

# MENINGKATKAN KUALITAS REPEATABILITY DAN REPRODUCIBILITY SAMPEL LIQUID GAS DE-ETHANIZER DI PT. BADAK DENGAN MEMODIFIKASI ALAT PREPARASI PADA KROMATOGRAFI GAS

Ardiansyah, Chairul Saleh dan Rahmat Gunawan

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Mulawarman  
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua Samarinda, 75123

## ABSTRACT

Modification has been done to the gas chromatograph by adding a de-ethanizer preparation tool that serves as the evaporation of liquid samples de-ethanizer gas from the LNG (Liquid Natural Gas) plant PT. Badak NGL Bontang, East Kalimantan. With the aim to obtain stable analysis results as required. From the results obtained for the repeatability value 0.104% methane component, 0.036% ethane component and 0.154% propane components and reproducibility values obtained for the methane component of 0.025%, 0.036% component ethane, and propane components 0.014%. Data analysis of the samples obtained test results are still below the limit allowed by the method of GPA 2261-64 which found samples with good homogeneity so that the analysis becomes stable and the true value can be responsibility and laboratory as a Quality Control can keep reliability for LNG Plant.

**Keywords:** liquid natural gas, de-ethanizer, gas chromatography, repeatability, reproducibility, GPA2261-64

## A. PENDAHULUAN

Fungsi *de-ethanizer* sangat penting dalam proses pencairan LNG ( *Liquid Natural Gas* ), maka *Quality Control* dan *Quality Assurance* harus dilakukan secara ketat, agar produk LNG yang dihasilkan sesuai spesifikasi LNG yang ditentukan dalam LNG *Sales Contract*. Konsekuensi yang akan terjadi jika produk LNG tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada dalam LNG *Sales Contract*, maka pihak *buyer* berhak menolak produk LNG yang dihasilkan.

Dalam proses *Quality Control* dan *Quality Assurance* pada unit *de-ethanizer* dilakukan analisis komposisi produk unit *de-ethanizer* yaitu pemisahan etana secara instrument dengan menggunakan kromatografi gas.

Kromatografi gas di laboratorium PT. Badak NGL menggunakan *Agilent 6890 Series* dengan 4 buah kolom *packed* yaitu *Molecular Sieve*, *Silicon DC200*, *Hayesep*, dan *UCW* dan dikontrol oleh 3 buah *valve* dengan setting temperatur *oven* sama yaitu 90°C. Hal ini dikarenakan sampel tersebut terdiri atas *multi component*, sehingga masing-masing kolom tersebut mempunyai fungsi menyerap komponen-komponen yang berbeda. Untuk komponen etana akan diserap oleh kolom *hayesep* Dan menggunakan *Thermal Conductivity Detector* (TCD) untuk mendeteksi komponene berdasarkan daya hantar panas serta gas helium sebagai gas pembawa (*Mobile Phase*)

Komposisi sampel dari unit *de-ethanizer* terdiri dari sekitar kurang lebih 75% mol etana, 20% metana

serta 5% komponen propana, dimana sampel tersebut berbentuk 2 fasa yaitu fasa *liquid* dan fasa *gas* serta mempunyai tekanan yang tinggi (30 kg/cm<sup>2</sup>) dan temperatur yang sangat rendah (-32°C) menyebabkan sampel tersebut kurang homogen.

Homogenitas sampel yang kurang baik menyebabkan terjadinya permasalahan analisis sampel *de-ethanizer*, dimana hasil analisis tidak stabil baik *Repeatability* maupun *Reproducibility* dimana komponen etana yang merupakan mayoritas didalam sampel *de-ethanizer* didapatkan nilai 2,781% melebihi batas maksimal 0,30% yang diperbolehkan oleh metoda GPA 2261-64, sehingga hasil analisis sering gagal dan harus diulang menyebabkan beban psikologis analisis bertambah.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan homogenitas sampel yang baik dengan cara menguapkan sampel dalam fasa *liquid* dengan memodifikasi alat preparasi sampel pada kromatografi gas sehingga hasil analisis. Diharapkan alat preparasi sampel *liquid gas de-ethanizer* tersebut mampu menghomogenkan sampel sehingga hasil analisis sampel *de-ethanizer* stabil dan dapat diterima baik *repeatability* maupun *reproducibility* mengacu pada *Gas Processor Association* dengan metode GPA 2261-64 yaitu *Analysis for Natural Gas and Similar Gaseous Mixtures by Gas Chromatography*. Metode tersebut sesuai dengan *sales contract* yang telah disetujui oleh pihak *buyer*.

## B. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam analisis adalah Kromatografi Gas *Agilent 6890 Series* dengan menggunakan 4 kolom yaitu kolom *molekuler sieve*,

*hayesep*, *silicon DC200*, dan kolom *UCW*, detektor yang digunakan yaitu *Thermal Conductivity detector* (TCD), Kunci Pas, dan Isolasi Teflon.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu sampel

liquid gas de-ethanizer dari kilang LNG Badak. Bomb sampel silinder 300 cc dengan *tubing* ¼", 2 buah *Rotating Stem Valve*, 2 buah *Ball Valve 2 way*, 1 buah *Union cross*, 1 buah *Union Elbow*, 1 buah *An Union*, 1 buah *An Adapter*, Kompresor Vakum, dan *Pressure Regulator*.

## 2.2. Metode Penelitian

### 2.2.1. Pembuatan Alat Preparasi Sampel

Rangkailah Inlet Sistem sebagai berikut :

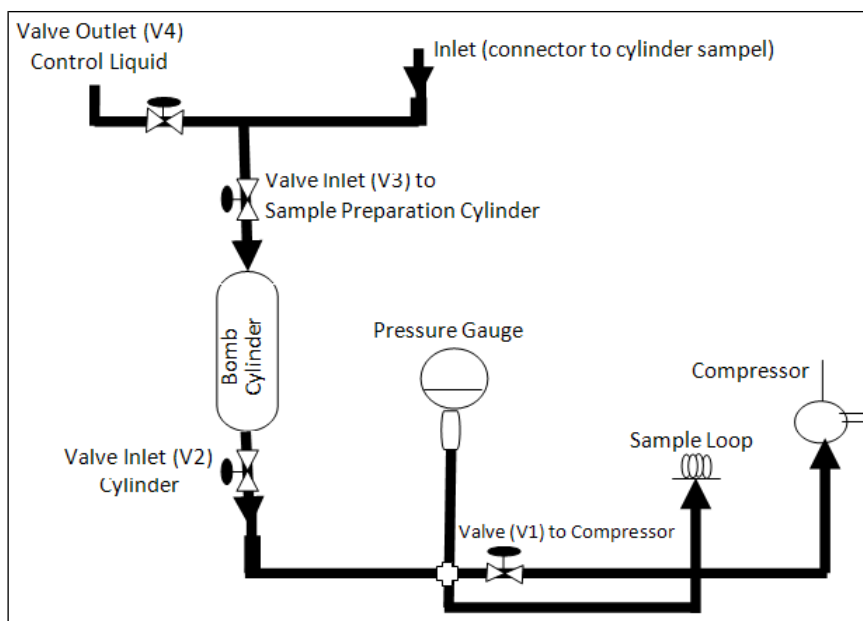
1. Hubungkan *An Union* ¼" ke konektor yang panjangnya 2,5 cm ke *Elbow Union* ¼" kemudian hubungkan ke konektor 2,5 cm menuju *Union Tee* ¼" yang bercabang salah satunya menuju silinder dan satu lagi menuju ke *Ball Valve* berguna sebagai *Outlet Control Liquid*.
2. Cabang yang menuju ke silinder dihubungkan dengan konektor yang panjangnya 6,5 cm menuju ke *Rotating Stem valve 2 Way* ¼", kemudian hubungkan ke silinder dengan konektor yang panjangnya 6 cm.
3. Pada ujung silinder hubungkan *Rotating Stem Valve 2 Way* ¼" dengan memberi konektor yang panjangnya 6 cm dan dihubungkan dengan *Union Cross* ¼".
4. Salah satu cabang dihubungkan dengan *Pressure Gauge* menggunakan konektor yang panjangnya 4 cm, cabang yang lain hubungkan dengan konektor menuju *Ball Valve* ¼" ke kompresor, sedang cabang yang terakhir menuju ke *sample loop system* Kromatografi Gas.

### 2.2.2. Penguapan dan Analisis

1. Hidupkan kompresor vakum, buka Valve (V1) yang menghubungkan kompresor dengan silinder untuk membersihkan silinder alat preparasi sampel.
2. Tutup Valve (V1).
3. Hubungkan silinder sampel dengan line alat preparasi sampel.
4. Tutup semua *Injector Valve* alat preparasi sampel.
5. Buka Valve silinder sampel yang terhubung dengan Inlet alat preparasi sampel.
6. Buka sedikit valve outlet control liquid (V4) secara perlahan hingga liquid dari sampel keluar.
7. Tutup Valve outlet (V4), buka Valve inlet alat preparasi sampel (V3), sampel masuk kedalam silinder.
8. Buka Valve (V2) dan Valve (V1), bilas alat preparasi sampel dengan sampel dan buang sisa sampel menggunakan kompresor.
9. Lakukan pembilasan sebanyak 3 kali.
10. Lakukan langkah 1 sampai ke 7.
11. Tutup Valve (V1), buka Valve (V2) lakukan pembilasan sampel terhadap system sample loop dari GC atur laju alir sampel.
12. Klik Start Run pada Kromatografi Gas.
13. Tutup Valve inlet sample loop dan buang sisa sampel yang ada di alat preparasi sampel kompresor vakum.

### 2.2.3. Pengolahan Data

Data diolah menggunakan metode statistik sesuai dengan metode *GPA 2261-64* dengan menghitung presisi baik secara *repeatability* dan *reproducibility*.



Gambar 1. Skema Konfigurasi Sistem Preparasi Sampel

## C. HASIL PENELITIAN

Sampel de-ethanizer dari Train G 3C-5 yang berupa liquid gas dengan tekanan 30 kg/cm<sup>2</sup> dan temperature -32°C diuapkan dengan alat preparasi sampel dan diinjeksikan kedalam kromatografi gas sebanyak 10

kali secara repeatability yaitu dengan kromatografi gas dan analisis yang sama serta dalam rentang waktu yang pendek. Adapun hasil analisis tersebut dihitung

berdasarkan metode GPA 2261-64 dan disajikan dalam Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Hasil *Repeatability* berdasarkan GPA 2261-64

Injeksi ke	Komponen ( % mol )			Total
	Metana (CH <sub>4</sub> )	Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	
1	25,078	72,317	2,605	100,000
2	25,067	72,331	2,602	100,000
3	25,082	72,314	2,604	100,000
4	25,056	72,340	2,604	100,000
5	25,071	72,328	2,601	100,000
6	25,071	72,328	2,601	100,000
7	25,068	72,329	2,603	100,000
8	25,068	72,327	2,605	100,000
9	25,067	72,329	2,604	100,000
10	25,064	72,334	2,602	100,000
<b>(Maks-Min)x100 Min</b>	<b>0,104</b>	<b>0,036</b>	<b>0,154</b>	
Limit Repeatability GPA 2261-64	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

Hasil analisis diatas juga dihitung nilai simpangan baku relatif (%RSD) dan nilai koefisien variansi (CV) Horwitz berdasarkan metode statistik secara umum dan disajikan dalam Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Hasil *Repeatability* berdasarkan Statistik

Injeksi ke	Komponen ( % mol )			Total
	Metana (CH <sub>4</sub> )	Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	
1	25,078	72,317	2,605	100,000
2	25,067	72,331	2,602	100,000
3	25,082	72,314	2,604	100,000
4	25,056	72,340	2,604	100,000
5	25,071	72,328	2,601	100,000
6	25,071	72,328	2,601	100,000
7	25,068	72,329	2,603	100,000
8	25,068	72,327	2,605	100,000
9	25,067	72,329	2,604	100,000
10	25,064	72,334	2,602	100,000
<b>Rata-rata</b>	25,069	72,328	2,603	
<b>Standar Deviasi</b>	0,007	0,008	0,002	
<b>% RSD</b>	0,029	0,010	0,059	
<b>CV Horwitz</b>	2,463	2,100	3,464	
<b>2/3CV Horwitz</b>	1,642	1,400	2,309	

Sampel de-ethanizer dari Train H 3C-5 juga diuapkan dengan alat preparasi sampel dan di injeksikan kedalam kromatografi gas secara reproducibility yaitu dengan kromatografi gas berbeda serta dilakukan oleh 4

analisis yang berbeda, dimana tiap analisis melakukan injeksi sebanyak 3 kali. Adapun hasil analisis tersebut dihitung berdasarkan metode GPA-2261 dan disajikan dalam Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3.** Hasil *Reproducibility* berdasarkan GPA 2261-64

Analisis	Kromatografi Gas	Injeksi ke	Komponen ( % mol )			Total
			Metana (CH <sub>4</sub> )	Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	
1	27	1	25,393	71,904	2,703	100,000
		2	25,394	71,911	2,695	100,000
		3	25,384	71,912	2,704	100,000
2	27	1	25,380	71,919	2,701	100,000
		2	25,382	71,917	2,701	100,000
		3	25,376	71,926	2,698	100,000
3	29	1	25,370	71,940	2,690	100,000
		2	25,372	71,937	2,691	100,000

		3	25,369	71,938	2,693	100,000
4	29	1	25,375	71,930	2,695	100,000
		2	25,374	71,934	2,692	100,000
		3	25,370	71,933	2,697	100,000
		<b>(Maks-Min)</b>		0,025	0,036	0,014
Limit Reproducibility		<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,05</b>		
GPA 2261-64						

Hasil analisis diatas juga dihitung nilai simpangan baku relatif (%RSD) dan nilai koefisien

variansi (CV) Horwitz secara statistik dan disajikan dalam Tabel 4 berikut ini.

**Tabel 4.** Hasil *Reproducibility* berdasarkan Statistik

Analisis	Kromatografi Gas	Injeksi ke	Komponen ( % mole)			Total
			Metana (CH <sub>4</sub> )	Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	
1	27	1	25,393	71,904	2,703	100,000
		2	25,394	71,911	2,695	100,000
		3	25,384	71,912	2,704	100,000
2	27	1	25,380	71,919	2,701	100,000
		2	25,382	71,917	2,701	100,000
		3	25,376	71,926	2,698	100,000
3	29	1	25,370	71,940	2,690	100,000
		2	25,372	71,937	2,691	100,000
		3	25,369	71,938	2,693	100,000
4	29	1	25,375	71,930	2,695	100,000
		2	25,374	71,934	2,692	100,000
		3	25,370	71,933	2,697	100,000
<b>Rata-rata</b>			25,378	71,925	2,697	
<b>Standar Deviasi</b>			0,009	0,012	0,005	
<b>% RSD</b>			0,034	0,017	0,177	
<b>CV Horwitz</b>			2,458	2,102	3,445	
<b>2/3CV Horwitz</b>			1,639	1,401	2,297	

## D. PEMBAHASAN

### 4.1. Pembuatan Alat Preparasi Sampel

Sampel *de-ethanizer* pada penelitian ini menggunakan sampel yang berasal dari train G dan H kilang PT. Badak NGL, dimana sampel tersebut berupa dua fasa yaitu liquid dan gas dimana sampel tersebut kurang homogen. Tekanan tinggi (30 kg/cm<sup>2</sup>) dan temperatur yang sangat rendah (-32°C) dari sampel tersebut juga menyebabkan uap air diudara terkondensasi apabila terpapar sampel tersebut.

Rangkaian alat preparasi sampel menggunakan peralatan dan bahan yang umum digunakan di laboratorium gas PT. Badak NGL berupa silinder sampel, *tubing*, dan *valve* yang dihubungkan dengan konektor dan *pressure gauge*.

Silinder sampel berfungsi sebagai wadah dari sampel yang telah diuapkan, dimana pada kedua sisi dihubungkan dengan *tubing* konektor. Sisi yang pertama sebagai *inlet* yang menghubungkan dengan silinder sampel liquid gas *de-ethanizer* dan juga *valve* untuk kontrol liquid. Pada sisi lain sebagai outlet dari sampel yang telah diuapkan dimana sisi ini akan dicabangkan menggunakan konektor *union cross*, dimana cabang tersebut dihubungkan dengan *pressure gauge*, kompresor vakum, dan *sampel loop* dari kromatografi gas.

### 4.2. Penguapan dan Analisis

Sampel liquid gas *de-ethanizer* dihubungkan dengan *inlet* sistem preparasi sampel. *Valve* silinder dibuka sehingga sampel masuk kedalam sistem, kemudian *valve control* liquid dibuka perlahan hingga liquid dari sampel keluar. Hal ini dimaksudkan agar uap air yang terkondensasi pada ujung konektor silinder terbuang.

*Valve control* liquid ditutup, kemudian *valve* alat preparasi sampel dibuka dan sampel di-*flash*-kan masuk kedalam silinder, berdasarkan sifat termodinamika maka sampel dengan fasa liquid pada temperatur -32°C akan berubah dalam bentuk gas pada suhu kamar, sehingga sampel hanya berbentuk fasa gas dan dalam keadaan homogen. Homogenitas sampel yang baik tentu memudahkan dalam mengontrol laju alir sampel di dalam kromatografi gas dan hasil analisis menjadi stabil.

Sampel yang telah diuapkan di injeksikan kedalam kromatografi gas melalui *inlet sample loop*. *Pressure Gauge* digunakan sebagai indikator adanya tekanan sampel didalam silinder, sedang kompresor vakum berfungsi untuk membersihkan sisa sampel didalam silinder.

### 4.3. Repeatability Hasil Analisis

Pada penelitian ini sampel liquid gas *de-ethanizer* diambil pada train G 3C-5 tanggal 18 Februari 2013 jam 00:30 WITA. Sampel tersebut di analisis pada hari yang sama menggunakan kromatografi gas Agilent 6890 series plus nomor 27 dengan analisis yang sama serta dalam interval waktu yang pendek. Uji keseksamaan metode ini dapat dikatakan sebagai nilai *repeatability*. Analisis dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali sehingga didapatkan data kromatogram. Data kromatogram tersebut diolah menggunakan metoda regresi berdasarkan nilai *limit repeatability* GPA 2166-64 dan berdasarkan statistik secara umum dengan membandingkan nilai simpangan baku relatif (%RSD) dengan nilai koefisien variansi (CV) Horwitz.

Hasil analisis berdasarkan *limit repeatability* GPA 2166-64, dimana untuk komponen metana (CH<sub>4</sub>) didapatkan nilai 0,104 dengan batasan limit maksimal yang diperbolehkan 0,2. Komponen etana (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) didapatkan nilai 0,036 dengan batasan limit maksimal 1,0 dan komponen propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) didapatkan nilai 0,154 dengan batasan limit maksimal 1,0. Dari data tersebut dapat dilihat nilai dari *repeatability* hasil analisis dapat diterima dan tidak melebihi batas limit yang diperbolehkan oleh metoda GPA 2261-64.

Hasil analisis berdasarkan metode statistik secara umum, komponen metana dengan rata-rata 25,069 dan standar deviasi 0,007 maka didapatkan nilai % RSD 0,029 serta nilai 2/3 CV Horwitz 1,642, maka nilai presisi komponen metana diterima karena nilai % RSD lebih kecil dari 2/3 CV Horwitz ( 0,029 < 1,642 ). Komponen etana dengan rata-rata 72,328 dan standar deviasi 0,008 maka didapatkan nilai % RSD 0,010 serta nilai 2/3 CV Horwitz 1,400, maka nilai presisi komponen etana dapat diterima (0,010 < 1,400). Sedangkan komponen propana dengan rata-rata 2,603 dan standar deviasi 0,002 maka didapatkan nilai dari % RSD 0,059 serta nilai 2/3 CV Horwitz 2,309, maka nilai presisi komponen propana dapat diterima ( 0,059 < 2,309).

#### 4.4. *Reproducibility* Hasil Analisis

### E. KESIMPULAN

Sampel *de-ethanizer* yang berupa dua fasa, liquid dan gas setelah di-*flash*-kan pada alat preparasi sampel maka sampel menjadi homogen karena berada dalam satu fasa gas. Homogenitas sampel ini dapat dilihat dari hasil analisis dimana komponen metana dengan limit maksimal *repeatability* 0,2 didapatkan nilai 0,104 dan limit maksimal *reproducibility* 0,3 didapatkan nilai

Pada penelitian ini sampel liquid gas *de-ethanizer* diambil pada train H 3C-5 tanggal 21 Februari 2013 jam 16:00 WITA. Sampel tersebut di analisis pada hari yang sama menggunakan kromatografi gas Agilent 6890 series plus nomor 27 dan kromatografi gas Agilent 6890 series N nomor 29 dengan 4 analisis yang berbeda dimana masing-masing analisis melakukan injeksi sampel sebanyak 3 kali sehingga akan didapatkan 12 data kromatogram. Uji keseksamaan metode ini dimaksudkan agar siapapun analisis serta alat yang digunakan nilai hasil analisisnya secara *reproducibility* dapat diterima. Data kromatogram tersebut diolah menggunakan metoda regresi berdasarkan *limit reproducibility* GPA 2166-64 dan berdasarkan metode statistik secara umum.

Hasil analisis berdasarkan *limit reproducibility* GPA 2166-64, dimana untuk komponen metana (CH<sub>4</sub>) didapatkan nilai 0,025 dengan batasan limit maksimal 0,3. Komponen etana (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) didapatkan nilai 0,036 dengan batasan limit maksimal 0,3 dan komponen propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) didapatkan nilai 0,014 dengan batasan limit maksimal 0,05. Dari data tersebut dapat dilihat nilai *reproducibility* hasil analisis dapat diterima dan tidak melebihi batasan limit yang diperbolehkan oleh metoda GPA 2261-64.

Hasil analisis tersebut juga diolah secara statistik untuk mendapatkan nilai simpangan baku relatif (%RSD) dan koefisien variansi (CV) Horwitz. Komponen metana dengan rata-rata 25,378 dan standar deviasi 0,009 maka didapatkan nilai % RSD 0,034 serta nilai 2/3 CV Horwitz 1,639, maka nilai presisi komponen metana diterima karena nilai % RSD lebih kecil dari nilai 2/3 CV Horwitz ( 0,034 < 1,639 ). Komponen etana dengan rata-rata 71,925 dan standar deviasi 0,012 maka didapatkan nilai % RSD 0,017 serta nilai 2/3 CV Horwitz 1,401, maka nilai presisi komponen etana dapat diterima (0,017 < 1,401). Sedangkan komponen propana dengan rata-rata 2,697 dan standar deviasi 0,005 maka didapatkan nilai % RSD 0,177 serta nilai 2/3 CV Horwitz 2,297, maka nilai presisi komponen propana dapat diterima ( 0,177 < 2,297).

0,025, komponen etana limit maksimal *repeatability* 1 didapatkan nilai 0,036 dan limit maksimal *reproducibility* 0,3 didapatkan nilai 0,036 serta komponen propana limit maksimal *repeatability* 1 didapatkan nilai 0,154 dan limit maksimal *reproducibility* 0,05 didapatkan nilai 0,014.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Agustinus, T.S., 2009, *Feed Gas Dehydration*, Badak Learning Center, Bontang.
2. Anas, S., 2002, *Kursus Dasar Teknik LNG Plant Laboratorium*, Badak Learning Center, Bontang.
3. Berca Indonesia, 2010, *Instalation And Troubleshooting Software GC Chemstation*, Jakarta.
4. Berca Indonesia, 2011, *Maintenance And Troubleshooting Gas Chromatography Agilent 6890 series*, Jakarta.

5. Dewi, M.N., 2012, Pengendalian Kolom Deethanizer Dan Debutanizer LPG (Liquefied Petroleum Gas) Plant Dengan Proportional Integral And Derivative (PID) Controller Melalui Simulasi Software HYSYS, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
6. Gandjar, Gholib., dan Rohman, 2009, Kimia Farmasi Analisis, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
7. Gas Processors Association, 1964, Analysis for Natural Gas and Similar Gaseous Mixtures by Gas Chromatography, GPA 2261-64, Oklahoma.
8. Gas Processors Association, 2005, Obtaining Natural Gas Samples for Analysis by Gas Chromatography, GPA 2166-05, Oklahoma.
9. Harmita, 2004, Petunjuk Pelaksanaan Validasi metode dan cara Perhitungannya, Majalah Ilmu Kefarmasian, Vol, 1, No.3, Desember 2004
10. Hutagaol, B., 2009, Fractionation Plant, Badak Learning Center, Bontang.
11. Kusmaya, M., 2009, General LNG Process, Badak Learning Center, Bontang.
12. Madbardo, Kromatografi Gas, Artikel (online), <http://madbardo.blogspot.com/2010/02/kromatografi-gas>. Diunduh pada tanggal 12 Desember 2012.
13. McNair, H.M., dan Bonelli, E.J., 1988, Dasar Khromatografi Gas, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
14. Mulyono, M., dan Desrina., 1995, Metode Analisis dengan Kromatografi Gas, Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi, Cepu.
15. PPTIK BB. Slide Perubahan Fasa, <http://www.slideshare.net/ptik/perubahan-fasa> diunduh pada tanggal 5 maret 2013.
16. Puspita, C.D., 2007. Kromatografi, Artikel (online), <http://ilmukedokteran.blogspot.com/2007/11/kromatografi.html> diunduh pada tanggal 12 Desember 2012.
17. Rachwiyanto, 2002, Pengantar Kerja Laboratorium, Badak Learning Center, Bontang.
18. Reid, R.C., Prausnitz, J.M., and Shernop, T.K., 1991, Sifat Gas dan Zat Cair, Edisi Ketiga, PT. Gramedia Pustaka utama, Jakarta.
19. Setiorini, I.A., Sary, M.S., dan Fitria, A., 2012, Analisa LPG Mix Menggunakan Peralatan Gas Chromatografy-Buck 910 Yang Dikalibrasi Dengan Standar MESA Di PT. Surya Esa Perkasa, Jurnal Patra Akademika, Edisi 5 (1): 4-16.
20. Situngkir, L., 2009, Refrigeration System, Badak Learning Center, Bontang.
21. Suhardono, E., 1996, Dasar Dasar Kromatografi Gas, Lemigas, Jakarta.
22. Sumarno, 2009, Liquefaction Unit, Badak, Learning Center, Bontang.
23. Suripto, A., 2009, Gas Purification , Badak Learning Center, Bontang.
24. Susanto, Y., 2012, Presisi dan Akurasi, RCChem Learning Center LIPI, Bandung.
25. Tahid, 2008, Analisis Dasar Kromatografi Gas, RCChem Learning Center LIPI, Bandung.
26. Tahid, 2008, Kalibrasi dan Verifikasi GC/HPLC, RCChem Learning Center LIPI, Bandung
27. Takeuchi, Y., 2009. Khromatografi, [http://www.chem-istry.org/materikimia/kimia\\_dasar/pemurnian-materi/khromatografi/](http://www.chem-istry.org/materikimia/kimia_dasar/pemurnian-materi/khromatografi/), diunduh pada tanggal 13 Desember 2012.
28. Widianto, F.A., dan Isnan, A.R., 2012, Pengendalian Sistem Refrigerasi Dan Fraksinasi Pada LPG Plant Dengan Metode Plantwide Control, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
29. Zweigg, G., and Sherma, J., 2000, Handbook of Chromatography, General data and Principles Volume I, CRC Press. Inc, Florida.