

Injeksi Caustic Soda untuk Troubleshooting Operasional Sour Water Stripper (SWS) di Industri Pengolahan Minyak Bumi

Zakaria^{1*}, Denis Yanuardi¹,
Jefri A. Simanjuntak¹, Tun Sriana²,
Iryanti Fatyasari Nata³

¹ Process Engineering Section, Department Engineering & Development, PT. Kilang Pertamina International, Refinery Unit VI Balongan Jawa Barat

² Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, Jawa Tengah

³ Program Studi Teknik Kimia, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

✉ zakariakun@gmail.com

Adanya kontaminasi *cooling water* pada *sour water* menyebabkan terbentuknya senyawa *chloramine* (NH_2Cl , NHCl_2 , NCl_3) yang menimbulkan masalah di *treated water* ex unit *Sour Water Stripper* (SWS), yaitu peningkatan konsentrasi ammonia yang melebihi ambang batas baku mutu limbah serta penurunan kinerja bakteri unit *effluent water treatment*. Salah satu metode *troubleshooting* untuk meningkatkan kinerja *stripping* kloramina dengan penambahan caustic soda (NaOH) pada kolom SWS. Uji laboratorium dan aplikasi di lapangan telah dilakukan untuk mengetahui efek dari penambahan caustic soda terhadap kualitas *treated water*. Hasil injeksi caustic soda dapat meningkatkan performa *stripping chloramine* sehingga kualitas *treated water* dapat memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan sebagai umpan *Effluent Water Treatment Plant*.

Kata kunci: *Chloramine*, *Sour Water Stripper*, *Water Treatment*

Diajukan: 7 Juni 2021

Direvisi: 17 September 2021

Diterima: 1 Oktober 2021

Dipublikasikan online: 7 Oktober 2021

Pendahuluan

Unit *Sour Water Stripper* (SWS) merupakan unit yang berfungsi untuk membersihkan air sisa proses (*sour water*) dari sisa minyak dan gas-gas yang ada, khususnya gas amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S) sehingga air tersebut memenuhi spesifikasi baku mutu limbah yang kemudian dapat diolah lebih lanjut pada unit *effluent water treatment*. Unit SWS pada *Refinery Unit VI Balongan* memiliki kapasitas total $132.8 \text{ m}^3/\text{jam}$ yang terbagi atas 2 train. SWS Train 1 memiliki kapasitas $67 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan sumber *sour water* berasal dari unit *Crude Distillation Unit*, *Atmospheric Residue Hydro Demetallization*, *Gasoil Hydro treating Unit*, serta *Kerosene Hydro treating Unit*. Sedangkan SWS Train 2 memiliki kapasitas $65.8 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan konsentrasi kandungan H_2S sebesar 50 ppm dan NH_3 sebesar 2000 ppm dimana sumber *sour water* berasal dari unit *Residue Catalytic Cracking Complex* (Gambar 1) (JGC Corporation & Foster Wheeler, 1993).

Gambar 1 adalah skema diagram alir proses di unit SWS Train 2. *Sour water* dari unit RCC Complex akan ditampung terlebih dahulu di tangki 24-T-102, kemudian dialirkan ke *surge drum* 24-V-201. Pompa 24-P-201 akan mengalirkan *feed sour water* ke kolom *stripper* 24-C-201. Temperatur *bottom kolom* di-set dengan mengatur aliran sumber pemanas yaitu *Low Medium Pressure Steam* (LMPS) pada *reboiler* 24-E-203. Temperatur *top* kolom diatur dengan mengatur aliran *refluks* yang melewati *finfan cooler* 24-E-202.

Spesifikasi dari produk unit SWS (*treated water*) adalah kandungan NH_3 maksimal 25 ppm (metode *testing* ASTM D1426) dan H_2S maksimal 10 ppm

(metode *testing* SMS 304). Pada sebuah periode tertentu, terdapat indikasi tidak tercapainya spesifikasi produk *treated water* dari SWS dimana kandungan NH_3 mencapai peak tertinggi hingga $>100 \text{ ppm}$ dengan kondisi operasi system SWS masih di bawah kemampuan desain maksimumnya. Beberapa upaya *troubleshooting* telah dilakukan dengan hasil mengerucut pada dugaan adanya kontaminasi *Cooling Water* pada *Sour Water* ex RCC Complex yang menghasilkan senyawa *chloramine*.

Lenntech.com (1998) menyatakan bahwa *chloramine* terbentuk akibat terjadinya reaksi antara *chlorine* (Cl_2) dan ammonia (NH_3). *Chloramine* adalah *amine* yang memiliki minimal 1 (satu) atom *chlorine* yang berikatan langsung dengan atom Nitrogen (N). *Chloramine* inorganic akan terbentuk ketika *dissolved free chlorine* (HOCl atau OCl^-) dan ammonia bereaksi yang akan membentuk : *monochloramine* (NH_2Cl), *dichloramine* (NHCl_2), dan *trichloramine* (NCl_3)

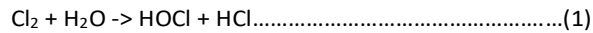
Dalam kenyataan di lapangan yang terjadi pada saat terbentuknya senyawa *chloramine* pada *Sour Water* adalah adanya kontaminasi *cooling water* ke *sour water* yang disebabkan adanya kebocoran *Main Fractionator Column Overhead Trim Condenser* unit RCC (Gambar 2).

RU VI Balongan memiliki *open recirculating cooling water system* dimana dalam normal operasi menggunakan injeksi gas *chlorine* dalam upaya menjaga kandungan *free residual chlorine* (FRC) pada range 0.2-0.5 ppm untuk mengendalikan laju pertumbuhan mikroorganisme, mengingat gas *chlorine* tersebut memiliki sifat desinfektan yang sangat kuat. Gas *chlorine* yang diinjeksi didalam air terhidrolisa dengan sangat cepat dan membentuk *hypochlorite* (HOCl) dan *hydrochloric acid* (HCl)

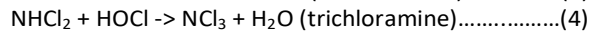
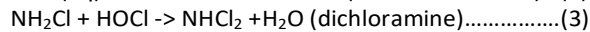
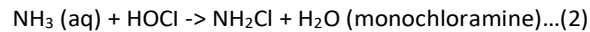
Cara mensitasi artikel ini:

Zakaria, Yanuardi, D., Simanjuntak, J.A., Sriana, T., Nata, I.F. (2021) Penggunaan Injeksi *Caustic Soda* untuk *Troubleshooting* Operasional *Sour Water Stripper* (SWS) dengan Adanya Kontaminasi *Cooling Water* di Industri Pengolahan Minyak Bumi. *Buletin Profesi Insinyur* 4(2) 053-057

sebagaimana reaksi pada Persamaan (1) berikut (<https://www.suezwatertechnologies.com>) :



Jika terjadi kontaminasi *cooling water* pada *sour water*, maka senyawa *chloramine* akan terbentuk sebagaimana reaksi berikut (Dan Askenaizer, 2003) :



Dengan terbentuknya senyawa *cloramine* pada *sour water* SWS Train 2, proses *stripping* NH_3 akan terganggu mengingat senyawa yang bersifat *ionic* dan stabil yang tidak dapat di-*stripping* dalam kolom *stripper* dibandingkan senyawa NH_3 . Adanya *residual chloramine* pada *treated water* SWS, maka akan menimbulkan interferensi pada hasil analisa NH_3 *treated water* terbaca tinggi >25 ppm karena pada

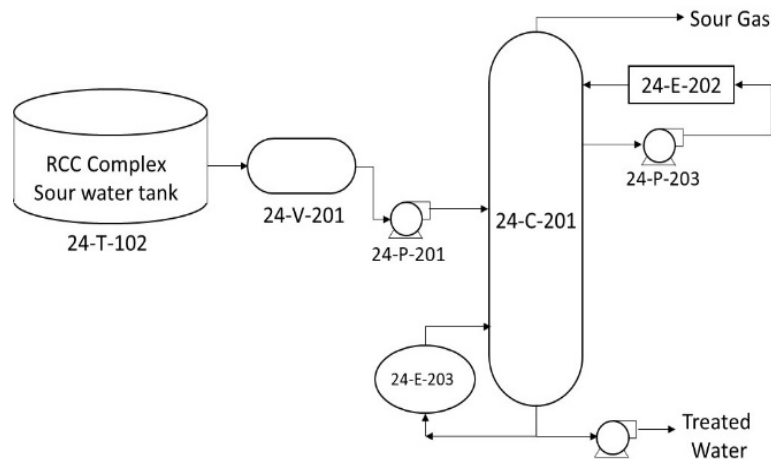
metode ASTM D1426 *chloramine* akan terdeteksi sebagai NH_3 .

Selain adanya inteferensi terhadap analisa NH_3 pada *treated water*, terdapat beberapa hal yang mengharuskan senyawa *chloramine* tidak ada di dalam *treated water* SWS, yaitu:

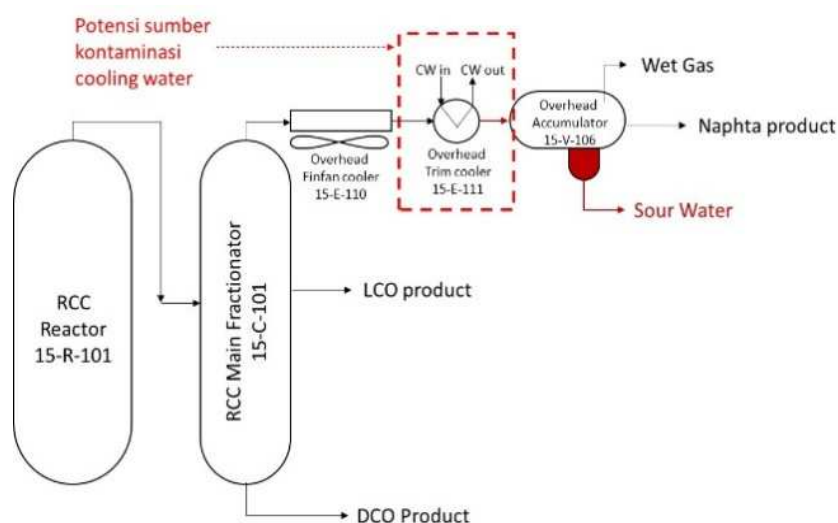
1. *Chloramine* memiliki sifat desinfektan sehingga dapat membunuh bakteri di unit *effluent water facility* (*downstream Sour Water Stripper*) dan menurunkan kinerja unit tersebut.
2. *Chloramine* dalam jumlah tertentu dapat membahayakan keberlangsungan hidup biota air.

Untuk mengatasi adanya kontaminasi senyawa *chloramine* di *Sour Water* ini, diperlukan rekayasa proses operasional dengan melakukan injeksi caustic soda ke dalam kolom SWS.

Untuk menanggulangi kebocoran ini, diperlukan stop unit RCC sehingga dipertimbangkan akan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap kinerja finansial operasional kilang maupun komitmen supply BBM Nasional terutama area DKI Jakarta, Jawa Barat, dan sekitarnya. Oleh karena itu diperlukan



Gambar 1 Skema Diagram Alir Proses Unit SWS Train 2

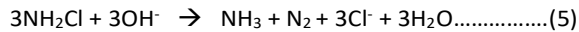


Gambar 2 Potensi Titik Kontaminasi Cooling Water pada Sour Water ex RCC Complex

tindakan yang cukup terukur untuk menanggulangi permasalahan tersebut sehingga Unit RCC dapat terus beroperasi dan kinerja SWS untuk *stripping* H₂S dan NH₃ dapat tetap terjaga optimal.

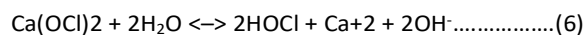
Metode

Pada kondisi basa, *chloramine* akan bereaksi dengan ion hidroksida sesuai persamaan reaksi berikut:



Dengan terkonversinya *chloramine* menjadi ammonia, maka proses *stripping* di kolom *stripper* 24-C-201 diharapkan akan lebih baik dibanding saat masih dalam bentuk *chloramine*.

Sebelum implementasi dilapangan, dilakukan uji coba skala laboratorium untuk proses pembentukan senyawa *chloramine* serta pengaruhnya terhadap proses *stripping* NH₃ dari air secara *batch*. Larutan NH₃ digunakan sebagai blanko, dimana pembentukan *chloramine* dilakukan dengan menggunakan *calcium hypochlorite* (kaporit) yang ditambahkan kedalam larutan NH₃ tersebut. Pemilihan penggunaan kaporit ini secara umum *typical* dengan operasional *cooling water system* yang dipersyaratkan untuk menjaga parameter *Free Residual Chlorine* (FRC) pada range 0.2-0.5 ppm. Didalam air, kaporit akan melepaskan senyawa *hypochlorite* yang merupakan senyawa FRC sebagaimana reaksi berikut ini (smart-fertilizer.com) :



Ion *hypochlorite* yang terbentuk tersebut akan bereaksi dengan NH₃ membentuk *chloramine*. Selanjutnya salah satu sampel larutan NH₃ + kaporit ditambahkan caustic soda (50-100 ppm) sesuai dengan rencana implementasi dilapangan.

Langkah terakhir, seluruh sampel dipanaskan hingga temperature 100 °C selama 15 menit sebagai simulasi proses *stripping* secara *batch* dan kemudian dilakukan analisa kandungan NH₃ didalamnya dan dilakukan evaluasi terhadap hasil simulasi laboratorium.



Gambar 3 Preparasi Sampel Larutan NH₃

Hasil Kerja

Hasil Simulasi Laboratorium

Perlakuan terhadap sampel larutan di laboratorium dihasilkan data yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil analisa sampel Larutan NH₃

Sampel	Perlakuan	Analisa
Blanko Larutan NH ₃	-	61 ppm
Larutan NH ₃ + Kaporit	Dididihkan selama 15 menit	57 ppm
Larutan NH ₃ + Kaporit + Caustic soda	Dididihkan selama 15 menit	22 ppm

Dari tabel di atas terlihat bahwa pada sampel yang tidak diberikan caustic soda, hasil pembacaan NH₃ hanya berkurang sedikit setelah dididihkan sebagai simulasi NH₃ *stripping* yaitu dari 61 ke 57 ppm. Sedangkan pada sampel yang diberikan penambahan caustic soda, hasil pembacaan NH₃ menurun signifikan dari 61 ppm menjadi 22 ppm. Hal ini membuktikan bahwa penambahan caustic soda akan mendegradasi *Chloramine* menjadi bentuk NH₃ yang lebih mudah di *stripping*. Dengan hasil ini, terbukti bahwa caustic soda dapat membantu proses *stripping Chloramine* sehingga layak digunakan untuk aplikasi dilapangan.

Aplikasi Injeksi Caustic Soda di Sour Water Stripper Unit

Sumber ion hidroksida yang paling mudah diperoleh adalah caustic soda (NaOH). Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan injeksi caustic soda pada sistem umpan unit SWS *Refinery Unit* VI Balongan.

Gambar 4 adalah skema jalur injeksi caustic ke unit SWS. Larutan NaOH diinjeksikan langsung ke sistem umpan SWS dengan dosis 50-100 ppm untuk membantu proses *stripping chloramine*.

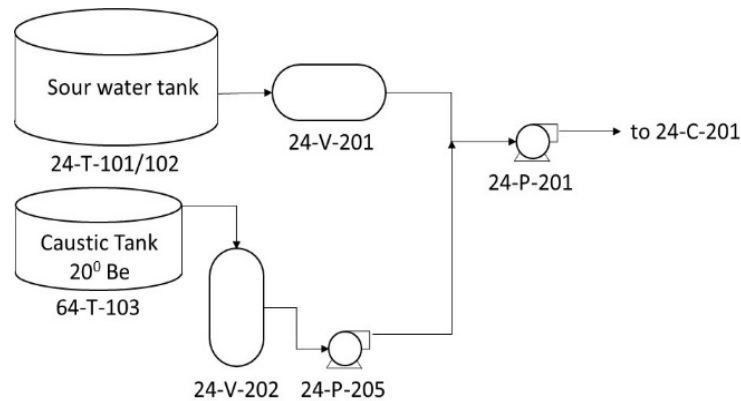
Kualitas Treated Water Pasca Injeksi Caustic Soda

Pasca dilakukan injeksi caustic soda pada sistem umpan unit SWS train 2, terjadi perbaikan kualitas *treated water* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

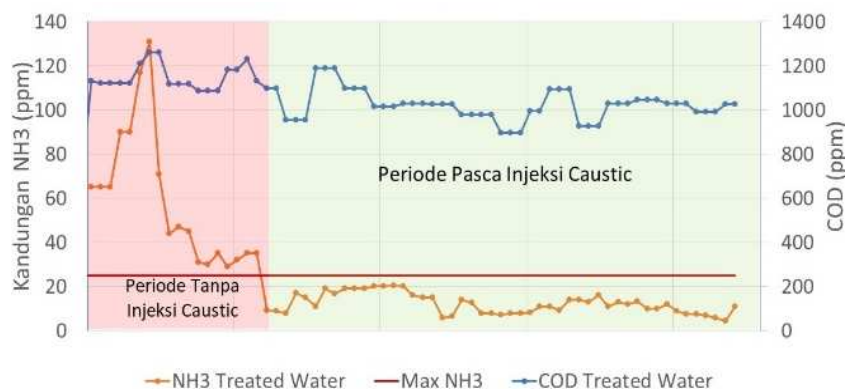
Sebelum dilakukan injeksi caustic soda, NH₃ pada *treated water* terbaca pada rata-rata 58 ppm, melebihi batasan maksimal 25 ppm. Setelah dilakukan injeksi caustic soda, proses *stripping chloramine* menjadi lebih baik dengan rata-rata NH₃ 12,1 ppm.

Catatan operasional yang perlu diperhatikan dalam implementasi adalah adanya potensi kenaikan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *treated water* SWS akibat injeksi caustic soda tersebut sehingga dosis injeksi caustic perlu dimonitor secara ketat sehingga masih dapat diolah di *Effluent Water Treatment* yang menggunakan proses secara *biological* (bakteri). Dari Gambar 5 di atas, dapat diketahui bahwa dengan pengendalian dosis injeksi caustic soda, trending kandungan COD pada *Treated Water* ex SWS tidak mengalami fluktuasi kenaikan.

Selain itu, diperlukan *planning* untuk pelaksanaan *cleaning system* SWS (Kolom dan *Heat Exchanger*) secara periodic sebagai konsekuensi dengan adanya injeksi caustic soda ini akan meningkatkan *scaling tendency* mengingat kontaminasi *cooling water* tidak



Gambar 4 Skema Jalur Injeksi Caustic ke SWS



Gambar 5. Trend Data NH₃ dan COD pada *Treated Water*

hanya memberikan dampak pada terbentuknya *chloramine*, melainkan juga berdampak pada peningkatan kandungan mineral pada *sour water* yang akan membentuk *scaling* pada kondisi temperature dan pH yang tinggi. Namun demikian, proses *cleaning* ini dipertimbangkan tidak akan mengganggu operasional kilang minyak secara keseluruhan, mengingat secara umum *System Sour Water* dilengkapi dengan *buffer tank* yang dapat menampung produksi Sour Water selama periode tertentu, sehingga Unit *Sour Water Stripper* dapat dilakukan *shut down* untuk proses *cleaning* dan perbaikan.

Dengan mempertimbangkan beberapa aspek terkait dengan operasional, bisnis, keuangan, dan pemenuhan kebutuhan BBM nasional Kilang Minyak dari *Refinery Unit VI Balongan*, maka penggunaan caustic soda untuk *troubleshooting* operasional *Sour Water System* dipertimbangkan memberikan dampak yang lebih positif jika dibandingkan dengan melakukan perbaikan pada kebocoran di *Heat Exchanger Trim Condenser* yang mengharuskan *shut down* pada Unit RCC. Program ini dapat dilaksanakan hingga pelaksanaan *maintenance* Unit RCC dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang seharusnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil aplikasi lapangan pada unit SWS *Refinery Unit VI Balongan*, diperoleh kesimpulan bahwa injeksi caustic soda pada sistem umpan *sour water*

terbukti efektif untuk meningkatkan performa *stripping* kloramina sehingga kualitas *treated water* dapat memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan sebagai umpan *Effluent Water Treatment Plant* yaitu kandungan NH₃ rata-rata 12,1 ppm vs maksimal 25 ppm.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami tujuikan kepada seluruh rekan Process Engineering serta Production RU VI Balongan yang telah membantu proses uji coba lapangan. Juga kepada bagian Laboratorium yang telah membantu melakukan analisis kualitas fluida proses selama uji coba berlangsung.

Referensi

- Askenaizer, Dan. 2003. *Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition)*. California: Academic Press.
- ASTM D1428 - Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water. 2008. Pennsylvania: ASTM International.
- Exor I Project - Pedoman Operasi Unit Sour Water Stripper (Unit 24). 1993. Balongan : JGC Corporation & Foster Wheeler.
- Lenntech Company. 1998. "Disinfectants Chloramines", <https://www.lenntech.com/processes/disinfection/c>

- hechemi/disinfectants-chloramines.htm#ixzz6vN3FWZDW, diakses pada 18 Mei 2021 pukul 16.00.
- Smart Fertilizer Company. 2020. "Chlorine Chemicals Used For Water Disinfection", <https://www.smart-fertilizer.com/articles/chlorine/>, diakses pada 18 Mei 2021 pukul 17.00.
- Suez Company. 2021." Handbook of Industrial Water Treatment, Chapter 27 - Chlorine And Chlorine Alternatives", <https://www.suezwatertechnologies.com/handbook/hahandbo-industrial-water-treatment>, diakses pada 18 Mei 2021 pukul 19.00.