

Evaluasi Benefit Penggantian *Chemical Amine* N1800 menjadi N1805

Wahyu Widiyantara¹, Muhammad Kurniawan Adiputra¹, Eka Wijayanto¹, dan Lisendra Marbelia^{2*}

¹PT. Kaltim Methanol Industri, Komplek Kaltim Industrial Estate, Bontang, Kalimantan Timur

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Corresponding author: lisendra.m@ugm.ac.id

(Submisi: 01-09-2021; Revisi: 26-09-2021; Penerimaan: 11-10-2021)

ABSTRACT

Continuous improvement on equipment and/or processes to achieve better efficiency and environmental sustainability is compulsory for chemical industries. In order to support this, PT. KMI performed a process modification by replacing neutralizing amine used in the boiler feed water system. This amine replacement was done in mid 2017, from amine N1800 to N1805. Amine and water consumption data on 2015-2020 was used as evaluation basis. Emission estimation was also performed by calculating water for dissolution, drum for storage and transportation from vendors to PT. KMI. From the calculation, it can be concluded that amine replacement from N1800 to N1805 gave some benefits, i.e., (1) to decrease the cost for amine consumption, (2) to decrease the water consumption for its dissolution and reduce water pollution and (3) to decrease the emission. Big portion of the emission decrease came from the chemical container and transportation, while emission from water is not significant.

Keywords: amine, emission, water, BFW

ABSTRAK

Inovasi berkelanjutan pada alat dan atau proses di dalam industri kimia untuk mencapai efisiensi dan industri yang ramah lingkungan wajib dilakukan. Dalam mendukung hal ini PT. KMI melakukan modifikasi proses dengan mengganti bahan *neutralizing amine* yang digunakan pada sistem *boiler feed water*. Penggantian *amine* dilakukan pada pertengahan tahun 2017, dari *amine* N1800 menjadi N1805. Data konsumsi *amine* dan air pelarut tahun 2015-2020 digunakan sebagai dasar evaluasi. Estimasi jumlah emisi juga dilakukan dengan menghitung kebutuhan air pelarut, drum kontainer bahan *amine* dan juga transportasi bahan dari produsen ke PT. KMI. Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa penggantian bahan *amine* dari N1800 ke N1805 memberikan benefit yang baik, yaitu: (1) menurunkan biaya tahunan untuk konsumsi *amine*, (2) menurunkan kebutuhan air pelarut dan beban pencemar air dan (3) menurunkan emisi secara signifikan. Penurunan emisi sebagian besar berasal dari

penghematan penggunaan drum kontainer dan transportasi, sedangkan dari penurunan penggunaan air kurang signifikan.

Kata kunci: *amine*, emisi, air, BFW

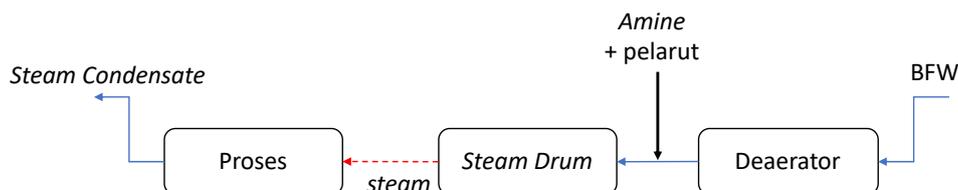
1. Pendahuluan

Industri methanol merupakan salah satu industri kimia penting yang produknya digunakan dalam berbagai aplikasi (Dalena et al., 2018). Sebagai salah satu industri kimia penting, industri methanol juga dituntut untuk selalu melakukan perbaikan untuk menjadi industri yang lebih ramah lingkungan. Salah satu isu yang menjadi perhatian adalah untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Tercatat pada tahun 2018 emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor proses industri dan penggunaan produk meningkat dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, sebanyak 59.214 Gg CO₂ (Laporan GRK-MPV, 2019).

PT. Kaltim Methanol Industri (KMI) merupakan industri methanol di Indonesia yang memiliki kepedulian tinggi terhadap lingkungan. Berbagai perbaikan proses dilakukan PT. KMI untuk dapat melakukan efisiensi sumber daya, menurunkan jumlah emisi dan limbah ke lingkungan. Modifikasi alat dan juga bahan dilakukan sehingga dapat menurunkan emisi gas rumah kaca dan juga limbah padat (Arthapersada et al., 2020; Dewanatan et al., 2020). Pada tahun ini, PT.

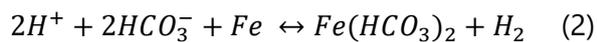
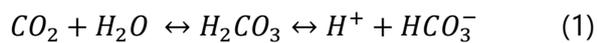
KMI melakukan evaluasi terhadap satu program inovasi yang sudah dilakukan PT. KMI pada sistem kondensat dari *steam* (*steam condensate*).

Salah satu bagian penting dalam industri, dan juga PT. KMI, adalah sistem kondensat, yaitu pada penggunaan air sebagai *boiler feed water* (BFW) untuk menghasilkan *steam* penggerak kompresor dan generator listrik. Sebagian besar *steam* yang digunakan akan mengkondensasi menjadi *steam condensate*. Karakteristik *steam condensate* pada pH 6,5 – 7 sangat korosif terhadap kebanyakan metal, terlebih lagi jika sampai drop pH dibawah 6,5. Jika terdapat sedikit kontaminan saja pada steam dan terikut pada kondensat dapat menurunkan pH dan meningkatkan laju korosi pada kebanyakan bahan metal besi dan juga metal non besi (The Nalco Water Handbook, 2018). Kontaminan utama yang dapat menyebabkan meningkatnya laju korosi pada jalur aliran kondensat adalah gas yang terikut pada badan *steam* dari *boiler*. Gas – gas ini terlarut pada kondensat dan membentuk larutan yang dapat mengkorosi metal, contohnya adalah oksigen dan karbon dioksida.

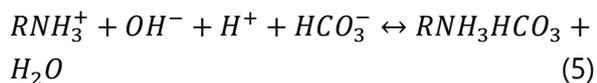
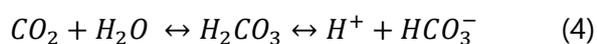
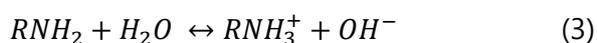


Gambar 1. Skema sistem BFW dengan penambahan *amine*

Pada *steam condensate* jika ada CO₂ yang terikut akan bereaksi dengan air menghasilkan asam karbonat dan selanjutnya terionisasi menghasilkan ion H⁺ dan ion HCO₃⁻ sesuai persamaan (1). Selanjutnya besi pada peralatan akan terkorosi dengan mengikuti reaksi pada persamaan (2).



Gambar 1 menunjukkan diagram blok BFW dan *condensate system*. Untuk mengantisipasi adanya CO₂ yang terikut pada *steam*, maka ditambahkan bahan kimia *amine* sebelum BFW diumpankan menuju *boiler*, yaitu setelah keluar dari deaerator. Fungsi dari penambahan *amine* (RNH₂) adalah bereaksi dengan ion bicarbonate untuk membentuk senyawa garam, sehingga ion bicarbonate tidak bereaksi dengan besi. Persamaan reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan (3)-(5). Dengan penambahan bahan kimia *amine*, pH *condensate steam* terjaga pada range 8,8 – 9,2, sehingga korosi alat (utamanya dengan material *copper alloy*) dapat dihindari (The Nalco Water Handbook, 2018).



Di PT. KMI, sebelum pertengahan tahun 2017, *amine* yang digunakan adalah produk Ecolab N1800. Sedangkan setelah pertengahan tahun 2017, *amine* yang digunakan adalah N1805. Perbedaan mendasar dari kedua produk *amine* ini adalah

konsentrasinya yang berbeda. Pada studi ini, evaluasi benefit yang diperoleh akan dihitung dan dianalisis secara komprehensif. Penghematan biaya dan juga pengurangan emisi gas rumah kaca secara tidak langsung dihitung untuk mengevaluasi kemanfaatan dari program ini.

2. Metode Penelitian

Studi evaluasi dilakukan dengan menggunakan data konsumsi *amine* N1800 tahun 2015 hingga pertengahan tahun 2017 dan *amine* N1805 pada pertengahan tahun 2017 hingga 2020. Penggunaan *amine*, kontainer, dan transportasi yang dipakai untuk penyimpanan dan *delivery amine* dari produsen menuju ke PT. KMI diperhitungkan untuk mengevaluasi keuntungan dan kemanfaatannya dalam menurunkan gas emisi rumah kaca.

2.1 Bahan

Tabel 1 menunjukkan kedua bahan kimia *amine* yang digunakan, yaitu N1800 (sebelum pertengahan 2017) dan N1805 (pertengahan 2017 hingga saat ini).

Tabel 1. Konsentrasi Zat Aktif pada N1800 dan N1805

Zat Aktif	Konsentrasi % w/w			
	N1800		N1805	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Etanolamin	10	30	30	60
3-metoksipropilamin	10	30	30	60
Sikloheksilamin	5	10	10	30

Tabel 2 menunjukkan konsumsi *amine* dari tahun 2015 hingga 2020, dalam satuan kg. Satu drum *amine* berisi 25 kg, dimana data ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya untuk biaya dan emisi.

Tabel 2. Konsumsi Amine per Tahun

Tahun	Konsumsi Amine per tahun, kg		Konsumsi Amine per tahun, drum*
	N1800	N1805	
2015	9.808	-	399
2016	12.061	-	489
2017	5.482	3.717	373
2018	-	4.919	203
2019	-	5.142	212
2020	-	6.535	267

*1 drum = 25 kg

2.2 Perhitungan

Dari perbandingan konsentrasi zat aktif yang tercantum pada Tabel 1, terdapat beberapa benefit yang diperoleh dengan meninjau beberapa aspek, yaitu (1) biaya tahunan yang dikeluarkan dan (2) perbandingan emisi yang ditimbulkan dari proses *blending* dan *delivery*.

Untuk perhitungan emisi yang ditimbulkan dijelaskan sebagai berikut:

a. *Amine* yang digunakan perlu dilarutkan dengan air. Jumlah air yang berbeda akan menghasilkan emisi yang berbeda pula.

Dalam perhitungan, untuk pembuatan *deionized water* diambil nilai 0,001 kg-eq CO₂/kg berdasarkan referensi (ISCC_205_GHG_Emissions_3.0, 2016).

- b. *Amine* yang digunakan ditransportasikan dan disimpan menggunakan drum yang terbuat dari *high density polyethylene* (HDPE). Jumlah kebutuhan *amine* yang berbeda berarti jumlah drum yang dipakai juga berbeda. Dalam perhitungan digunakan data 1 drum = 2 kg HDPE, dan emisi proses pembuatan HDPE adalah 1,93 kg-eq CO₂/kg
- c. *Amine* yang digunakan di PT. KMI perlu ditransportasikan dari *warehouse vendor*. Perhitungan menggunakan referensi dari laman LIPASTO yang merupakan sistem kalkulasi emisi transportasi dan penggunaan energi yang dikembangkan oleh perusahaan VVT di Finlandia (<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/indexe.htm>). Tabel 3 menunjukkan langkah-langkah perhitungan yang dilakukan.

Tabel 3. Perhitungan emisi *delivery* bahan *amine*

Keterangan	Transportasi Darat	Transportasi Laut
Detail Jarak	Citireup-Tanjung Priok = 47 km Balikpapan – Bontang (<i>Plant Site</i>) = 247 km	Pelabuhan Tanjung Priok (Jakarta) – Pelabuhan Semayang (Balikpapan) = 900 Nautical Mile
Total Jarak	284 km (darat)	1641 km (darat)
Referensi Emisi	605 g-eq CO ₂ /km	122 g-eq CO ₂ /ton/km
Emisi Total Terhitung	605 g-eq CO ₂ /km x 284 km = 171.820 g-eq CO ₂ = 171,82 kg-eq CO ₂	122 g-eq CO ₂ /ton/km x 333 pail x 27 kg/pail /1000 kg/ton x 1641 km = 1.800.016 g-eq CO ₂ = 1.800,016 kg-eq CO ₂
Emisi Per Drum	(171,82/333)kg-eq CO ₂ /drum = 0,516 kg-eq CO ₂ /drum	(1.800,016/333) kg-eq CO ₂ /drum = 5,405 kg-eq CO ₂ /drum
Emisi total darat + laut Per Drum	= (0,516 + 5,405) kg-eq CO ₂ /drum = 5,921 kg-eq CO ₂ /drum	

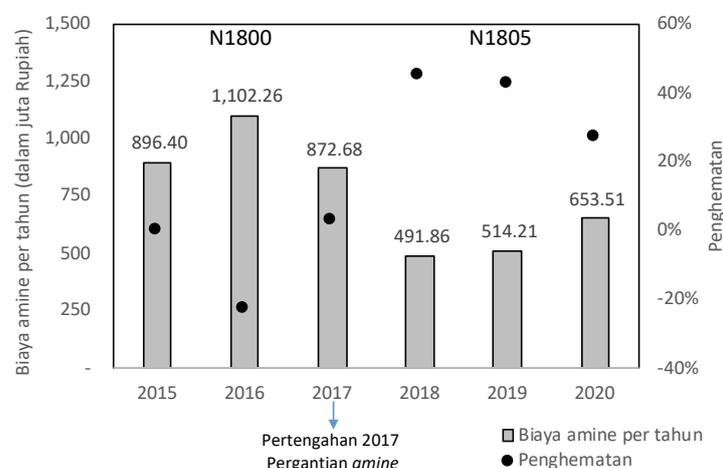
Sebagai basis perhitungan untuk transportasi darat diasumsikan menggunakan moda transportasi truk berat dengan maksimal muatan 9.000 kg dengan standar emisi EURO IV. Sedangkan untuk moda transportasi laut diasumsikan menggunakan kapal Ro-Ro. Jika diasumsikan muatan truk penuh sebesar 9.000 kg dibagi dengan massa 1 pail chemical 27 kg/drum (25 kg massa nett bahan kimia ditambah 2 kg massa drum), sehingga dalam sekali angkut dapat memuat 333 drum bahan *amine*.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data konsumsi *amine* pada Tabel 2, terdapat penurunan jumlah *amine* yang digunakan di dalam proses. Biaya tahunan yang diperlukan untuk bahan *amine* pada *condensate system* ini menurun secara signifikan dengan penggantian *amine* N1800 menjadi N1805, seperti dapat dilihat pada Gambar 2. Biaya dengan N1800 di 2015-2017 mencapai Rp. 872-1102 juta, sedangkan dengan N1805 dapat turun hingga Rp 490-650 jutaan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penggantian bahan kimia ini memberikan penghematan kurang lebih Rp. 400 jutaan, berkisar di 30-40%.

Evaluasi emisi dihitung berdasarkan tiga aspek, seperti dijelaskan pada bagian 2.2, yaitu emisi dari penggunaan air sebagai pelarut, emisi pembuatan drum HDPE yang digunakan sebagai kontainer *amine*, dan emisi transportasi *amine* dari *warehouse vendor* ke PT. KMI. Data perhitungan emisi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

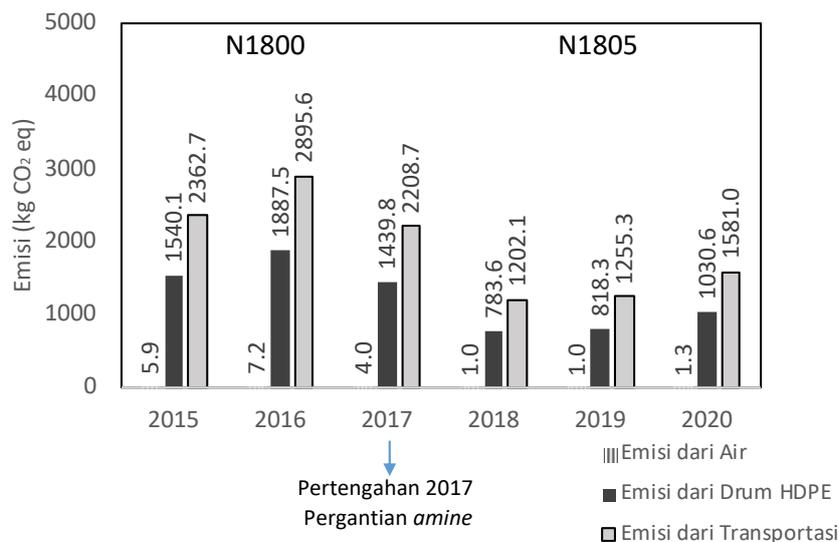
Dari Tabel 4 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa penggantian *amine* N1800 menjadi *amine* N1805 pada pertengahan tahun 2017 secara signifikan menurunkan jumlah emisi yang terhitung, terutama dari aspek penggunaan drum HDPE dan transportasi. Emisi tertinggi dari penggunaan transportasi mencapai 2895 kg-CO₂ eq pada tahun 2016 dengan bahan kimia *amine* N1800. Emisi dapat diturunkan dan mencapai nilai terendah pada emisi transportasi mencapai 1202 kg-CO₂ eq pada tahun 2018. Sedangkan emisi dari penggunaan air sebagai pelarut *amine* nilainya jauh lebih rendah dibandingkan emisi transportasi dan drum HDPE. Namun, perlu disebutkan juga bahwa penggantian bahan *amine* tidak hanya menurunkan penggunaan air, tetapi juga menurunkan beban pencemar air karena penggunaan bahan kimia yang lebih sedikit.



Gambar 2. Biaya *amine* per tahun dan penghematannya

Tabel 4. Hasil perhitungan emisi dari *blending* dan *delivery*

Tahun	Emisi dari Air (kg-CO ₂ eq)	Emisi dari Drum HDPE (kg-CO ₂ eq)	Emisi dari Transportasi (kg-CO ₂ eq)	Emisi Total (kg-CO ₂ eq)
2015	5.895	1540.140	2362.651	3908.686
2016	7.245	1887.540	2895.579	4790.364
2017	4.045	1439.780	2208.693	3652.518
2018	0.985	783.580	1202.050	1986.615
2019	1.030	818.320	1255.343	2074.693
2020	1.310	1030.620	1581.022	2612.952

Gambar 3. Emisi dari *blending* dan *delivery*

4. Kesimpulan

Modifikasi proses pada *condensate system* dengan menggantikan bahan *amine* N1800 menjadi N1805 pada pertengahan 2017, yang diberikan pada BFW yang keluar dari deaerator, secara signifikan memberikan keuntungan kepada PT. KMI. Yang pertama, secara langsung biaya yang digunakan untuk membeli bahan kimia *amine* menjadi lebih rendah. Biaya per tahun yang dapat mencapai Rp 1100 juta, dapat ditekan hingga mencapai kurang lebih Rp 490 juta. Dari angka ini, didapatkan nilai penghematan sebesar lebih dari 40%. Yang kedua, secara tidak langsung penggantian *amine* membantu PT. KMI untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Jika

dihitung dalam kg-CO₂ eq, maka nilai emisi secara signifikan turun melalui aspek penghematan penggunaan drum bahan kimia dan juga transportasi *delivery*. Di lain pihak, emisi melalui penghematan air kurang signifikan, karena nilainya rendah.

Ucapan Terima kasih

Studi ini dilakukan berdasarkan kerjasama kontrak PT. KMI dengan UGM.

Daftar Pustaka

Arthapersada, R.I., Adiputra, M.K., Hakim, I.P., Putro, I.K., Zainuddin, A.P., Marbelia, L. and Yuliansyah, A.T., 2020, Optimasi Biaya

- dalam Proses Pemurnian Metanol untuk Mengurangi Resin sebagai Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun di PT Kaltim Methanol Industri, *J. Rekayasa Proses*, 14 (2), 148.
- Dalena, F., Senatore, A., Marino, A., Gordano, A., Basile, M. and Basile, A., 2018, Methanol Production and Applications: An Overview, *Methanol Sci. Eng.*, Elsevier B.V., available at:<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63903-5.00001-7>.
- Dewanatan, W.W., Adiputra, M.K., Putro, I.K., Hartanto, S., Kristanto, J. and Azis, M.M., 2020, The influence of carbon tax on the feasibility of industrial project: A case study of heat exchanger replacement at pt kaltim methanol industri, indonesia, *ASEAN J. Chem. Eng.*, 20 (2), 196–204.
- ISCC 205 Greenhouse Gas Emissions Version 3.0, International Sustainability & Carbon Certification, 2016
- Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Moniroting, Pelaporan, Verifikasi (MPV) 2019, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Direktorat Inventarisasi GRK dan MPV.
- The Nalco Water Handbook 4th Edition, McGraw Hill Education, Daniel J. Flynn, 2018. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/indexe.htm>. (diakses pada bulan Januari 2021).
-