



Perbandingan Metode Pengukuran Kadar Air dalam Gas Bumi dengan ASTM D1142 dan ASTM D5454

Eko Handoyo dan Endi Suhendi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230 Indonesia

Artikel Info:

Naskah Diterima:
10 Februari 2022
Diterima setelah perbaikan:
7 April 2022
Disetujui terbit:
30 April 2022

Kata Kunci:

Gas alam
Kadar air
Pengukur titik embun
Instrumen kapasitif
Akurasi kurva kalibrasi
Natural gas
Water content
Dew point tester
Capacitive instrument
Accuracy
Calibration curve

ABSTRAK

Dua metode yang umum digunakan untuk mengukur kadar air dalam gas bumi di Indonesia adalah ASTM D1142 (Pengukuran Titik Embun) dan ASTM D5454 (Instrumen Kapasitif). Umumnya, hasil pengukuran, baik antara instrumen kapasitif yang berbeda atau dengan pengukuran titik embun air menghasilkan nilai yang berbeda signifikan dan menimbulkan kerugian berbagai pihak. Telah dilakukan pengujian untuk membandingkan hasil pengukuran instrumen kapasitif A, B1, dan B2 serta pengukur titik embun dengan mengukur gas standar pada rentang konsentrasi 5.5 - 125.5 lb/MMScf. Pengukuran menggunakan pengukur titik embun menunjukkan bias antara 2 lb/MMScf pada konsentrasi 5.5 lb/MMScf (akurasi 135%) hingga 3.3 lb/MMScf pada konsentrasi 125 lb/MMScf (akurasi 102.6%). Bias sebesar 10% atau lebih pada pengujian ini terjadi pada kadar air dibawah 22 lb/MMScf. Bias pada pengukuran metode ini disebabkan karena perhitungan konversi kadar air belum pembentukan hidrat pada suhu rendah dan tidak memperhitungkan pengaruh komposisi gas. Pengukuran instrumen kapasitif A menunjukkan hubungan linear dengan nilai koefisien korelasi 0.997 dengan nilai *slope* 0.5299 dan akurasi 24-51%. Akurasi instrumen Kapasitif B1 berada pada rentang 25-51% dengan koefisien korelasi kuadratik adalah 0.997. Koefisien korelasi kuadratik kurva instrumen kapasitif B2 adalah 0.9995. Akurasi instrumen kapasitif B2 berada rentang 64-114%. Bias pada pengukuran instrumen kapasitif disebabkan karena kurva sinyal pembacaan yang tidak linear sepanjang rentang pembacaan dan *drift* yang terjadi pada sensor. Bias ini dapat diatasi dengan kalibrasi dan verifikasi instrumen secara berkala.

ABSTRACT

Two methods commonly used in Indonesia to measure water content in natural gas are ASTM D1142 (Dew Point Measurement) and ASTM D5454 (Capacitive Instruments). Generally, the measurement results are significantly different, either between different capacitive instruments or by measuring the dew point of water, and have caused losses for various parties. Tests have been carried out to compare capacitive instruments A, B1, B2, and dew point tester by measuring standard gases 5.5 - 125.5 lb/MMScf. Dew point measurements showed biases between 2 lb/MMScf at a concentration of 5.5 lb/MMScf (135% accuracy) to 3.3 lb/MMScf at a concentration of 125 lb/MMScf (102.6% accuracy). More than 10% bias in this test occurs at water content below 22 lb/MMScf. The bias in the measurement of this method is due to the calculation of the water content conversion that does not form hydrates at low temperatures and does not consider the effect of gas composition. Measurement of the capacitive instrument shows a linear relationship with a 0.997 correlation coefficient, 0.5299 slopes, and an accuracy of 24-51%. The accuracy of the B1 Capacitive instrument is in the range of 25-51%, with a quadratic correlation

Korespondensi:

E-mail: eko.handoyo@esdm.go.id (Eko Handoyo)

coefficient of 0.997. The quadratic correlation coefficient of the B2 capacitive instrument curve is 0.9995. The accuracy of the B2 capacitive instrument is in the range of 64-114%. The capacitive instrument measurements bias is caused by the non-linear curve of the reading signal along with the reading range and the drift that occurs in the sensor. This bias can be overcome by periodic calibration and verification of the instrument.

© LPMGB - 2022

PENDAHULUAN

Pengukuran kadar air dalam gas bumi merupakan salah satu kegiatan yang penting. Pengukuran kadar air yang akurat menjaga proses produksi transportasi, dan pemanfaatan gas yang efisien dan aman.

Metode dan Instrumen yang umumnya digunakan untuk mengukur kadar air dalam gas bumi di Indonesia adalah ASTM D-1142 dengan alat pengukur titik embun dan ASTM D-5454 dengan alat instrumen kapasitif. Idealnya, kedua jenis metode tersebut menghasilkan hasil pengukuran kadar air yang tidak berbeda. Namun, seperti dipaparkan pada Tabel 1, banyak hasil pengukuran kadar air menggunakan instrumen kapasitif yang berbeda dapat berbeda signifikan. Selain itu, hasil pengukuran dengan instrumen kapasitif (ASTM D-5454) lebih kecil dari hasil pengukuran dengan pengukur titik embun (ASTM D-1142). Seperti terlihat pada Tabel 1, perbedaan pengukuran oleh kedua metode ini masih terjadi dan telah menimbulkan masalah dan ketidak pastian di industri pengolahan, transportasi, dan pemanfaatan gas bumi di Indonesia serta mengakibatkan kerugian yang tidak disadari berbagai pihak.

Perbedaan hasil pengukuran tersebut perlu dikaji melalui pengujian dengan membandingkan hasil pengukuran gas standar menggunakan pengukur titik embun dan instrumen kapasitif. Kemudian mencari penyebab perbedaan hasil pengukuran

dan solusi untuk mengatasi perbedaan pengukuran tersebut. Gas standar dibuat dengan menggunakan metode saturasi berdasarkan ISO 1945-9 dan metode ASTM D5454. Sedangkan perhitungan konsentrasi gas standar berdasarkan ISO 18403. Akurasi pengukuran kemudian dihitung berdasarkan selisih antara konsentrasi pembacaan gas standar dengan pembacaan alat. Dengan pengujian ini, diharapkan dapat diketahui solusi dari permasalahan yang terjadi akibat perbedaan hasil pengukuran air dalam gas bumi dan meminimalkan dampak negatif akibat perbedaan hasil pengujian.

A. Instrumen Kapasitif (ASTM D-5454)

Instrumen kapasitif menggunakan sensor yang bekerja seperti kapasitor. Sensor ini terdiri atas lapisan dielektrik Al_2O_3 berpori yang sensitif terhadap kelembaban dengan lapisan konduktif di kedua sisinya. Karena pori Al_2O_3 bersifat higroskopis, air dari gas bumi akan menggantikan udara yang sebelumnya ada, masuk kedalam pori, dan teradsorpsi hingga tercapai kesetimbangan. Air dalam pori akan mengubah konstanta dielektrik dari sensor karena perbedaan *relative permittivity* yang signifikan antara uap hidrokarbon dengan air (*Alpha Moisture Systems*).

Karena sensor bersifat higroskopis, sensor lebih mudah mengadsorpsi air dan sulit terdesorpsi. Karenanya, sensor ditempatkan dalam *chamber*

Tabel 1
Contoh hasil pengukuran kadar air dalam gas dari 3 Lab dan alat yang berbeda

Hasil Pengukuran Kadar Air (Lb/MMScf) 2013				Hasil Pengukuran Kadar Air (Lb/MMScf) 2021		
Titik	Instrumen kapasitif		Pengukur Titik Embun	Titik	Instrumen kapasitif	
Lab	A	B	C		A	C
1	13.5	13	37.9	1	65	108
2	9.7	11.7	44.7	2	42	87
3	12.5	9	40	3	42	86
4	5	11	46.8			
5	-	2	7.8			

berisi molekular *sieve* ketika pengukuran telah dilakukan (Gambar 1). Kadar air yang teradsorpsi dalam sensor akan turun hingga 0.03lb/MMScf tergantung dari tingkat kejenuhan dari *molecular sieve*. Dengan sistem ini, waktu respon instrumen akan lebih cepat.

Instrumen kapasitif umumnya didesain untuk merespon konsentrasi air hingga batas tertentu, seperti 289 lb/MMScf (titik embun air 0°C) atau 1100 lb/MMScf (titik embun air 20°C). Gas dengan kadar air diatas konsentrasi desainnya tidak akan memberikan peningkatan kapasitas listrik dari sensor secara signifikan (Gambar 2). Karenanya, pada sebagian instrumen kapasitif, titik maksimum ini dijadikan sebagai titik atas dalam kalibrasi otomatis instrumen kapasitif. Sedangkan, titik nol (*blank*) didapatkan dari sinyal sensor pada saat sensor dikeringkan dalam *chamber mol-sieve*. Sebagian instrumen kapasitif yang lain dikalibrasi dengan cara mengalirkan berbagai konsentrasi gas standar air dengan matriks Nitrogen. Sinyal yang didapatkan dari tiap pembacaan dan konsentrasi gas standar

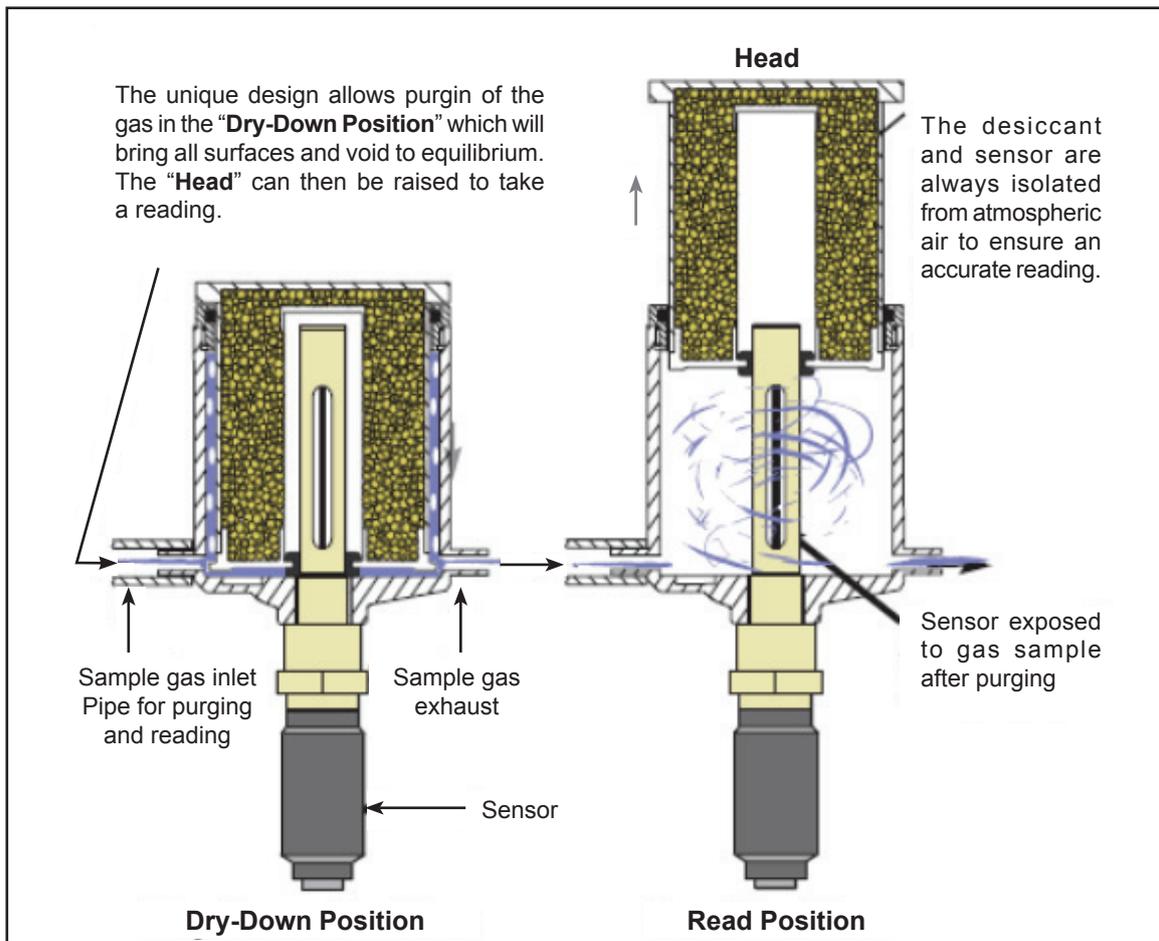
dimasukkan dalam data alat untuk dijadikan sebagai faktor kalibrasi.

B. Pengukur Titik Embun (ASTM D-1142)

Uap air dalam gas bumi akan mengembun bila didinginkan. Temperatur dan dimana uap air mengembun ketika gas didinginkan pada tekanan tetap dinamakan temperatur pengembunan. Temperatur pengembunan ditentukan oleh kadar airnya. Semakin kecil kadar air, semakin rendah temperatur dimana uap air mulai mengembun.

Pengukur titik embun menerapkan prinsip metode pengembunan. Instrumen ini melewati gas dipermukaan cermin dalam instrumen dan mendinginkannya pada tekanan tetap hingga embun terlihat secara visual dipermukaan cermin. Temperatur dan tekanan ketika embun terbentuk dijadikan dasar perhitungan kadar air.

ASTM D-1142 menggunakan 3 metode untuk menghitung kadar air, yaitu menggunakan kurva hubungan kadar air, suhu dan tekanan saturasi, berdasarkan hukum Raoult's dan data korelasi dari



Gambar 1

Posisi sensor ketika *standby* (mengeringkan sensor) dan mengukur (Alpha Moisture Systems, 2012).

bukacek. Metode lainnya yang dapat digunakan adalah menggunakan metode ISO 18403. Dibandingkan perhitungan dengan ASTM D-1142, Metode perhitungan ISO 18403 sudah memperhitungkan komposisi gas pada keadaan jenuhnya sehingga meningkatkan akurasi perhitungan kadar air pada kondisi jenuh.

C. Moisture Generator dengan Saturasi Gas

Metode saturasi merupakan salah satu metode untuk membuat gas standar dimana gas bumi dijenuhkan dengan cara melewati gas kedalam cairan pada tekanan dan temperatur tertentu. Kadar air yang keluar dari gas yang dijenuhkan tersebut dapat dihitung menggunakan menggunakan korelasi seperti kurva korelasi Mcketta-Wehe, persamaan Roul, persamaan Bukacek, CPA-EOS atau ISO 18403. Karena ISO 18403 didasarkan atas saturasi gas pada berbagai rentang konsentrasi gas hidrokarbon, air, dan CO₂, maka metode ini dijadikan acuan perhitungan dalam pengujian ini.

BAHAN DAN METODE

A. Instrumen

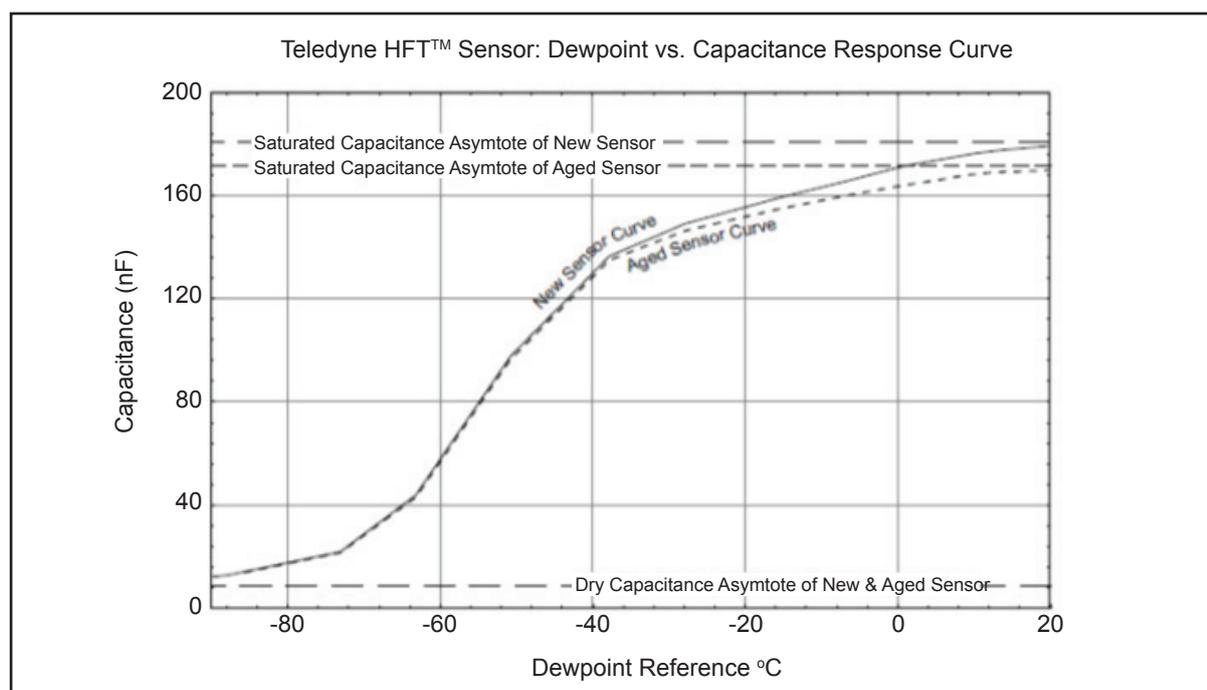
Pengujian ini menggunakan satu *Chandler dew point tester* (CDT), satu instrumen kapasitif dengan merek A dan 2 Instrumen Kapasitif merek

B (B1 dan B2). Instrumen kapasitif A dapat membaca konsentrasi kadar air hingga maksimum 50 lb/MMScf, sedangkan instrumen kapasitif B dapat membaca kadar air pada rentang 0-1100 lb/MMScf. Instrumen kapasitif A dikalibrasi menggunakan fitur kalibrasi otomatis, sedangkan instrumen kapasitif B dikalibrasi oleh vendor instrumen. Pengukuran instrumen kapasitif tipe A dilakukan pada tekanan atmosferik dengan laju alir gas 4 L/min. Pengukuran instrumen kapasitif B1 dilakukan dengan tekanan 50 psig dengan laju alir 6 SCFH. Pengukuran instrumen kapasitif tipe B2 dilakukan dengan tekanan 150 psig dengan laju alir 6 SCFH.

B. Gas Standar

Gas standar dibuat menggunakan *Compressed natural gas* (CNG). Komposisi gas CNG sesuai dengan persyaratan ISO 18453-2004 untuk menghitung kadar air dalam keadaan jenuh. Komposisi CNG ditampilkan pada Tabel 2.

Gas dengan konsentrasi pada Tabel 2 kemudian dijenuhkan dengan air merujuk pada ISO 1945-9 dan ASTM D5454. Gas alam dari tabung CNG dialirkan ke dalam tabung berisi air untuk menjenuhkannya dengan air. Gas kemudian dialirkan kedalam separator dalam *water bath* yang telah diatur suhu dan tekanannya. Gas standar yang telah dibuat kemudian mengalir ke pengukur titik embun dan instrumen kapasitif untuk diukur kadar airnya.



Gambar 2
Kurva hubungan sinyal kapasitif dan kadar air yang dinyatakan dalam titik embun °C (<http://www.teledyne-ai.com/manuals.asp>).

Pada pengujian ini, digunakan 2 variasi rentang saturasi (Gambar 3). Variasi 1 pada rentang 5-80 lb/MMScf dibuat dengan saturasi gas pada tekanan 60-950 psig dan suhu 1-5°C. Alat yang diuji pada variasi 1 ini adalah *Chandler Dew Point Tester* (CDT), A, dan B1. Saturasi 2 dengan rentang kadar air. dan variasi 2 pada rentang 9-125 lb/MMScf dibuat dengan saturasi gas pada tekanan 160-550 psig dan suhu saturasi 1-24°C. Alat yang diuji pada variasi ini adalah CDT, B1, dan B2.

HASIL DAN DISKUSI

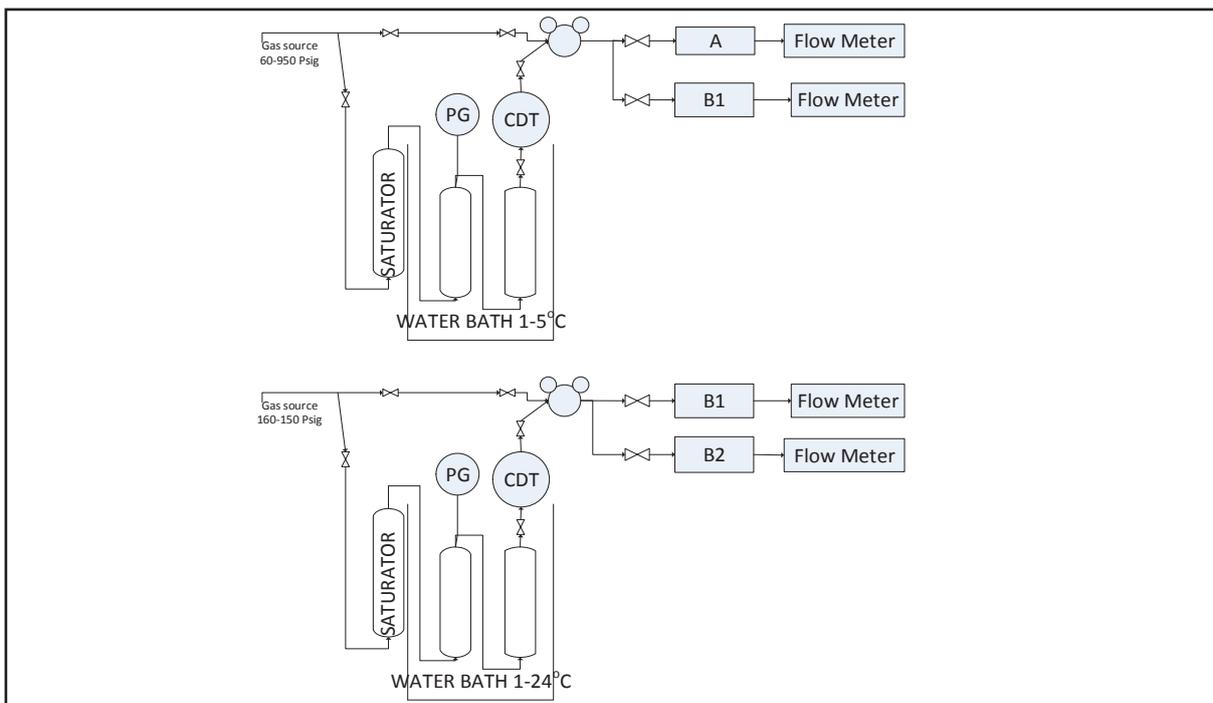
A. Hasil

Grafik pada Gambar 4 merupakan perbandingan hasil pengukuran menggunakan pengukur titik embun, Instrumen kapasitif A, B1, dan B2. Ketiga pengukuran menunjukkan hasil pembacaan gas standard bervariasi. Dari data pada Gambar 4, juga dihitung akurasi pengukuran alat ukur dengan membandingkan konsentrasi gas standard (Tabel 3).

$$\text{Akurasi}(\%) = 100 \times \frac{\text{Pembacaan Alat}}{\text{Konsentrasi Gas Standard}}$$

Tabel 2
Konsentrasi CNG yang digunakan untuk membuat standar dan batasannya

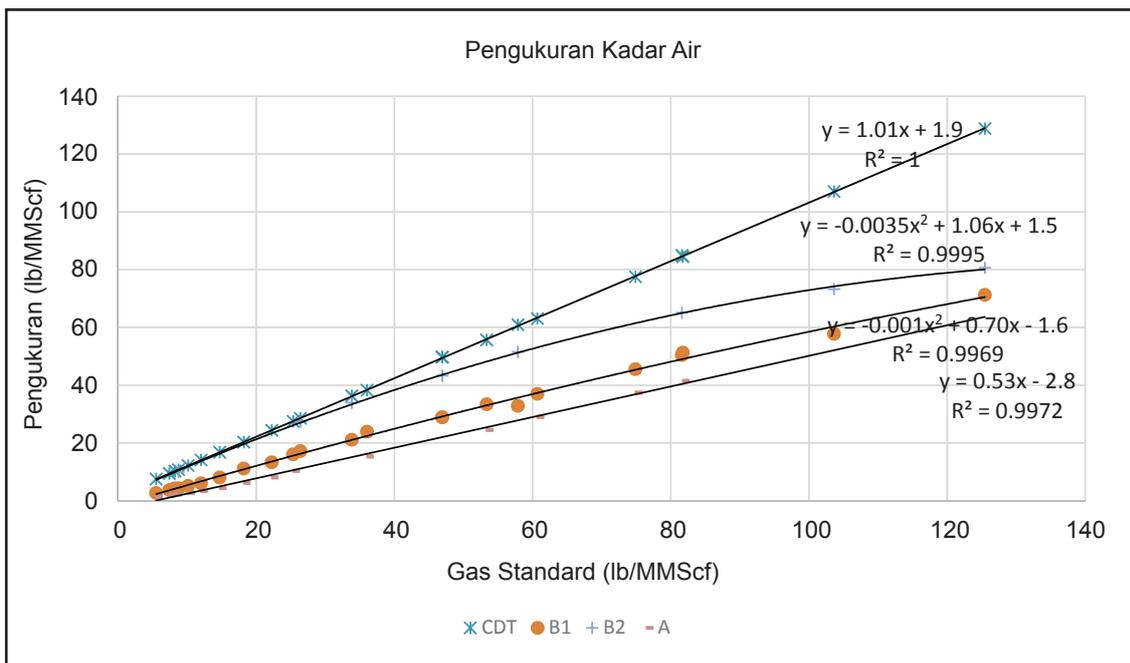
Komponen	Konsentrasi(%)	Batasan ISO 18453-2004(%)
Methana	89.5	>40
Ethana	3.61	<20
Propana	1.63	<4.5
i-butana	0.43	<1.5
n-butana	0.55	<1.5
i-pentana	0.17	<1.5
n-pentana	0.11	<1.5
Heksana+	0.24	<1.5
CO ₂	3.39	<30
Nitrogen	0.38	<55



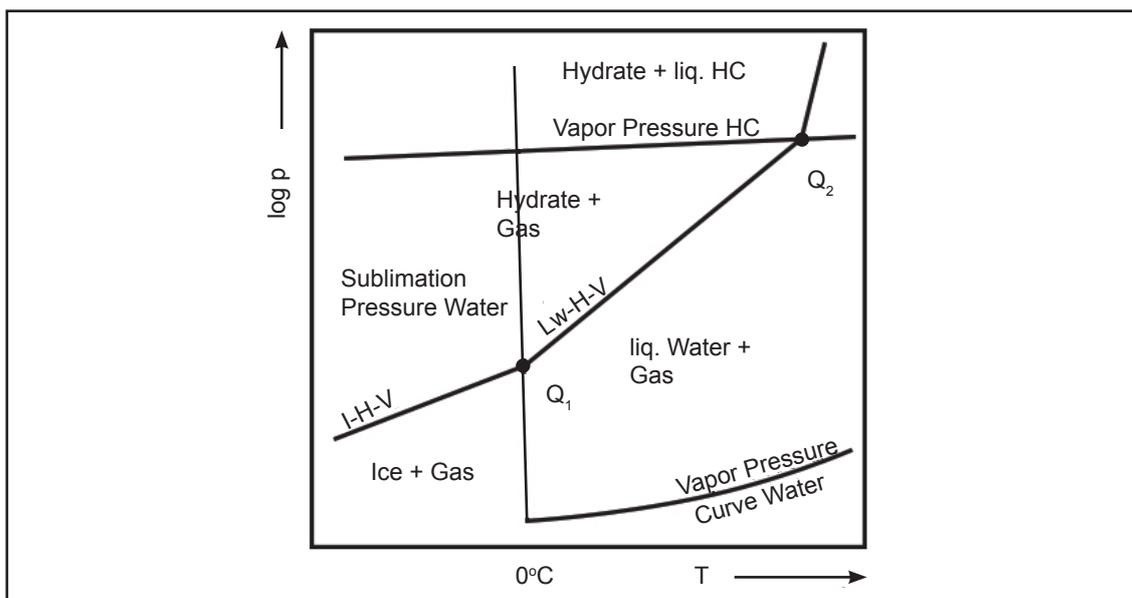
Gambar 3
Rangkaian pengujian instrumen kapasitif variasi 1(atas) dan variasi 2 (bawah).

Secara umum, kurva kalibrasi dianggap baik bila memiliki koefisien korelasi 0.995 hingga 1. Kurva pembacaan alat pengukur titik embun linear pada seluruh rentang uji dengan koefisien korelasi 0.9995. Dengan *slope* 1.0408, menunjukkan bahwa hasil pengukuran lebih besar dibandingkan konsentrasi gas standar yang dibuat. Dari Tabel 3 di bawah ini, hasil pengukuran pengukur titik embun lebih besar 2-3 lb/MMScf dari gas standar. Perbedaan ini masih dapat diterima pada pengukuran kadar air diatas 20 lb/MMScf dengan nilai akurasi antara 103-110%.

Hasil pengukuran instrumen kapasitif A menunjukkan hubungan linear dengan nilai koefisien korelasi 0.997 dengan nilai *slope* 0.5299 dan akurasi 24-51%. Artinya, Pembacaan instrumen kapasitif A hanya 25-51% dari seharusnya. Koefisien korelasi linear instrumen kapasitif B1 adalah 0.993, kurang dari 0.995, menunjukkan korelasi linear tidak tepat diaplikasikan pada kurva ini. Karenanya, pada instrumen kapasitif B lebih baik jika menggunakan kurva kalibrasi kuadratik dengan nilai koefisien korelasi 0.997. Akurasi instrumen Kapasitif B1



Gambar 4
Kurva hubungan konsentrasi gas standar dan hasil pengukuran.



Gambar 5
Skema diagram fase P-T untuk campuran gas (Oelrich dkk, 2001).

Tabel 3
Perbandingan hasil pengukuran gas standard dengan *Chandler Dew Point Tester*

Variasi	Gas Standard (lb/MMScf)	Pengukur Titik Embun (lb/MMScf)	Akurasi (%)
Variasi 2	8.7	10.75	122.9
	26.4	28.54	108.1
	33.8	36.29	107.3
	46.9	49.7	105.9
	57.9	60.89	105.2
	81.6	84.93	104.1
	103.6	107.03	103.3
	125.5	128.8	102.6
	5.5	7.49	135.8
	7.4	9.42	126.9
Variasi 1	8.2	10.25	124.3
	10.1	12.16	120
	12	14.06	117
	14.7	16.77	114
	18.2	20.29	111.4
	22.2	24.36	109.5
	25.3	27.48	108.5
	36	38.25	106.1
	46.9	49.7	105.9
	53.3	55.66	104.3
60.7	63.05	103.9	
74.9	77.48	103.5	
81.8	84.48	103.3	

berada pada rentang 25-51%, lebih rendah dari konsentrasi gas standar. Koefisien korelasi linear kurva kalibrasi instrumen kapasitif B2 adalah 0.964, kurang dari 0.995, menunjukkan kalau korelasi linear tidak tepat diaplikasikan pada kurva ini. Dengan kurva kalibrasi kuadratik didapatkan nilai koefisien korelasi 0.9995. Akurasi instrumen kapasitif B1 berada rentang 64-114%. Artinya, Pembacaan instrumen kapasitif B1 adalah 64-114% dari seharusnya.

B. Diskusi

Pengukuran menggunakan pengukur titik embun menunjukkan bias pada konsentrasi 5.5 lb/MMScf

(135%) hingga 3.3 lb/MMScf pada konsentrasi 125 lb/MMScf (102.6%). Bias sebesar 10% atau lebih pada pengujian ini terjadi pada kadar air dibawah 22 lb/MMScf. Pada pengukuran gas standar dibawah 20lb/MMScf, perbedaan 2-3 lb/MMScf menjadi signifikan menyebabkan kesalahan 11% pada pengukuran gas standar 18.2 lb/MMScf hingga 36% pada pengukuran gas standar 5.5 lb/MMScf. Kesalahan perhitungan pada konsentrasi dibawah 20 lb/MMScf dapat menjadi masalah pada pengukuran gas dengan kandungan air yang umum 12 lb/MMScf dan spesifikasi CNG 3 lb/MMScf (Andriani & Rosmayati, 2017).

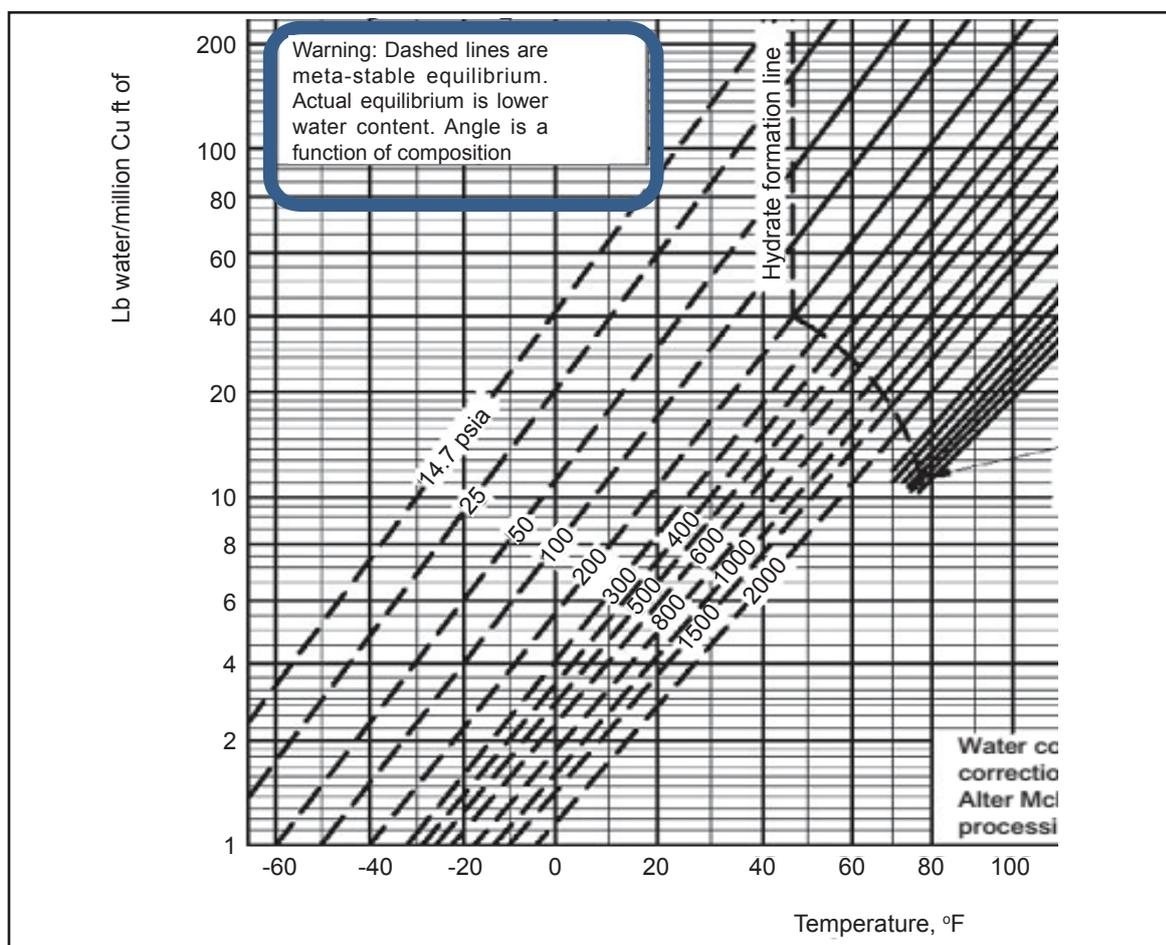
Karena prinsip dari pembuatan gas standar dan pengukuran titik embun sama-sama berdasarkan prinsip saturasi dan kesetimbangan antara uap air dalam gas dengan fase cair dari air, maka perbedaan yang terjadi disebabkan oleh metode perhitungan kadar air berdasarkan titik embun yang diamati. ASTM D-1142 menggunakan metode dari Bukacek yang menghitung kadar air dalam gas alam yang berada dalam kesetimbangan dengan air dalam fase cair (Lokken, 2008). Sedangkan ISO 18403 menghitung kadar air yang berada dalam kesetimbangan dengan fase stabilnya.

Fase stabil yang berada dalam kesetimbangan dengan uap air jenuh dapat terdiri atas air dalam fase cair, es, atau hidrat, bergantung dari temperatur, tekanan dan kadar airnya. Ketika gas didinginkan pada tekanan tetap, air dalam fase uap dapat mengembun, membeku, atau membentuk hidrat. Pada Gambar 5 terlihat bahwa pada 0°C dan tekanan rendah, air berada dalam kesetimbangan dengan es. Sedangkan, pada tekanan yang lebih tinggi, uap air akan berada dalam kesetimbangan dengan hidrat. Bergantung

pada komposisi gas, uap air yang berada dalam kesetimbangan dengan hidrat memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan uap air yang berada dalam kesetimbangan dengan es atau air seperti digambarkan pada Gambar 6.

$$C_{hidrat} < C_{es} < C_{air} \quad (1)$$

Titik pembentukan hidrat juga dipengaruhi oleh komposisi gas yang berkorelasi secara langsung dengan densitasnya. Secara umum, dengan peningkatan densitas gas, maka hidrat lebih mudah terbentuk seperti terlihat pada Gambar 7. Pengujian ini menggunakan gas dengan *density* 0.65 dan dari grafik dapat terlihat bahwa dalam pengujian ini, uap air akan berada dalam kesetimbangan dengan hidrat pada tekanan diatas 130 psig (0.9 Mpa). Sedangkan pada tekanan dibawah 130 psig, sistem berada dalam kesetimbangan dengan es atau air. Perhitungan menggunakan bukacek dari ASTM dan ISO 18403 pada pengujian ini menunjukkan bahwa perbedaan hasil pengukuran menjadi lebih dari 10% pada tekanan diatas 200 psig.



Gambar 6
Kurva kadar air, tekanan, dan temperatur (GPSA, 2012).

Pengujian lain menunjukkan hasil pengukuran dari bukacek lebih besar pada temperatur pengembunan kurang dari 10°C untuk tekanan 100 bar dan 0°C pada tekanan 5 bar (Oelrich dkk, 2001). Karenanya, metode bukacek dalam perhitungan ASTM D-1142 baik untuk perhitungan pada tekanan rendah dan temperatur relatif tinggi atau kadar air yang relatif tinggi. Selain itu, kadar air pada temperatur rendah dan tekanan tinggi (area kadar air rendah) sangat dipengaruhi oleh komposisi gas (Oelrich, Lothar, Althaus, Klaus, 2001).

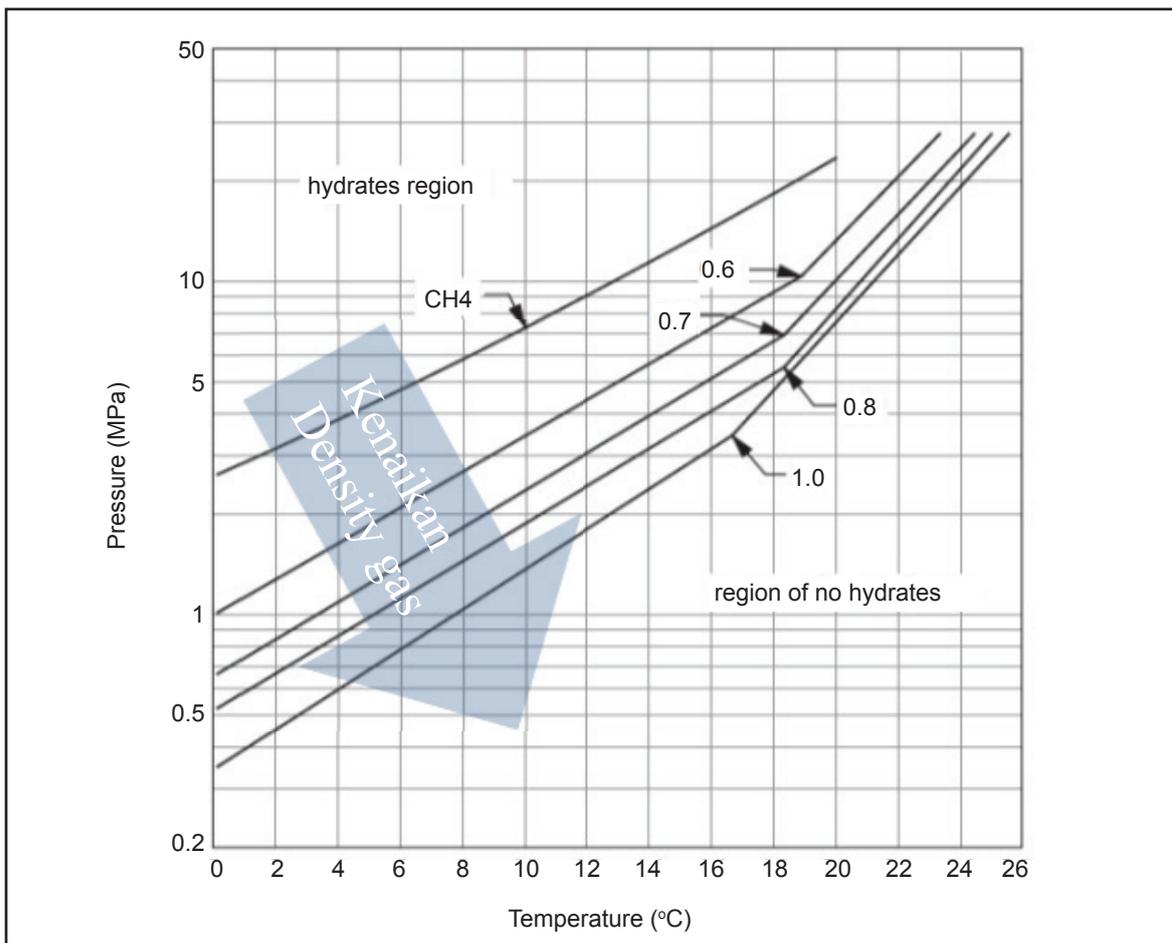
Selain mempengaruhi titik pembentukan hidrat, komposisi gas mempengaruhi kapasitas gas dalam “mempertahankan” air dalam fase gas. Gas methane lebih besar dalam mempertahankan air dalam fase gas dibandingkan ethana atau hidrokarbon yang lebih berat. CO₂ dan air juga mempertahankan air dalam fraksi gas. Sifat ini tidak diperhitungkan dalam ASTM D1142. Sehingga, dapat diketahui jika sumber kesalahan pada pengukuran pengukur titik embun disebabkan karena perhitungan ASTM D1142 belum memperhitungkan pembentukan hidrat pada

suhu rendah dan tidak memperhitungkan pengaruh komposisi gas.

C. Pengukuran menggunakan Instrumen Kapasitif

Diketahui bahwa instrumen Kapasitif A dikalibrasi menggunakan sistem kalibrasi otomatis. Karena kalibrasi otomatis merupakan kalibrasi 2 titik (konsentrasi terendah dan tertinggi), maka menjadi penting untuk memastikan kurva kalibrasi instrumen kapasitif A linear pada seluruh rentang kadar air. Dari pengujian ini, diketahui bahwa instrumen kapasitif A linear pada seluruh rentang pengujian. Namun demikian, perlu dilakukan set ulang pembacaan instrumen kapasitif A agar koreksi pembacaan tidak terlalu besar dengan konsentrasi gas yang diukur.

Instrumen kapasitif B merupakan salah satu instrumen yang digunakan di industri migas di Indonesia. Seperti instrumen B1 dan B2, umumnya instrumen ini tidak dikalibrasi dan atau diverifikasi menggunakan gas standar selama penggunaannya karena berbagai kendala seperti kalibrasi yang



Gambar 7
Kurva hidrat berdasarkan berat jenis gas (John, 2009).

dilakukan di luar negeri atau harga gas standar yang relatif mahal. Dari pengujian ini diketahui bahwa instrumen kapasitif B1 dan B2 yang dimiliki oleh industri migas tidak memiliki akurasi yang baik. Penting untuk memastikan kalibrasi dari peralatan ini secara rutin agar tidak menyebabkan kerugian berbagai pihak. Selain itu, perlu juga untuk melakukan verifikasi pada rentang pengujian yang umumnya dilakukan di laboratorium.

Rendahnya hasil pengukuran instrumen kapasitif dapat disebabkan oleh sensor kapasitif yang mengalami perubahan sinyal dari waktu ke waktu. Instrumen komersial menunjukkan laju pengurangan sinyal sebesar 2°C/tahun (McKeogh, Gerard and Soleyn, 2011). Laju penurunan sinyal terjadi terutama pada diawal penggunaan instrumen yang mencapai 0.36°C hingga 0.63°C tiap hari (Lokken, 2012). 16 hari selanjutnya penurunan sinyal adalah 0.04°C/hari (Lokken, 2012). Penurunan sinyal instrumen kapasitif yang signifikan terjadi pada titik embun diatas 8°C jika sensor terpapar gas dengan kelembaban tinggi dalam waktu yang lama (Nahar, 2000). Laju penurunan yang berbeda tentu akan mengubah linearitas kurva kalibrasinya. Deviasi sebesar 10-20°C dapat terjadi di sensor kapasitif (Lokken, 2008).

Selama penggunaan, kedua instrumen tersebut dapat terpapar berbagai jenis pengotor yang merubah unjuk kerja dari sensor. Pengotor untuk instrumen kapasitif dibagi menjadi tiga jenis, yaitu non-konduktif, konduktif, dan korosif. Pengotor non-konduktif menghalangi transportasi masuknya air ke dalam pori menyebabkan waktu respon instrumen menjadi lambat. Pengotor konduktif seperti alkohol dan glikol meningkatkan pembacaan instrumen kapasitif. Sedangkan pengotor korosif dalam gas alam seperti H₂S dan CO₂ dengan adanya air akan menyebabkan korosi pada perangkat sensor.

Karena penurunan sinyal dari instrumen kapasitif merupakan hal yang umum terjadi pada instrumen kapasitif, maka kalibrasi pada seluruh rentang skala secara berkala mutlak dilakukan untuk menjaga akurasi pengujian. Dengan pengecekan berkala seluruh rentang pengukuran, kita dapat mengetahui sensitivitas, linearitas, batas minimum dan maksimum pengukuran, dan presisi dari instrumen. Dari pengecekan berkala dapat disimpulkan apakah sensor tersebut masih dapat digunakan atau tidak. Kalibrasi satu titik juga dapat menjadi alternatif metoda kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan konsentrasi sampel diantara 20% konsentrasi standar.

Kalibrasi ini digunakan untuk pengukuran sampel yang memiliki konsentrasi yang tetap.

Dari penelitian ini diketahui bahwa akurasi instrumen kapasitif sangat bervariasi dari 24-114%. Begitu pula kurva kalibrasi antara instrumen kapasitif berbeda satu dengan yang lainnya. Tiap-tiap instrumen kapasitif memberikan hasil yang berbeda menyebabkan *dispute* pada serah terima gas. Pada tahap ini, kalibrasi instrumen kapasitif menjadi sangat penting untuk mengatasi permasalahan ini. Selain itu, untuk mengatasi beda pendapat yang terjadi karena perbedaan pengukuran, maka pengukuran dengan metode primer seperti pengukuran titik embun air menjadi metode rujukan jika terjadi perbedaan hasil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Bias pada pengukur titik embun terjadi karena tidak memperhitungkan komposisi gas dan dapat diatasi dengan mempertimbangkan penggunaan ISO 18403 untuk menghitung kadar air dalam gas bumi, terutama pada kadar air dibawah 22 lb/MMScf. Bias pada pengukuran instrumen kapasitif disebabkan karena kurva sinyal pembacaan yang tidak linear sepanjang rentang pembacaan dan *drift* yang terjadi pada sensor dapat diatasi dengan kalibrasi dan verifikasi instrumen secara berkala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" atas kesempatan dan dukungan yang telah diberikan sehingga tulisan ini bisa diselesaikan.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
ASTM	American Society for Testing and Materials International	
ISO	Organization for Standardization	
CNG	Compressed natural gas	
CPA-EOS	cubic-plus-association equation of state	

Simbol	Definisi	Satuan
SCFH	<i>Standard Cubic Feet per Hour</i>	
Lb/MMScf	<i>Pound/ Million standard cubic feet</i>	
ppmv	<i>parts per million volume</i>	
Al ₂ O ₃	<i>Aluminium oxide</i>	
PG	<i>Pressure Gauge</i>	
CDT	<i>Chandler Dew Point Tester</i>	

KEPUSTAKAAN

- Alpha Moisture Systems.** SADP_μ and SADP-D brosur. Shaw Moisture Meters Model SADP from Alpha Moisture Systems. [Online] [Cited: 07 22,2021.] <http://www.amsystems.co.uk/products/portable/sadp.html>.
- Andriani, Yayun dan Rosmayati, Lisna,** Adsorben Pengeri Gas Bumi untuk Meminimalkan Kadar Air dalam Bahan Bakar Gas(BBG). Jakarta: Elsevier, April 2017, Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi, Vol. 51, No. 1, pp. 4-7.
- ASTM D1142-95(2021),** “Standard Test Method for Water Vapor Content of Gaseous Fuels by Measurement of Dew-Point Temperature”
- ASTM D5454-11,”** Standard Test Method for Water Vapor Content of Gaseous Fuels Using Electronic Moisture Analyzers”
- Carroll, John.** Natural Gas Hydrates A Guide for Engineers second edition. Oxford : Elsevier, 2009.
- Folas A, Georgios K,** Data and prediction of water content of high pressure nitrogen, methane and natural gas, 252, Norway : Elsevier, 2007, Fluid Phase Equilibria, pp. 162-174.
- GE.** Basic GE Sensing User’s Guide. Billerica: GE, 2006.
- Gas Processors Suppliers Association.** (2012). GPSA Databook 13th Edition (13th ed.)
- ISO 18453:2004,** “Natural gas — Correlation between water content and water dew point”
- ISO 1945-9:2009,”** Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods — Part 9: Saturation method”
- Juhász, László and Mizsei, János,** A simple humidity sensor with thin film porous alumina and integrated heating. Budapest: Elsevier, October 2010, Procedia Engineering, Vol. 5, pp. 701-704.
- Lokken, T.V.,** Comparison of hygrometers for monitoring of water vapour in natural gas, Trondheim, Norway, Elsevier, 2012, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 6, pp. 24-36.
- Lokken, Torbjørn Vegard,** Water Content of High Pressure Natural Gas: Data, Prediction and experience from field. Paris: s.n., 2008. International Gas Union Research Conference.
- Lokken, T.V.,** Water vapour measurements in natural gas in the presence of ethylene glycol, Trondheim, Norway : Elsevier, 2013, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 12, pp. 13-21.
- Lokken, T.V.,** Water Vapour Monitoring in Natural Gas in the Presence of Methanol. Trondheim, Norway: Elsevier, 2012, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Vol. 7, pp. 7-15.
- Nahar, R.K,** Study of the performance degradation of thin film aluminum oxide. India: ELSEVIER, 2000, Vols. Sensors and Actuators B 63 2000. 49–54.
- Oelrich, Lothar R. and Althaus, Klaus.** Relationship Between Water Content and Water Dew Point Keeping in Consideration the Gas Composition in the Field of Natural Gas. Essen: VDI Verlag, 2001.
- Teledyne Analytical Instruments.** Instruction manual Model 8800T Trace Moisture Analyzer. Teledyne Analytical Instruments . [Online] [Cited: 08 11, 2021.] <http://www.teledyne-ai.com/manuals.asp>.