

PENENTUAN NILAI AMINE STRENGTH DAN H₂S LOADING SERTA HUBUNGANNYA DENGAN pH SAMPEL LEAN AMINE DI LABORATORIUM PT. SIPL

Rifaldi Lutfi Fahmi¹, Is Fatimah¹, Asep Abdurahman²

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta

²Departemen Laboratorium PT. SIPL
Gresik

ABSTRAK

Bahan bakar merupakan hal esensial dalam kehidupan manusia, salah satunya adalah gas alam. Gas alam banyak digunakan di berbagai sektor seperti industri, transportasi, dan rumah tangga. Gas alam diperoleh dari proses pengeboran minyak bumi. Gas alam yang diperoleh masih mengandung gas-gas seperti karbondioksida (CO₂) dan hidrogen sulfida (H₂S) yang perlu dihilangkan karena dapat menyebabkan korosi pipa bahkan memicu terjadinya ledakan. Hasil pembakarannya pun berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai *amine strength* dan H₂S *loading* serta hubungannya dengan pH sampel *lean amine*. Analisis nilai *amine strength* dan H₂S *loading* dilakukan terhadap sampel *lean amine*, yaitu sampel yang berasal dari *amine regenerator* system di PT. SIPL. Penentuan nilai *amine strength* dilakukan dengan titrasi asidimetri dengan larutan HCl 0,5 N sebagai titran menggunakan autotitrator. Penentuan nilai H₂S *loading* dilakukan dengan titrasi iodometri menggunakan larutan standar Na₂S₂O₃ 0,1 N. Nilai *amine strength* yang diperoleh dari hasil analisis selama 7 hari adalah 33,620%; 34,295%; 34,725%; 35,139%; 35,583%; 36,464% dan 36,683%. Nilai H₂S *loading* yang diperoleh dari hasil analisis selama 7 hari yaitu, 0,0587; 0,0376; 0,0372; 0,0500; 0,0356; 0,0367 dan 0,0359 mol/mol. Semakin tinggi nilai pH sampel semakin rendah nilai H₂S *loading*. Nilai H₂S *loading* yang diperoleh masih dalam batas aman yang ditentukan oleh US EPA yaitu 16 ppm.

Kata kunci: lean amine, amine strength, H₂S loading, MDEA

ABSTRACT

Fuel is essential for human life, one of them is natural gas. Natural gas is widely used in many sectors such as industry, transportation and household. Natural gas is obtained from crude oil drilling process. This natural gas still contains some sour gases such as carbon dioxide (CO₂) and hydrogen sulfide (H₂S), which needs to be removed because these gases can corrode the pipeline and cause explosion. Moreover, its combustion products is dangerous for human and environment. Thus, the aim of this research is to determine amine strength and H₂S loading value and its correlation to pH value of sample. The analysis was conducted for lean amine sample, the output of amine regeneration system at PT SIPL. Determination of amine strength value was based on acidimetric titration with HCl 0.5 N as standard solution using autotitrator. Determination of H₂S loading value was conducted by iodometric titration using Na₂S₂O₃ 0.1 N as standard solution. Amine strength values obtained form 7 days of analysis are 33.620%; 34.295%; 34.725%; 35.139%; 35.583%; 36.464% and 36.683% respectively. Whereas, H₂S loading values obtained form 7 days of analysis are 0.0587; 0.0376; 0.0372; 0.0500; 0.0356; 0.0367 and 0.0359 mole/mole respectively. The higher pH value of sample, the lower H₂S loading value. The value of H₂S loading obtained from analysis still meets the US EPA specification that is less than 16 ppm.

Keywords: lean amine, amine strength, H₂S loading, MDEA

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar merupakan hal esensial dalam kehidupan manusia karena keberadaannya dibutuhkan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu jenis bahan bakar yang banyak digunakan adalah gas alam dan *liquified petroleum gas* (LPG). Menurut data dari Kementerian ESDM (2017), konsumsi LPG mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2012, konsumsi LPG sebesar 5.079.000 M.Ton dan terus meningkat hingga pada tahun 2016 konsumsi mencapai 6.642.633 M.Ton. Oleh sebab itu, eksplorasi gas menjadi kegiatan yang sangat penting untuk mencukupi kebutuhan dan menunjang ketersediaan energi bagi manusia.

Gas alam merupakan bahan bakar yang diperoleh dari proses pengeboran perut bumi. Gas yang diperoleh masih banyak mengandung kontaminan sehingga diperlukan proses pengolahan lebih lanjut (Asip dan Okta, 2013). Hal ini dilakukan agar gas tersebut memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan (Tabel 1). Beberapa kontaminan yang terdapat dalam gas alam antara lain karbondioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S). Scholes dkk. (2012) menyatakan bahwa kedua gas tersebut perlu dihilangkan karena memiliki dampak yang merugikan, antara lain menjadi penyebab korosi pada pipa-pipa proses, dapat menyebabkan ledakan dan hasil pembakaran dari H_2S menghasilkan senyawa sulfur oksida yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Proses untuk menghilangkan gas asam disebut dengan "*sweetening process*", proses ini bertujuan untuk menurunkan kandungan gas asam, terutama H_2S sampai konsentrasi dibawah 0,25 grain/100 scf atau sekitar 4 ppm (Rahimpour dkk., 2013). Salah satu proses yang dapat digunakan yaitu absorpsi menggunakan larutan amina yang disebut dengan proses alkanolamina (Mokhatab et al, 2015). Hidrogen sulfida akan membentuk ikatan lemah dengan basa yang dapat diregenerasi dengan mudah. Gas yang mengandung gas asam akan dikontakkan dengan larutan amina dalam suatu kolom dan akan terjadi absorpsi gas H_2S oleh larutan amina

tersebut. Gas yang mengalir keluar kolom telah bebas dari senyawa sulfur dan larutan amina yang telah jenuh dengan gas asam dapat diregenerasi untuk digunakan kembali (Bahadori, 2014).

Larutan amina yang akan digunakan kembali harus memiliki beberapa karakteristik. Larutan amina hasil regenerasi harus memiliki konsentrasi atau *strength* berkisar antara 35-50%. Hal ini bertujuan agar gas pengotor H_2S dapat berikatan kuat sehingga mudah terabsorpsi. Selain itu, karakteristik lain yang menjadi acuan adalah nilai pH dari sampel *lean amine*. Semakin tinggi nilai pH menandakan semakin kecil konsentrasi H_2S dalam larutan amina hasil regenerasi. Hal ini karena tujuan proses regenerasi adalah menghilangkan gas H_2S hingga konsentrasinya seminimum mungkin. Konsentrasi H_2S dalam larutan amina disebut dengan H_2S *loading* (Shang, dkk., 2019).

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan konsentrasi atau *strength lean amine* untuk absorpsi H_2S pada sistem amina, menentukan nilai H_2S *loading* pada sampel *lean amine* serta hubungannya dengan pH sampel *lean amine*.

Tabel 1. Spesifikasi Gas Alam (Scholes dkk., 2012)

Komponen	Spesifikasi
CO_2	<2 mol
H_2O	<120 ppm
H_2S	<4 ppm
Hidrokarbon (CH_3^+)	950-1050 Btu/scf
Gas-gas inert	<4 mol%

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan di Departemen Laboratorium PT. SIPL. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini mencakup alat-alat gelas laboratorium, neraca analitik *Ohaus*, *Metler Toledo pH meter*, *Corning PC-420D Hotplate*, *Metrohm 728 Stirrer*, *Metrohm 798 MPT Titrimo Autotitrator*. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah sampel *lean amine* (dari *amine regenerator system*), asam klorida (HCl) 37%, *tris-(hydroxymethyl)-aminomethane*, larutan iodium (I_2) 0,1 N, natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), kalium iodida (KI),

kalium iodat (KIO₃), larutan asam sulfat (H₂SO₄) 3M, indikator kanji 1%, dan air demineralisasi.

2.2 Penentuan Amine Strength

Nilai *amine strength* ditentukan dengan titrasi. Titrasi dilakukan menggunakan Metrohm 798 MPT Titrimo Autotitrator dengan larutan HCl 0,5 N sebagai larutan standar. Ditimbang sampel *lean amine* sebanyak 2 gram ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan ± 60 mL air demineralisasi. Dimasukkan *magnetic stirrer* dan elektroda ke dalam gelas beker berisi sampel kemudian ditekan tombol "start", lalu dimasukkan berat sampel dan setelah itu ditekan tombol "enter".

2.3 Penentuan H₂S Loading

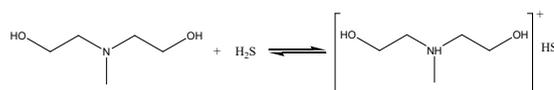
Sebanyak 5 gram sampel *lean amine* ditimbang ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 25 mL larutan I₂ 0,1 N dan 25 mL larutan HCl 1:1 lalu dihomogenkan. Setelah itu ditambahkan 1 mL indikator kanji 1% dan dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N sampai warna biru hilang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gas alam merupakan bahan bakar yang banyak digunakan dalam berbagai sektor diantaranya lain komersial, rumah tangga, transportasi dan industri, sehingga gas alam berperan penting dalam penyediaan energi. Gas alam yang digunakan diperoleh dari sumur pengeboran minyak bumi, dan seringkali masih mengandung kontaminan. Kontaminan yang terkandung antara lain karbon dioksida (CO₂), hidrogen sulfida (H₂S) serta kontaminan-kontaminan sulfur lain seperti merkaptan (RSH), karbonil sulfida (COS), dan karbon disulfida (CS₂). Gas-gas tersebut dapat menimbulkan kerusakan pada pipa-pipa proses terutama H₂S. Oleh karena itu keberadaannya harus dihilangkan (Abdulrahman dan Sebastine, 2013).

Gas yang mengandung H₂S dalam jumlah tinggi disebut *sour gas* dan untuk menghilangkannya digunakan suatu proses yang dinamakan *gas sweetening process*. Salah satu metode yang digunakan dalam *gas sweetening process* adalah proses alkanolamina. Proses ini merupakan *gas sweetening*

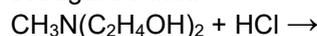
process yang menggunakan prinsip absorpsi dimana digunakan larutan amina untuk menghilangkan H₂S. Pada penelitian kali ini digunakan larutan MDEA (*methyldiethanolamine*) karena memiliki beberapa kelebihan. Menurut Borhani dkk. (2016), MDEA bereaksi sangat lambat dengan CO₂ sehingga dapat dengan selektif menghilangkan H₂S. Selain itu, MDEA memiliki tekanan uap yang rendah sehingga kecil kemungkinan kehilangan larutan selama proses *sweetening*. MDEA juga tidak membutuhkan banyak energi untuk regenerasi, sifat korosif yang rendah, dan tahan terhadap degradasi. Oleh karena itu, MDEA dipilih sebagai pelarut untuk menghilangkan H₂S dalam gas alam. Reaksi antara MDEA dengan H₂S pada proses *gas sweetening* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi MDEA dengan H₂S

Gas alam yang masih mengandung H₂S akan dikontakkan dengan MDEA dalam suatu kontaktor sehingga akan terjadi reaksi. Larutan MDEA bertindak sebagai basa Lewis yang menyediakan pasangan elektron bebas. Pasangan elektron bebas ini akan digunakan oleh MDEA untuk berikatan dengan H₂S membentuk ikatan koordinasi yang lemah. Ikatan koordinasi ini akan menghasilkan garam amina yaitu *methyldiethanolamine sulphide*, yang mana garam amina yang dihasilkan bersifat dapat diregenerasi melalui pemanasan (Qiu dkk., 2014). Proses regenerasi akan menghasilkan gas alam yang bebas dari kontaminan dan larutan amina atau biasa disebut dengan *lean amine*.

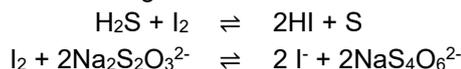
Lean amine hasil regenerasi kemudian ditentukan nilai *amine strength* dan H₂S loading. Nilai *amine strength* ditentukan menggunakan metode titrimetri dengan larutan HCl 0,5 N sebagai titran dan menggunakan *autotitrator*. Prinsip dari penentuannya adalah titrasi asidimetri yaitu reaksi antara asam dengan basa. Reaksinya adalah sebagai berikut:





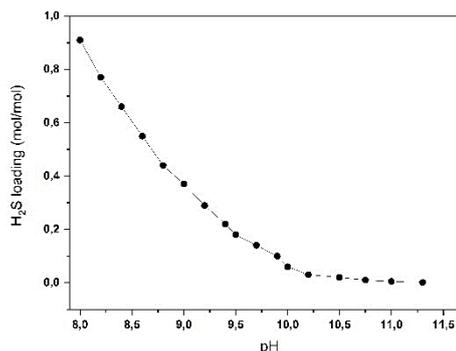
Lean amine yang bersifat basa akan bereaksi dengan larutan HCl yang bersifat asam sehingga akan dihasilkan larutan netral sebagai titik akhir titrasi. Nilai *amine strength* yang diperoleh dari hasil analisis selama 7 hari adalah 33,620%; 34,295%; 34,725%; 35,139%; 35,583%; 36,464% dan 36,683%.

Analisis yang dilakukan selanjutnya adalah penentuan H_2S loading dari sampel *lean amine* menggunakan titrasi iodometri. Metode yang digunakan merupakan metode tidak langsung karena H_2S akan bereaksi dengan iodin berlebih dalam suasana asam. Iodin yang tersisa dari reaksi tersebut akan dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Jumlah mol H_2S yang terdapat dalam larutan amina dapat dihitung berdasarkan mol total iodin dikurangi dengan mol iodin yang digunakan untuk bereaksi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Penambahan larutan HCl bertujuan untuk memberikan suasana asam karena reaksi berjalan lebih cepat dalam suasana asam. Nilai H_2S loading yang diperoleh dari hasil analisis selama 7 hari yaitu, 0,0587; 0,0376; 0,0372; 0,0500; 0,0356; 0,0367 dan 0,0359 mol/mol. Hasil analisis H_2S loading kemudian dihubungkan dengan pH sampel *lean amine* yang dianalisis. Grafik hubungan antara pH sampel dengan H_2S loading ditampilkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai H_2S loading semakin menurun seiring dengan meningkatnya pH sampel. Hal ini berarti bahwa semakin basa larutan sampel, H_2S yang terkandung semakin kecil. Hal ini semakin baik karena larutan amina akan semakin kuat untuk kembali mengabsorpsi H_2S pada proses *sweetening gas*.



Gambar 2. Grafik pH vs H_2S loading

Nilai H_2S loading hasil analisis kemudian dibandingkan dengan nilai literatur dan hasilnya masuk dalam rentang yang sesuai. Nilai H_2S loading menurut literatur dalam rentang pH 10,0–10,5 berkisar antara 0,06–0,02 mol/mol. Nilai H_2S loading hasil analisis pada rentang pH 10,13–10,25 yaitu antara 0,03–0,05 mol/mol. Artinya, nilai hasil analisis sesuai dengan nilai literatur.

Selanjutnya membandingkan nilai H_2S loading berdasarkan *amine strength* dengan nilai literatur. Ketika konsentrasi MDEA (*amine strength*) berkisar antara 35–36%, nilai H_2S loading berkisar antara 0,03–0,05 mol/mol. Menurut literatur, ketika konsentrasi MDEA antara 35–50%, nilai H_2S loading berkisar antara 0,004 – 0,01. Terdapat perbedaan antara nilai hasil analisis dengan nilai literatur, tetapi perbedaannya tidak terlalu signifikan yaitu sebesar sepersepuluh dari nilai literatur.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan di PT. SIPL, diperoleh bahwa nilai H_2S loading berkisar antara 0,003–0,006 ppm. Kadar H_2S maksimal yang ditetapkan oleh US EPA (2016) adalah 16 ppm. Hal ini berarti kadar H_2S dalam produk gas di PT. SIPL masih berada dalam batas aman yang ditentukan.

4. KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan di laboratorium PT. SIPL terhadap sampel *lean amine* yang diperoleh dari *amine regenerator system* dapat disimpulkan bahwa konsentrasi atau *strength lean amine* selama 7 hari berturut-turut yaitu 33,620%, 34,295%, 34,725%, 35,139%, 35,583%, 36,464%, dan 36,683%.

Kemudian Nilai H_2S loading pada sampel lean amine selama 7 hari berturut-turut yaitu 0,058; 0,0376; 0,0372; 0,0500; 0,0356; 0,0367 dan 0,0359 mol/mol. Nilai pH sampel lean amine berkisar antara 10-10,2 dan semakin tinggi nilai pH, semakin rendah nilai H_2S loading sehingga larutan amia hasil regenerasi dapat digunakan kembali untuk mengabsorbsi H_2S .

5. SARAN

Diperlukan studi lebih lanjut dan analisis pembandingan dengan laboratoium uji yang independen sehingga dapat diketahui secara pasti nilai H_2S loading sampel. Selain itu, diperlukan metode analisis lain karena ketika menggunakan larutan standar $Na_2S_2O_3$ dapat terbentuk HSS (*Heat Stable Salts*) yang mem-berikan kesalahan selama tirasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian ESDM, 2017, *STATISTIK Minyak dan Gas Bumi 2016*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
2. Asip, F. dan Okta, T., 2013, Adsorpsi H_2S pada Gas Alam Menggunakan Membran Keramik dengan Metode Titrasi Iodometri, *Jurnal Teknik Kimia*, 4, 19
3. Scholes, C.A., Stevens, G.W. dan Kentish, S.E., 2012, Membrane gas separation applications in natural gas processing, *Fuel*, 96, 15-28
4. Rahimpour, M.R., Saidi, M., Baniadam, M. dan Parhoudeh, M., 2013, Investigation of natural gas sweetening process in corrugated packed bed column using computational fluid dynamics (CFD) model, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 15, 127-137
5. Mokhatab, S., Poe, W. A., dan Mak, J. Y., 2015, *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing Principles and Practices. Third Edition*, Gulf Professional Publishing Elsevier, Oxford UK
6. Bahadori, A., 2014, *Natural Gas Processing Technology and Engineering Design*, Gulf Professional Publishing Elsevier, Oxford UK
7. Shang, J., Qiu, M. dan Ji, Z., 2019. Efficiency improvement, consumption reduction and optimization of high-sulfur natural gas sweetening units, *Natural Gas Industry B*, 6, 5, 472-480
8. Abdulrahman, R.K. dan Sebastine, I.M., 2013, Natural gas sweetening process simulation and optimization: A case study of Khurmala field in Iraqi Kurdistan region, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 14, 116-120
9. Borhani, T.N.G., Afkhamipour, M., Azarpour, A., Akbari, V., Emadi, S.H. dan Manan, Z.A., 2016, Modeling study on CO_2 and H_2S simultaneous removal using MDEA solution, *Journal of industrial and engineering chemistry*, 34, 344-355
10. Qiu, K., Shang, J. F., Ozturk, M., Li, T. F., Chen, S. K., Zhang, L. Y. dan Gu, X. H., 2014, Studies of methyldiethanolamine process simulation and parameters optimization for high-sulfur gas sweetening, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 21, 379-385
11. United State Environmental Protection Agency (US EPA), 2016, *Protection of Environment*, CFR 2016 title 40, volume 18, section 79-55