

## **ANALISIS KOMPOSISI DARI SAMPEL NATURAL GAS MENGGUNAKAN ALAT KROMATOGRAFI GAS**

Antonio Ivander Willem Darawia dan Asa Aditya Persada

Jurusan Teknik Pengolahan Migas, PEM Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Mentul, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315, Indonesia  
antoniodarawia239@gmail.com; [asa.aditya.persada@gmail.com]

### **ABSTRAK**

Gas alam merupakan gas hidrokarbon yang dilebihi oleh senyawa metana ( $CH_4$ ), serta senyawa-senyawa hidrokarbon lainnya seperti senyawa etana ( $C_2H_6$ ), propana ( $C_3H_8$ ), butana ( $C_4H_{10}$ ), pentana ( $C_5H_{12}$ ), dan heksana ( $C_6H_{14}$ ). Gas alam juga memiliki senyawa non-hidrokarbon atau zat pengotor seperti karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan nitrogen ( $N_2$ ). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas produk *natural gas* serta melakukan analisa komponen-komponen yang terdapat pada produk *natural gas*. Alat yang digunakan dalam proses analisis ini yaitu Gas *Chromatography* 2014, dengan standar ASTM D1945-14. Cara kerja dari alat ini yaitu dilakukan dengan menginjeksikan sampel gas alam pada alat dan terjadinya suatu proses analisis komponen sampel gas alam. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, persentase komposisi metana yang didapatkan yaitu sebesar 75,3871% mol, selain itu ada senyawa etana dengan persentase sebesar 2,5893% mol dan senyawa propana dengan komposisi 2,5203% mol. Hasil pengujian tersebut telah memenuhi spesifikasi yang sesuai dengan permintaan pelanggan. Senyawa pengotor yang didapatkan pada penelitian ini yaitu senyawa karbon dioksida ( $CO_2$ ) dengan persentase sebesar 15,1% mol dan senyawa nitrogen ( $N_2$ ) dengan persentase sebesar 2,6% mol. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa produk yang telah diuji telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh pelanggan industri-industri yang membutuhkan produk gas alam.

**Kata kunci:** ASTM D1945-14, kromatografi gas, metana, gas alam

### **ABSTRACT**

*Natural gas is a hydrocarbon gas that is exceeded by methane compounds ( $CH_4$ ), as well as other hydrocarbon compounds such as ethane ( $C_2H_6$ ), propane ( $C_3H_8$ ), butane ( $C_4H_{10}$ ), pentane ( $C_5H_{12}$ ), and hexane ( $C_6H_{14}$ ). Natural gas also has non-hydrocarbon compounds or impurities such as carbon dioxide ( $CO_2$ ) and nitrogen ( $N_2$ ). In this study, an analysis of the composition contained in the natural gas sample was carried out, so that customers can know the quality of the natural gas product produced. The tool used in this analysis process is Gas Chromatography 2014, with the ASTM D1945-14 standard. The way this tool works is by injecting a natural gas sample into the tool and a process of analyzing the components of the natural gas sample occurs. From the results of the analysis that has been done, the percentage of methane composition obtained is 75.3871% mol, in addition there is an ethane compound with a percentage of 2.5893% mol and a propane compound with a composition of 2.5203% mol. The test results have met the specifications according to customer requests. The impurity compounds obtained in this study are carbon dioxide ( $CO_2$ ) compounds with a percentage of 15.1% mol and nitrogen ( $N_2$ ) compounds with a percentage of 2.6% mol. From the test results it can be seen that the products that have been tested have met the specifications determined by customers of industries that require natural gas products.*

**Keywords:** ASTM D1945-14, gas chromatography, methane, natural gas

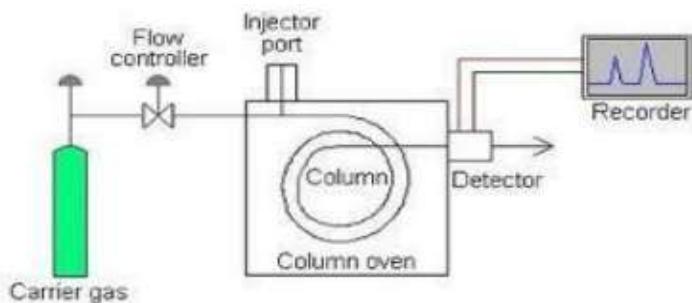
---

Corresponding author: Asa Aditya Persada  
Jurusan Teknik Pengolahan Migas, PEM Akamigas  
Jl. Gajah Mada No.38, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah  
58315, Indonesia  
E-mail: asa.aditya.persada@gmail.com



## 1. PENDAHULUAN

Gas alam merupakan suatu sumber energi yang sering digunakan dalam industri-industri pada saat ini, seperti pada industri pembangkit listrik, industri perminyakan, industri kimia, dan lain-lain [1]. Gas alam mengandung senyawa kimia berupa gas metana ( $\text{CH}_4$ ) sebagai senyawa utama pada gas alam, dan juga gas alam memiliki komponen hidrokarbon lainnya seperti etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), pentana ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), dan heksana ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ), serta senyawa *impurities* seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan nitrogen ( $\text{N}_2$ ) [2]. Dari komposisi tersebut, layak dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa gas alam yang diproduksikan telah sesuai dengan spesifikasi yang diterapkan oleh industri-industri yang membutuhkan gas alam berkualitas.



**Gambar 1.** Rangkaian alat kromatografi gas

Pada Gambar 1 tersebut menunjukkan rangkaian *Gas Chromatography* yang merupakan salah satu jenis analisis gas yang akurat dalam mengukur konsentrasi dari komponen-komponen dalam gas alam. Prinsip kerja dari GC berdasar dari pemisahan suatu komponen pada sampel dari perbedaan volatilitas dalam kolom kromatografi [3]. Proses analisis gas kromatografi diawali dengan dilakukannya injeksi sampel ke dalam injektor. Injektor kemudian akan memastikan bahwa sampel gas alam yang masuk ke dalam sistem dengan suhu dan tekanan yang sesuai. Setelah itu, gas pembawa (*gas inert*) seperti helium, nitrogen, atau hidrogen, membantu mengalirkan sampel menuju kolom kromatografi. Kolom ini memiliki ciri-ciri seperti kapiler, memiliki panjang dengan diameter tertentu dan berfase diam (*stationary phase*). Pada fase diam berperan yang penting dalam proses pemisahan dari komponen gas dikarenakan adanya suatu interaksi antara fase diam dengan komponen gas yang akan menentukan cepat dari komponen-komponen dalam kolom. Komponen dengan volatilitas yang tinggi pada fase diam akan keluar lebih awal, sedangkan komponen-komponen dengan volatilitas yang rendah akan memerlukan waktu yang cenderung lama untuk melewati suatu kolom [4].

Analisis sampel gas alam memiliki dua jenis detektor yang digunakan yaitu *Thermal Conductivity Detector* (TCD) dan *Flame Ionization Detector* (FID). Untuk detektor TCD dapat mendeteksi konduktivitas termal dari gas pembawa dan komponen dari sampel yang diuji, yang efektif untuk mendeteksi senyawa atau komponen *impurities* seperti senyawa karbon dioksida dan nitrogen. Sedangkan untuk detektor FID, dapat mendeteksi senyawa hidrokarbon dengan cara membakar komponen pada sampel dan mengukur proses ionisasi yang dihasilkan. Hasil dari proses detektor ini kemudian dapat diubah menjadi suatu sinyal listrik yang ditampilkan dalam bentuk kromatogram. Data kromatogram tersebut menampilkan bentuk *peak* yang menunjukkan komponen-komponen dari sampel, dengan

*retention time* sebagai identifikasi dan luas *peak* sebagai indikator konsentrasi dari komponen [5].

Untuk memastikan kualitas dari gas alam yang diproduksi, analisis komposisi gas alam harus dilakukan secara teliti. Adapun tantangan yang dihadapi yaitu memastikan bahwa komposisi gas alam yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi dari pelanggan. Ketidaksesuaian dari komposisi suatu produk dapat mempengaruhi kualitas pembakaran, nilai kalor, dan tekanan uap, yang berdampak pada performa dari suatu industri yang menggunakan produk gas alam [5]. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk melakukan analisis dari komposisi gas alam menggunakan *software GC Solution* dengan metode ASTM D1945-14, sehingga dapat mengidentifikasi konsentrasi dari komponen-komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon yang terdapat pada sampel gas alam. Analisis ini memiliki tujuan untuk membandingkan konsentrasi aktual dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh suatu industri, sehingga dapat mengetahui kesesuaian dan kualitas gas alam yang dihasilkan suatu perusahaan [6].

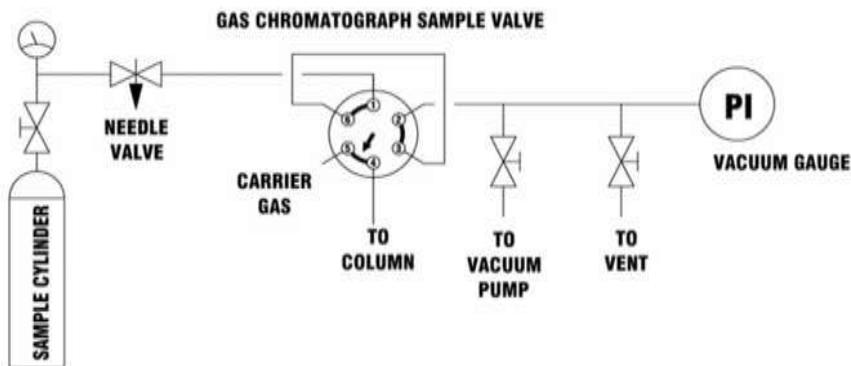
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas produk natural gas serta melakukan analisa komponen-komponen yang terdapat pada produk natural gas serta memiliki dampak baik bagi perusahaan, laboratorium, dan industri. Pada skala perusahaan. Penelitian ini dapat memberikan informasi yang penting mengenai kualitas dan kesesuaian komposisi gas alam sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh pelanggan. Bagi laboratorium, dapat dijadikan panduan dalam melakukan analisis komposisi gas alam secara akurat dengan menggunakan metode kromatografi gas, sehingga dapat memastikan hasil yang baik. Pada bagian industri, dapat memberikan pemahaman tentang komposisi gas alam yang harus sesuai dengan spesifikasi kualitas yang dibutuhkan [6,7].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk menjalankan analisis komposisi gas alam yaitu dengan menggunakan metode ASTM D1945-14. Metodologi ASTM D1945-14 yang digunakan mencakup tahap-tahap dalam pengambilan sampel, persiapan peralatan dari *Gas Chromatography*, kalibrasi peralatan dan prosedur penggunaan *Gas Chromatography*. Selain itu, prosedur penggunaan alat *Gas Chromatography* juga disesuaikan dengan ketentuan dari perusahaan PT. X. Analisis komposisi sampel gas alam menggunakan *Gas Chromatography* memiliki dua jenis analisis yang dilakukan, seperti analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif merupakan analisis pengukuran laju perpindahan suatu komponen yang terdapat dalam kolom. Sedangkan analisis kuantitatif merupakan analisis perhitungan dari hasil suatu pengukuran seperti mengukur *peak* dari *Gas Chromatography* dengan menggunakan perhitungan tinggi dari *peak* yang direkam atau didokumentasikan oleh alat *Gas Chromatography* [4].

Dari Gambar 2 menunjukkan peralatan *gas chromatography* yang diperlukan dalam pengujian analisis komposisi gas alam untuk menjalankan suatu analisis. Alat *gas chromatography* memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi berbagai komponen dari sampel gas alam, seperti komponen hidrokarbon dan komponen non-hidrokarbon. Kolom pada alat *Gas Chromatography* (GC) untuk memisahkan komponen berdasarkan volatilitasnya. Alat ini dilengkapi juga dengan *injector* untuk menginjeksi sampel gas alam ke dalam suatu alat, alat ini dapat mengatur volume dan tekanan untuk memastikan konsistensi dalam injeksi. *Gas inert* juga digunakan dalam prosedur ini seperti helium, nitrogen, atau

hidrogen, digunakan sebagai gas pembawa sampel gas alam melalui kolom. Alat detektor yang digunakan yaitu *Thermal Conductivity Detector* (TCD) digunakan untuk mendeteksi komponen *impurities* seperti karbon dioksida dan nitrogen, dan *Flame Ionization Detector* (FID) untuk mendeteksi komponen hidrokarbon seperti metana, etana, propana dan komponen hidrokarbon yang lain [5].



**Gambar 2.** Susunan manifold sampel vakum

Langkah awal dalam menganalisa suatu sampel gas alam yaitu dilakukannya prosedur *slope test* untuk memastikan ketepatan dari analisis komposisi gas alam, prosedur *slope test* dilakukan untuk memeriksa detektor yang akan digunakan. Prosedur *slope test* diawali dengan menekan tombol "Zero" pada *software GC* untuk memastikan kondisi dari detektor seimbang. Setelah itu, tekan tombol "slope test" untuk mendapatkan nilai *slope* dari *Gas Chromatography*, nilai *slope* dari *software* harus memiliki nilai FCD kurang dari 5000 serta nilai TCD kurang dari 100, sebagai penanda bahwa detektor berada dalam kondisi optimal untuk digunakan [6,7].

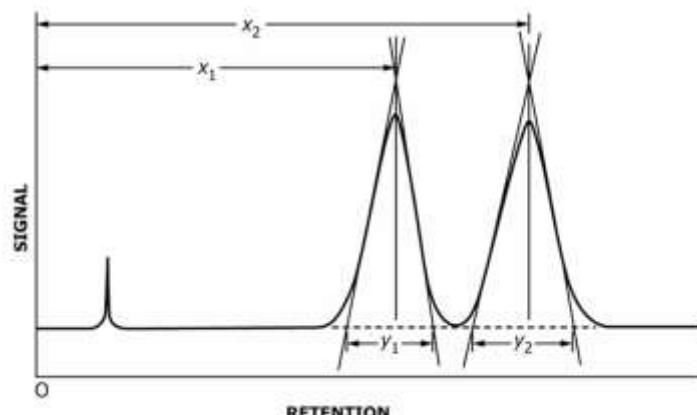
Setelah dilakukannya prosedur *slope test*, selanjutnya dilakukannya prosedur analisa sampel gas alam. Langkah pertama pada prosedur ini yaitu memasang *regulator* pada tabung gas dan *tubing* dengan ukuran 1/8 inci, *valve* dari tabung gas harus berada dalam kondisi tertutup dan *regulator* terpasang dengan aman. Setelah dilakukannya pemasangan dari sampel gas alam, buka *valve* dari tabung dan periksa kebocoran dengan menggunakan larutan. Setelah itu, sampel gas alam dapat dialirkan dengan mengatur tekanan menggunakan *valve regulator* hingga mencapai tekanan 1 bar. Kemudian, *tubing* pada bagian "sample in" disambung pada alat GC dan buka *valve PB relay* 5 dan 6 untuk mengalirkan gas selama 5 menit. Pada *software "GC Solution,"* dipilih opsi "Batch Processing", lalu dilakukan pengisian ID sampel yang akan dianalisis, analisis sampel dilakukan pengulangan sebanyak minimal tiga kali. Setelah itu, klik *icon "start"* untuk memulai proses analisis. Setelah selesai dilakukannya analisis sampel, data yang diperoleh dapat disimpan dalam bentuk *batch file* [7].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Spesifikasi Keperluan Industri

Nilai persentase molaritas dari komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon pada proses *gas chromatography* akan ditampilkan dalam data *gas chromatography* dengan bentuk luas *peak* dari setiap komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Luas *peak* tersebut berbanding dengan nilai mol yang didapatkan dari setiap komponen dalam

campuran. Dengan menggunakan perhitungan dan kurva kalibrasi, luas *peak* dapat dikonversi menjadi nilai persentasi mol dari masing-masing komponen [6,8].



**Gambar 3.** Luas *peak* gas chromatography

Pada Gambar 3 diatas menunjukkan luas *peak* gas chromatography yang menandakan bahwa komponen yang memiliki luas *peak* tertinggi memiliki kadar komponen yang tinggi dari komponen-komponen yang lain. Analisis komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon pada gas alam telah didokumentasikan dan juga telah dilakukannya perhitungan melalui *software GC Solution*, data yang berasal dari *software* tersebut kemudian didokumentasikan lagi melalui *microsoft excel*. Data persentase molaritas dari komponen-komponen sampel gas alam berasal dari perhitungan *peak* otomatis *software GC Solution*. Data hasil analisis yang didapatkan harus sesuai dengan yang diperlukan oleh perusahaan-perusahaan yang memesan *natural gas* dari PT. X. Selain itu juga data hasil analisis dapat mempengaruhi kualitas dari produk *natural gas* yang dibutuhkan oleh perusahaan-perusahaan yang membutuhkan. Berikut ini merupakan spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan-perusahaan:

**Tabel 1.** Spesifikasi komponen gas alam sesuai keperluan pelanggan

No	Komponen	Konsentrasi Gas	Satuan
1	<i>Nitrogen</i>	2,5	% mol
2	<i>Carbon Dioxide</i>	15	% mol
3	<i>Ethane</i>	2,5	% mol
4	<i>Propane</i>	2,5	% mol
5	<i>IsoButane</i>	0,5	% mol
6	<i>N-Butane</i>	0,5	% mol
7	<i>IsoPentane</i>	0,3	% mol
8	<i>N-Pentane</i>	0,3	% mol
9	<i>N-Hexane</i>	0,5	% mol
10	<i>Methane</i>	75,4	% mol

Dari tabel spesifikasi tersebut menunjukkan standar komponen-komponen dengan satuan %mol yang diperlukan dalam suatu perusahaan. Dari tabel tersebut juga menunjukkan bahwa jika hasil konsentrasi gas yang telah diuji tidak sesuai dengan konsentrasi gas yang ditentukan, maka dapat diketahui bahwa sampel gas yang diuji

memiliki kualitas gas yang buruk dan dapat berdampak buruk dalam operasi suatu perusahaan yang memiliki sampel gas alam tersebut.

### 3.2. Hasil Analisis Komponen Sampel Gas Alam

Spesifikasi komposisi gas alam pada hasil pengujian menunjukkan data yang lengkap mengenai komponen gas alam yang telah diuji, serta konsentrasi dari spesifikasi dengan konsentrasi aktual yang diperoleh setelah analisis. Berikut ini merupakan data hasil pengujian yang dilakukan:

**Tabel 2.** Tabel komponen gas alam setelah dilakukannya pengujian

No	Komponen	Konsentrasi Gas	Konsentrasi Aktual	Satuan
1	<i>Nitrogen</i>	2,5	2,60	% mol
2	<i>Carbon Dioxide</i>	15	15,18	% mol
3	<i>Ethane</i>	2,5	2,59	% mol
4	<i>Propane</i>	2,5	2,52	% mol
5	<i>IsoButane</i>	0,5	0,52	% mol
6	<i>N-Butane</i>	0,5	0,51	% mol
7	<i>IsoPentane</i>	0,3	0,31	% mol
8	<i>N-Pentane</i>	0,3	0,31	% mol
9	<i>N-Hexane</i>	0,5	0,45	% mol
10	<i>Methane</i>	75,4	75,39	% mol

Dari Tabel 2 diatas tertera konsentrasi gas yang sesuai dengan spesifikasi permintaan pelanggan, sampel gas memiliki komponen utama metana ( $\text{CH}_4$ ) dengan persentase mol sebesar 75,4%, diikuti oleh komponen lainnya seperti, nitrogen, karbon dioksida, etana, propana, dan senyawa hidrokarbon lainnya dalam jumlah persentase mol yang kecil. Data hasil analisis komponen gas alam yang telah dilakukan menunjukkan perbandingan persentase mol antara konsentrasi dari spesifikasi dengan konsentrasi aktual yang diperoleh dari hasil analisis telah sesuai dengan spesifikasi yang menandakan bahwa efisiensi pembakaran yang dihasilkan gas alam tersebut sangat baik serta dapat menstabilkan suatu proses industri yang membutuhkan produk gas alam, serta sesuai dengan spesifikasi yang diminta oleh pelanggan. Jika konsentrasi yang didapatkan tidak sesuai dengan spesifikasi maka produk tersebut memiliki efisiensi pembakaran yang buruk serta dapat menurunkan nilai kalor yang dibutuhkan [9,10]. Konsentrasi metana yang diminta yaitu sekitar 75,4% mol, dari hasil analisis menunjukkan konsentrasi aktual senyawa metana yang didapatkan yaitu sebesar 75,39% mol, hasil analisis tersebut telah mendekati nilai spesifikasi yang diminta.

Setelah itu, adanya komponen hidrokarbon lainnya yang dihasilkan, yang dimana komponen hidrokarbon ini dapat membantu kualitas pembakaran dan mempengaruhi tekanan uap produk. Komponen senyawa etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), memiliki spesifikasi konsentrasi sebesar 2,5% mol dan hasil aktual yang didapatkan sebesar 2,59%, hasil tersebut mendekati nilai spesifikasi yang menandakan bahwa konsentrasi etana yang didapatkan telah sesuai dengan permintaan. Propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) memiliki spesifikasi konsentrasi sebesar 2,5% mol, dan hasil analisis menunjukkan konsentrasi aktual 2,52% mol, hasil tersebut telah menunjukkan kesesuaian dari konsentrasi propana yang dibutuhkan oleh pelanggan. Setelah itu, ada komponen Isobutana ( $\text{i-C}_4\text{H}_{10}$ ) dan n-Butana ( $\text{n-C}_4\text{H}_{10}$ ), kedua komponen ini memiliki

spesifikasi konsentrasi masing-masing 0,5% mol. Hasil analisis *gas chromatography* menunjukkan konsentrasi yang didapatkan sebesar 0,52% mol untuk komponen isobutana dan 0,51% mol untuk komponen n-butana, konsentrasi aktual tersebut menandakan kesesuaian konsentrasi yang didapatkan dari hasil analisis *gas chromatography*. Kemudian, komponen Isopentana (*i-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>*) dan n-Pentana (*n-C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>*) masing-masing memiliki spesifikasi konsentrasi yang diminta sebesar 0,3% mol. Konsentrasi aktual yang diperoleh dari analisis adalah 0,31% mol untuk senyawa isopentana dan 0,31% mol untuk senyawa n-pentana, hasil tersebut menandakan bahwa sampel gas alam yang diuji memiliki persentase mol yang sesuai dengan permintaan pelanggan. N-Hexana (*n-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>*) memiliki spesifikasi konsentrasi sebesar 0,5% mol, dan hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan konsentrasi aktual sebesar 0,45% mol, hasil tersebut telah menunjukkan kesesuaian dari konsentrasi propana yang dimintai oleh pelanggan. Konsentrasi dari senyawa-senyawa hidrokarbon tersebut memiliki kualitas yang sangat baik, produk tersebut memiliki nilai kalor yang lebih efisien dan memiliki kualitas pembakaran yang stabil. Jika konsentrasi senyawa hidrokarbon tersebut memiliki persentase yang tinggi maka produk gas alam tersebut dapat dengan mudah menghasilkan endapan dan dapat menurunkan efisiensi dari proses pembakaran [9].

Selain senyawa hidrokarbon, sampel gas alam yang dianalisis memiliki komponen impurities seperti senyawa nitrogen dan senyawa karbon dioksida. Spesifikasi konsentrasi dari kedua komponen tersebut yaitu untuk senyawa nitrogen (*N<sub>2</sub>*) memiliki konsentrasi sebesar 2,5% mol, dan senyawa karbon dioksida (*CO<sub>2</sub>*) memiliki konsentrasi sebesar 15% mol. Hasil aktual yang didapatkan yaitu sebesar 2,60% mol komponen nitrogen dan 15,18% mol karbon dioksida. Data aktual tersebut menunjukkan bahwa kedua komponen impurities tersebut memiliki nilai konsentrasi aktual yang menandakan produk gas alam tersebut memiliki komposisi zat pengotor yang rendah sehingga produk gas alam yang digunakan bersifat aman untuk digunakan serta sesuai dengan spesifikasi yang diminta oleh pelanggan. Jika nilai persentase komposisi impurities tinggi maka produk gas alam tersebut tidak dapat digunakan, karena produk gas alam tersebut bersifat beracun, tidak aman untuk lingkungan sekitar, dan memiliki kualitas pembakaran yang buruk [9,10]. Dari hasil analisis komponen tersebut, dapat diketahui bahwa kualitas gas alam yang diperoleh dari PT. X memiliki kualitas yang memenuhi standar atau spesifikasi yang diminta oleh pelanggan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisa komponen gas alam yang telah dilakukan terdapat hasil yang konsisten dari komposisi aktual dan spesifikasi, seperti konsentrasi metana (*CH<sub>4</sub>*) yang memiliki komposisi aktual sebesar 75,3871% mol dari spesifikasi komposisi sebesar 75,4% mol, selain itu ada senyawa etana dengan persentase sebesar 2,5893% mol dan senyawa propana dengan komposisi sebesar 2,5203% mol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas gas alam yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan industri. Selain komponen metana, adanya komponen lain seperti etana dan propana yang menunjukkan konsentrasi aktual yang sangat dekat dengan nilai spesifikasinya, yang menandakan bahwa produk gas alam dari PT. X memiliki kualitas pembakaran dan tekanan uap yang sangat baik untuk standar aplikasi industri. Analisis komponen non-hidrokarbon, seperti komponen nitrogen dan karbon dioksida,

menunjukkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi suatu industri, memastikan bahwa senyawa impurities tetap dalam batas konsentrasi yang aman.

Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan kalibrasi terhadap alat GC terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang sangat maksimal, dan dapat mengurangi potensi kerusakan terhadap alat pada saat dilakukannya pengujian. Serta pada penelitian selanjutnya, menggunakan sampel *pure gas* untuk membuka wawasan terkait dengan komposisi gas yang terdapat pada *pure gas* tersebut.

## REFERENSI

- [1] Michael J. Bradshaw, Tim Boersma, "*Natural Gas*," USA: Polity, 2020.
- [2] E. Lunades, L. Reubaet, dan T. Greibrokk, "*Chromatography Basic Principles, Sample Preparations, and Related Methods*," Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2014.
- [3] Hartono, H. S. O., H. Soetjipto, dan A. I. Kristijanto, "*Extraction and Chemical Compounds Identification of Red Rice Bran Oil Using Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS) Method*," Eksakta: Jurnal Ilmu-ilmu MIPA. hal 13-25, 2017.
- [4] H. M. McNair, N. H. Snow, dan J. M. Miller, "Basic Gas Chromatography 3rd ed," New York, NY: John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- [5] B. Soedomo, "Gas Chromatography," Yogyakarta: Bagian Penerbitan Rutin Modul Pembelajaran Kuliah Kerja Sama PT Parama dan SV UGM, 2016.
- [6] ASTM D1945-14, "Standard Test Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography," West Conshohocken, PA: ASTM International, 2014.
- [7] T. Waters, "Process Gas Chromatographs: Fundamentals, Design and Implementation," USA: John Wiley & Sons Ltd., 2020.
- [8] N. H. Hasibuan, R. Karolina, M. Irma, dan M. Martinni, "Kromatografi Gas," Jakarta: PT Pena Persada Kerta Utama, 2022.
- [9] V. Chandra, "Fundamentals of Natural Gas: An International Perspective, 2nd ed," USA: PennWell, 2017.
- [10] J. G. Speight, "Natural Gas Analysis Handbook," USA: John Wiley & Sons Inc., 2018.
- [11] H. M. Syukur, "Potensi gas alam di Indonesia," Forum Teknologi, vol. 06, no. 1, hal. 64–73, 2015.
- [12] I. W. T. Aryasa, N. P. R. Artini, D. P. R. Vidika A., dan I. M. D. Hendrayana, "Kadar Alkohol Pada Minuman Tuak Desa Sanda Kecamatan Pupuan Kabupaten Tabanan Bali Menggunakan Metode Kromatografi Gas," *Jurnal Ilmiah Medicamento.*, vol. 5, no. 1, hal. 33–38, 2020.
- [13] R. Hidayat, S. P. Pasaribu, dan C. Saleh, "Penggunaan Internal Standar Nitrobenzena Untuk Penentuan Kuantitatif Btex Dalam Kondensat Gas Alam Dengan Kromatografi Gas," *Jurnal Kimia Mulawarman*, vol. 12, no. 2, hal. 89–96, 2015.
- [14] A. N. Rakhmatullah, L. Andina, I. Syahfari, dan D. Rio Pambudi, "Analisis Kandungan Alkohol pada Parfum yang Dibuat dari Bahan Sintetik dan Bahan Alam Menggunakan Metode Kromatografi Gas," *Jurnal Surya Medika.*, vol. 7, hal. 185–189, 2022.
- [15] E. Padang, L. Hendrajaya, L. A. Pasasa, dan H. Hendro, "Model Perhitungan Energi Gas alam berbasis Pada Kecepatan Suara, Bulk Modulus, dan Komposisi Gas Diluent," *Positron : Berkala Ilmiah Fisika*, vol. 9, no. 2, hal. 53, 2019.