisa sensitivitas dosis injeksi larutan NaOH 40% pada tingkatan ideal ke 10

Dosis Injeksi Larutan NaOH 40% (kg/jam)	Parameter Output Kandungan NH <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> S dari Hasil Simulasi	
	Kandungan NH <sub>3</sub> (ppm-w)	Kandungan H <sub>2</sub> S (ppm-w)
0	100,9	5,20E-07
2,083	31,47	2,54E-06
<b>4,167</b>	<b>6,90</b>	<b>0,0142</b>
<b>6,25</b>	<b>6,98</b>	<b>0,0196</b>
<b>8,333</b>	<b>7,10</b>	<b>0,0209</b>
<b>10,42</b>	<b>7,23</b>	<b>0,0215</b>
<b>12,5</b>	<b>7,37</b>	<b>0,0219</b>
<b>14,58</b>	<b>7,51</b>	<b>0,0221</b>
<b>16,67</b>	<b>7,65</b>	<b>0,0222</b>
<b>18,75</b>	<b>7,79</b>	<b>0,0224</b>
<b>20,83</b>	<b>7,93</b>	<b>0,0224</b>
22,92	8,08	0,0225
25	8,23	0,0226
27,08	8,38	0,0226
29,17	8,54	0,0226
31,25	8,69	0,0227
33,33	8,85	0,0227
35,42	9,01	0,0227
37,5	9,17	0,0227
39,58	9,34	0,0227
41,67	9,50	0,0227
43,75	9,67	0,0227
45,83	9,84	0,0227
47,92	10,02	0,0227
50	10,19	0,0227

**Table 6**

Hasil analisa sensitivitas dosis injeksi larutan NaOH 40% pada tingkatan ideal ke 9

Dosis Injeksi Larutan NaOH 40% (kg/jam)	Parameter Output Kandungan NH <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> S dari Hasil Simulasi	
	Kandungan NH <sub>3</sub> (ppm-w)	Kandungan H <sub>2</sub> S (ppm-w)
0	101	4,75E-07
2,083	29,42	2,89E-06
<b>4,167</b>	<b>4,11</b>	<b>0,1254</b>
<b>6,25</b>	<b>4,17</b>	<b>0,1764</b>
<b>8,333</b>	<b>4,26</b>	<b>0,1916</b>
<b>10,42</b>	<b>4,37</b>	<b>0,1963</b>
<b>12,5</b>	<b>4,47</b>	<b>0,1998</b>
<b>14,58</b>	<b>4,58</b>	<b>0,202</b>
<b>16,67</b>	<b>4,69</b>	<b>0,2035</b>
<b>18,75</b>	<b>4,81</b>	<b>0,2046</b>
<b>20,83</b>	<b>4,93</b>	<b>0,2055</b>
22,92	5,05	0,2061
25	5,17	0,2066
27,08	5,30	0,207
29,17	5,43	0,2073
31,25	5,56	0,2075
33,33	5,69	0,2078
35,42	5,83	0,2079
37,5	5,97	0,208
39,58	6,11	0,2081
41,67	6,25	0,2082
43,75	6,40	0,2083
45,83	6,54	0,2083
47,92	6,70	0,2084
50	6,85	0,2084

Dari hasil diatas ditemukan bahwa kandungan amonia turun dengan cukup drastis saat kondisi operasi dibagian bawah kolom di jaga pada kondisi basa dengan injeksi NaOH. Sementara kandungan H<sub>2</sub>S mengalami kenaikan namun tidak terlalu signifikan dan kemudian melandai diatas 25 kg/jam. Dosis injeksi NaOH yang optimum ada pada kisaran 4,1 kg/jam pada tingkatan distilasi teoritis ke 9.

3. Dosis injeksi optimum yang diperoleh pada tahap kedua kemudian diambil sebagai titik acuan awal dan dilakukan analisa sensitivitas tahap ketiga dengan lebih mendetail dan menggunakan perubahan dosis yang lebih kecil yaitu di 0,05 kg/jam.

Dari analisa sebelumnya diperoleh injeksi NaOH yang optimum pada 4,167 kg/jam berdasarkan termuan ini dilanjutkan analisa sensitivitas lebih mendetail dengan mengambil range injeksi NaOH 40% dari 4 sampai 5 kg/jam dengan tingkat kenaikan 0,05 kg/jam di setiap tingkatnya dan hasil simulasi ditampilkan pada tabel dibawah :

**Table 7.**

Hasil analisa sensitivitas dosis injeksi larutan NaOH 40% pada tingkatan ideal ke 9

Dosis Injeksi Larutan NaOH 40% (kg/jam)	Parameter Output Kandungan NH <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> S dari Hasil Simulasi	
	Kandungan NH <sub>3</sub> (ppm-w)	Kandungan H <sub>2</sub> S (ppm-w)
4	4,111	0,1153
4,05	4,111	0,1186
4,1	4,110	0,1217
4,15	4,110	0,1246
4,2	4,110	0,1273
4,25	4,110	0,1299
4,3	4,110	0,1323
4,35	4,111	0,1346
4,4	4,111	0,1368
4,45	4,112	0,1389
4,5	4,113	0,1409
4,55	4,114	0,1428
4,6	4,115	0,1446
4,65	4,116	0,1463
4,7	4,117	0,1479
4,75	4,118	0,1495
4,8	4,119	0,1509
4,85	4,120	0,1524
4,9	4,122	0,1537
4,95	4,123	0,1550
5	4,125	0,1563

Hasil analisa sensitivitas tahap ketiga ini diperoleh injeksi NaOH 40% yang optimum pada 4 kg/jam, dimana kenaikan dosis injeksi sudah tidak lagi berpengaruh signifikan terhadap nilai kandungan NH<sub>3</sub> namun nilai kandungan H<sub>2</sub>S justru meningkat yang mana hal ini tidak diharapkan.

4. Pada langkah terakhir dilakukan studi lanjutan untuk melihat potensi optimasi lebih lanjut dari aspek konsumsi energi. Sehingga dilakukan analisa sensitivitas terhadap jumlah penggunaan *steam* (uap air bertekanan) dan diperoleh hasil sebagai berikut:

**Table 8**

Hasil analisa sensitivitas konsumsi energi optimum dengan injeksi NaOH 40% 4 kg/jam pada tingkatan distilasi ideal ke 9

Konsumsi Energi (MegaWatt)	Jumlah Steam yang digunakan (ton/jam)	Parameter Output Sistem SWS dari Hasil Simulasi	
		Kandungan NH <sub>3</sub> (ppm-w)	Kandungan H <sub>2</sub> S (ppm-w)
1,1	765	4,111	1,15E-01
1	695	5,543	0,1457
<b>0,9</b>	<b>626</b>	<b>7,784</b>	<b>0,1913</b>
0,75	556	14,29	0,3163
0,7	487	18,07	0,3866

Dari hasil analisa diatas ditemukan bahwa dengan injeksi NaOH 40% yang sudah optimum di 4 kg/jam masih dapat dilakukan optimasi lanjutan di aspek lain yaitu dengan menurunkan konsumsi energi di reboiler. Penurunan konsumsi energi secara umum memang akan membuat kandungan NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>S pada *treated water* meningkat namun tentunya bila masih memenuhi spesifikasi PerMen LH no. 19 Tahun 2010. Kosumsi steam yang awalnya direncanakan pada 765 ton/jam dapat diturunkan ke 626 ton/jam dengan tetap memenuhi spesifikasi.

Hasil praktik keinsinyuran diatas dapat mengoptimalkan biaya operasional dari segi penggunaan larutan NaOH 40% dari 25 kg/jam menjadi hanya 4 kg/jam, selain itu penggunaan satu kolom distilasi dapat mengurangi penggunaan lahan sampai dengan 50%.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas dapat disimpulkan kondisi optimum desain sistem *Sour water* Stripper untuk mengolah 5,1 ton/jam *sour water* dengan kandungan awal 900 ppm Amonia dan 90 ppm H<sub>2</sub>S dapat menggunakan kolom distilasi tunggal dengan konsumsi energi sebesar 0.9 Mega-Watt. Kondisi Optimum injeksi larutan NaOH 40% adalah dengan dosis 4 kg/jam dan titik injeksi pada tingkat distilasi ideal ke 9 sehingga dapat diperoleh *treated sour water* dengan komposisi H<sub>2</sub>S 7,784 ppm-wt dan NH<sub>3</sub> 0.191 ppm-wt. Hasil diatas dapat mengoptimalkan biaya operasional dari segi penggunaan larutan NaOH 40% dari 25 kg/jam menjadi hanya 4 kg/jam, selain itu penggunaan satu kolom distilasi dapat mengurangi penggunaan lahan sampai dengan 50%.

Saat sebuah permodelan simulasi proses dilakukan terhadap fasilitas eksisting yang sudah beroperasi, tentunya akan dapat dilakukan validasi model dengan menggunakan data aktual dilapangan. Namun mengingat studi kasus yang dijadikan referensi karya ini dilakukan pada fase Front End Engineering Design yang mengakibatkan tidak bisa dilakukan verifikasi data terhadap kondisi aktual maka disarankan untuk tetap perlu menerapkan margin desain pada sistem *Sour water* Stripper. Angka desain awal dapat digunakan sebagai parameter desain sehingga tetap didapatkan fleksibilitas operasi yang diperlukan, sementara untuk parameter optimum operasional yang diperoleh dari hasil analisa dapat digunakan menjadi titik awal kondisi operasi. Kondisi operasi optimum tersebut kemudian dapat disesuaikan oleh operator berdasarkan kondisi nyata dilapangan.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

1. Addington, L., Fitz, C., Lunsford, K., Lyddon, L., & Siwek, M. (2013). Sour water: Where it comes from and how to handle it. GPA Europe Annual Conference, Praha.
2. Bellen, J. M., & Garboso, J. E. B. (2009). Design of *sour water* stripper. Philippine Institute of Chemical Engineers, Davao.
3. Bellen, J. M., & Garboso, J. E. B. (2022). Considerations in designing *sour water* strippers. Philippine Institute of Chemical Engineers, Davao.
4. Bryan Research & Engineering, LLC. (n.d.). Promax tutorial. <https://www.bre.com/Support-Tutorials.aspx> (Diakses 28 Juli 2025)
5. Darton, R. C., van Grinsven, P. F. A., & Simon, M. M. (1978). Development in steam stripping of sour water. Shell-Laboratorium, Amsterdam.
6. Gas Processor Suppliers Association. (2004). GPSA engineering data book (12th ed.). Tulsa: Gas Processor Suppliers Association.
7. Kementerian Lingkungan Hidup. (2010). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
8. Riadi, I., Azizi, F. H., & Santiko, D. A. (2014). Process simulation report – Bio-refinery project (2024). PT. Tripata Engineering, Jakarta.
9. Taheri, M. M., Rizi, Z. T., & Mehrabi, M. (2020). Two-column *sour water* stripping without sending ammonia to the sulfur recovery unit. Research Institute of Petroleum Industry, Teheran.