

## EVALUASI INJEKSI PENAMBAHAN BAHAN KIMIA UNTUK PENCEGAHAN PEMBENTUKAN GAS HIDRAT

Arluky Novandy <sup>\*)</sup>

### ABSTRAK

*Pada sistem distribusi gas alam di pipa seringkali digunakan suatu bahan kimia yang diinjeksikan untuk mencegah pembentukan hidrat. Pembentukan hidrat ini sangat dihindari mengingat hidrat dapat menimbulkan plugging di pipa distribusi gas sehingga perbedaan tekanan gas distribusi menjadi tinggi. Untuk menghindari pembentukan hidrate ini biasanya diinjeksikan bahan kimia inhibitor di pipa, tentunya dalam penambahan bahan kimia inhibitor ini diperlukan perhitungan yang ekonomis mengingat bahan kimia yang digunakan sangatlah mahal. Persamaan baru yang dikembangkan ini memiliki perbedaan dari beberapa persamaan yang ada sebelumnya.*

### BAB IV Pendahuluan

Uap air adalah impurities yang paling dihindari di komposisi gas alam. Uap air selalu terkandung di gas alam, biasanya berada pada range 400 – 500 lb uap air/MMSCF gas. Umumnya, keberadaan uap air di gas dikurangi (bila perlu dihilangkan) karena uap air ini akan menimbulkan masalah pembentukan hydrate. Air bebas dan gas alam akan membentuk padatan, yang biasanya disebut dengan “bunga es” yang mana di gas di sebut dengan hydrate. Hydrate ini akan membuntu di saluran gas, terutama di flowline serta akan menimbulkan beberapa permasalahan lainnya. Alasan lain bahwa uap air di gas ini harus dihilangkan adalah antara lain :

1. Dapat mempercepat terjadinya korosi, terutama bila gas mengandung H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub>.
2. Menimbulkan aliran slugging jika air bebas terbentuk di flow line
3. Uap air yang ada di gas akan mengurangi nilai kalori gas alam

Karena beberapa alasan di atas, maka spesifikasi gas alam yang mengalir di pipeline di batasi kandungan airnya yaitu biasanya tidak boleh lebih besar dari 6 – 8 lbm/MMSCF gas.

### IV.1 Latar Belakang

Hingga saat ini penggunaan inhibitor bahan kimia dalam mencegah pembentukan hidrat di pipa masih menggunakan persamaan yang lama. Dosis yang diperlukan bahan kimia Inhibitor ini telah lama dikembangkan. Tetapi kenyataannya, persamaan-persamaan yang ada sebagai dasar penentuan jumlah inhibitor dilapangan masih jauh dari perkiraan sebenarnya.

### IV.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan kepada para pengguna bahan kimia inhibitor gas hidrat tentang adanya persamaan baru dalam menentukan banyaknya bahan kimia inhibitor yang diperlukan.
2. Memberikan pengetahuan kepada khalayak tentang *Gas Dehydration*

## BAB V Persamaan-Persamaan Penentuan Kebutuhan Bahan Kimia Inhibitor

Di industri gas alam, penggunaan alkohol, seperti : methanol dan penggunaan glikol,

seperti : ethylen glikol dan triethylen glikol adalah hal umum dilakukan untuk mencegah pembentukan Hydrat.

Berikut adalah tabel sifat-sifat dari inhibitor yang umum digunakan.

Tabel 2.1 : Karakteristik Inhibitor

properties	methanol	ethanol	ethylen glycol	triethylen glycol
Molar mass, g/mol	32,042	46,07	62,07	150,17
Boiling point, oC	64,7	78,4	198	288
Vapor pressure (at 20 oC), kPa	12,5	5,7	0,011	< 0,001
Melting point, oC	-98	-112	-13	-4,3
Density at 20 oC, kg/m <sup>3</sup>	792	789	1116	1126
Viscosity at 20 oC, cP	0,59	1,2	21	49

Bahan kimia lainnya yang bisa digunakan sebagai inhibitor pembentukan hydrat adalah logam-logam ionic lainnya, seperti : sodium chloride (garam), tetapi logam-logaman ini tidak pernah digunakan di industri gas alam.

Teori dasar tentang menurunkan titik beku suatu larutan dengan menambahkan suatu zat terlarut adalah konsep teori klasik yang sangat mudah dipahami. Dasar pemahaman teori ini adalah kesetimbangan antara liquid dan padatan dan disederhanakan dengan persamaan berikut :

$$x_i = \frac{h_{sl} \Delta T}{RT_m^2} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

- $x_i$  = mole fraksi dari solute (inhibitor)
- $\Delta T$  = penurunan temperatur, °C
- $R$  = konstanta gas universal (8,314 J/(mol.K))

$T_m$  = melting point dari solvent murni, K

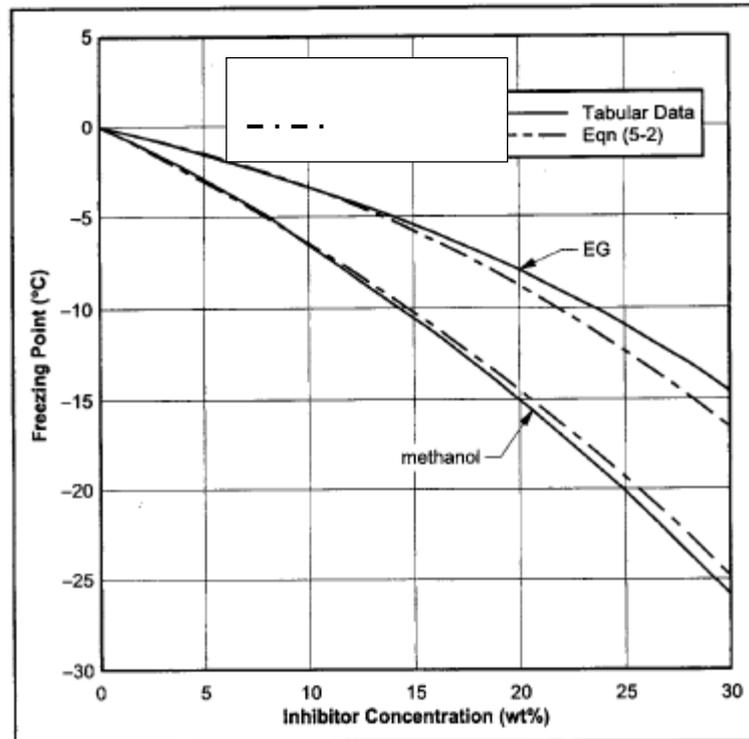
Jika persamaan (2.1) ditulis kembali dengan mengubah dari mole fraksi menjadi mass fraksi maka :

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{M_s RT_m^2}{h_{sl}} x \frac{W_i}{(100 - W_i) M_i} \\ &= K_s \frac{W_i}{(100 - W_i) M_i} \dots \dots \dots (2.2) \end{aligned}$$

Dimana :

- $M_s$  = molar mass dari solvent
- $W_i$  = persen berat solute (inhibitor)
- $M_i$  = molar mass dari inhibitor
- $K_s$  = 1861 (untuk air)

Persamaan (2.2) ini tidak bisa diaplikasikan untuk larutan ionic seperti larutan garam. Berikut adalah hasil plotting dari percobaan persamaan (2.2) :



Gambar (2.1) : Hasil Ploting Freezing Point methanol+air dan ethylen glycol

Freezing point depression untuk methanol cukup akurat sampai dengan konsentrasi 30% wt. Untuk ethylen glycol, persamaan diatas akan akurat sampai dengan konsentrasi 15%wt.

**a. Persamaan Hammerschmidt**

Persamaan Hammerschmidt sangatlah sederhana dan banyak digunakan untuk memperkirakan banyaknya bahan kimia yang digunakan sebagai inhibitor. Persamaan Hammerschmidt ini adalah sebagai berikut :

$$\Delta T = \frac{K_H W}{M(100 - W)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- $\Delta T$  = temperatur depression, °C
- M = molar mass inhibitor, g/mol
- W = konsentrasi inhibitor (dalam fasa aqua), %berat
- $K_H$  = konstanta dengan nilai 1297

Untuk menggunakan persamaan ini dengan menggunakan satuan *American Engineering* digunakan  $K_H = 2355$ , dan  $\Delta T$  digunakan satuan °F.

Untuk mendapatkan besarnya konsentrasi inhibitor yang diperlukan maka persamaan (2.3) dapat ditulis kembali menjadi :

$$W = \frac{100 M \Delta T}{K_H + M \Delta T} \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk menggunakan persamaan Hammerschmidt ini kita harus mengestimasi kondisi hydrat nya terlebih dahulu tanpa ada inhibitor. Persamaan Hammerschmidt ini hanya memprediksi deviasi temperatur tanpa adanya inhibitor, bukan memprediksi kondisi pembentukan hydrat nya sendiri. Aslinya,  $K_H$  di persamaan (2.3) dan (2.4) adalah sebuah konstanta, tapi lama-lama banyak penelitian yang mengajukan perubahan

konstanta  $K_H$  ini. Berikut adalah konstanta  $K_H$  yang telah dibuat perubahan :

Tabel 2.2 : Konstanta  $K_H$ 

	original	Ref.1	Ref.2	Ref.3
Methanol	1297	1297	1297	1297
ethanol	1297	-	1297	1297
Ethylen glycol	1297	2222	1222	1500
Diethylen glycol	1297	2222	2427	2222
Triethylen glycol	1297	2222	2427	3000

Ref.1 = Fu (1998) GPSA Engineering  
 Ref.2 = Arnold and Stewart  
 Ref.3 = Pedersen et.al

Umumnya dibuku-buku tersebut terdapat kekeliruan penulisan satuan di tabel, dimana nilai konstanta yang ada dibuku-buku tersebut seharusnya untuk temperatur yang bersatuan °F, bukan oC

Harga 2222 untuk Ethylen Glycol pada tabel diatas didapatkan dari GPSA Engineering Data Book, yang mana pada buku tersebut juga merekomendasikan untuk semua jenis Glycol, tetapi sebenarnya tidak untuk semua jenis Glycol. Prediksi yang paling baik didapatkan dengan menggunakan harga 1297.

Persamaan Hammerschmidt terbatas pada konsentrasi kira-kira sampai dengan 30% berat untuk inhibitor methanol dan ethylen Glycol, sedangkan untuk inhibitor glycol lainnya kira-kira sampai dengan 20 % berat.

#### b. Persamaan Nielsen-Bucklin

Nielsen dan Bucklin mengembangkan persamaan untuk mengestimasi kebutuhan methanol sebagai inhibitor pencegah pembentukan hidrat. Persamaan tersebut adalah :

$$\Delta T = -72 \ln(1 - x_M) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$\Delta T$  = dalam satuan oC

$x_M$  = mole fraksi methanol

Dua peneliti ini mengklaim bahwa persamaan ini akurat sampai dengan konsentrasi methanol 88%.

Persamaan ini dapat ditulis kembali untuk mngestimasi konsentrasi methanol sebagai berikut :

$$x_M = 1 - \exp \left[ \frac{-\Delta T}{72} \right] \dots \dots \dots (2.6)$$

Dan kemudian untuk mengubah dari mole fraksi menjadi persen berat, maka persamaan tersebut dapat ditulis kembali sbb :

$$X_M = \frac{x_M M_M}{18,015 + x_M (M_M - 18,015)} \quad \text{..(2.7)}$$

Dimana :

$X_M$  = persen berat methanol

$M_M$  = molar mass methanol

Persamaan Nielsen-Bucklin ini dikembangkan untuk penggunaan dengan menggunakan methanol, tetapi bagaimanapun juga, persamaan ini sebenarnya tidak bergantung pada pemilihan jenis inhibitor. Persamaan ini hanya melibatkan propertis dari air dan konsentrasi dari inhibitor. Oleh sebab itu, persamaan ini bisa digunakan untuk sembarang inhibitor. Jika dilihat persamaan ini lebih bisa digunakan untuk semua inhibitor, tetapi para engineer masih lebih suka menggunakan persamaan Hammerschmidt karena lebih sederhana.

### c. Metode Baru

Basis yang digunakan oleh metode baru ini adalah tidak jauh berbeda dengan persamaan Nielsen-Bucklin. Tetapi bagaimanapun pula, masih terdapat koefisien activity yang harus digunakan

untuk mengetahui konsentrasi inhibitor. Persamaan baru ini adalah sbb :

$$\Delta T = -72 \ln(\gamma_w x_w) \quad \text{.....(2.8)}$$

Dimana :

$\gamma_w$  = koefisien aktivitas air

$x_w$  = mole fraksi air

Langkah berikutnya adalah mencari model koefisien aktivitas yang realistis dan simple. Model yang paling sederhana adalah dengan menggunakan persamaan Margule sebagai berikut :

$$\ln \gamma_w = \frac{a}{RT} x_1^2 \quad \text{.....(2.9)}$$

Konstanta  $\frac{a}{RT}$  tidak bergantung pada temperatur dan dapat digantikan dengan konstanta yang paling umum yang disebut dengan A-Margules Coefficient, sehingga persamaan (2.8) berubah menjadi :

$$\Delta T = -72(Ax_1^2 + \ln[1 - x_1]) \quad \text{.....(2.10)}$$

Persamaan (2.10) ini cukup akurat untuk digunakan berbagai konsentrasi inhibitor. Harga Koefisien Margule A ini telah di tabulasikan sebagai berikut :

Tabel 2.3 : Konstanta Margule

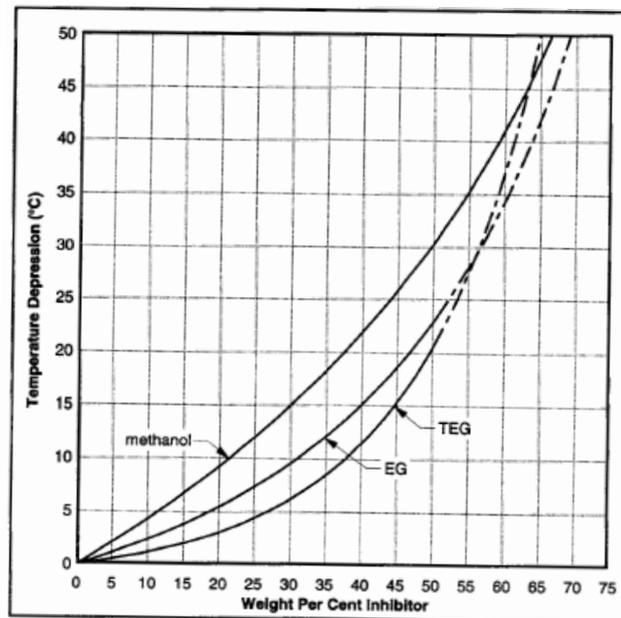
Inhibitor	Molar Mass (g/mol)	Margules Coefficient (A)	Batasan	
			Konsentrasi (%wt)	$\Delta T$ (oC)
Methanol	32,04	+0,21	< 85	< 94,3
Ethanol	46,07	+0,21	< 35	< 13,3
Ethylen Glycol	62,07	-1,25	< 50	< 22,9
Diethylen Glycol	106,12	-8	< 35	< 10,3
Triethylen Glycol	150,17	-15	< 50	< 20,6

Data percobaan tentang inhibitor methanol cukup banyak, tetapi pada kenyataannya hasil pengukuran konsentrasi methanol yang ada saat ini adalah sampai dengan 85%wt. Sayangnya, hasil pengukuran inhibitor ethanol tidak pernah ada. Sehingga, Koefisien Margules untuk ethanol dianggap sama dengan methanol.

Data percobaan untuk ethylen glycol (EG) dan triethylen glycol (TEG) cukup banyak dan konsentrasi yang bisa dicapai adalah sampai dengan 50%wt. Sedangkan data untuk diethylen glycol (DEG) kurang begitu

banyak dan sayangnya DEG jarang digunakan sebagai inhibitor. Konstanta Margules untuk DEG adalah rata-rata dari harga EG dan TEG.

Harus diakui bahwa persamaan (2.8) adalah sulit untuk digunakan, khususnya bila temperatur depression sudah ditentukan terlebih dahulu dan konsentrasi inhibitor yang diperlukan harus dihitung. maka, ada versi monograph nya untuk persamaan (2.10) pada gambar (2.2) berikut :

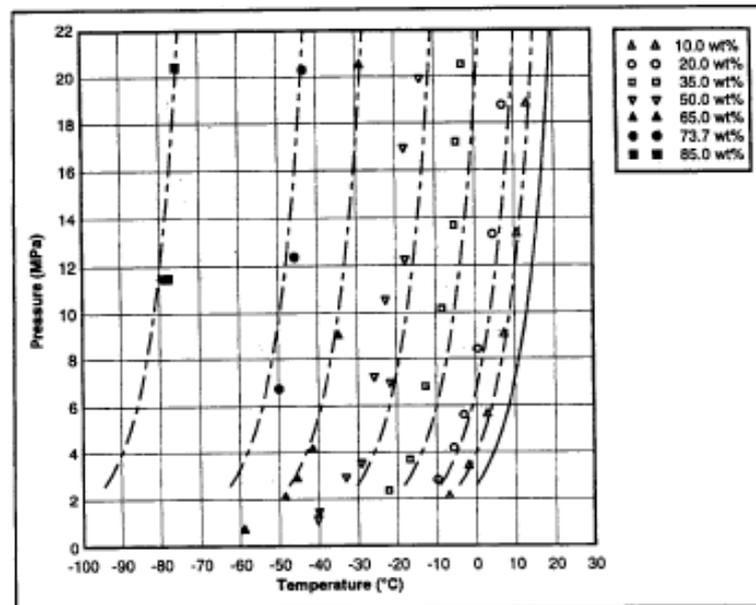


Gambar (2.2) : Pengaruh methanol, ethylene glycol dan triethylene glycol terhadap temperatur depression dalam SI unit

Tidak ada data hasil percobaan untuk konsentrasi glycol yang lebih besar dari 50%wt, sehingga bila konsentrasinya lebih dari 50% harus di extrapolasi. Dari monograph diatas sangatlah mudah bila digunakan untuk menentukan temperatur depression jika konsentrasi inhibitor telah diketahui, dan sebaliknya.

## BAB VI Pembahasan

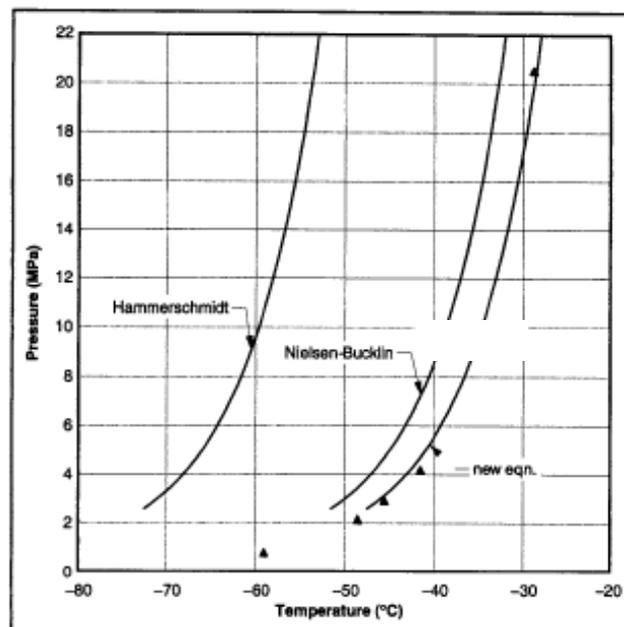
Berikut adalah gambar grafis hasil perhitungan temperatur depresi untuk methan hydrat dengan menggunakan persamaan baru yang menggunakan inhibitor methanol :



Gambar 3.1 : Pengaruh methanol terhadap pembentukan metan hidrat yang dihitung dengan menggunakan persamaan baru

Gambar 3.1 di atas menunjukkan temperatur depresi methane hidrate dengan menggunakan inhibitor methanol yang berkonsentrasi 10; 20; 35; 50; 65; 73,7 dan 85 %wt. Dari gambar grafis

perbandingan tersebut diatas nampak bahwa persamaan baru memberikan hasil yang sangat bagus meskipun konsentrasi methanol tinggi.



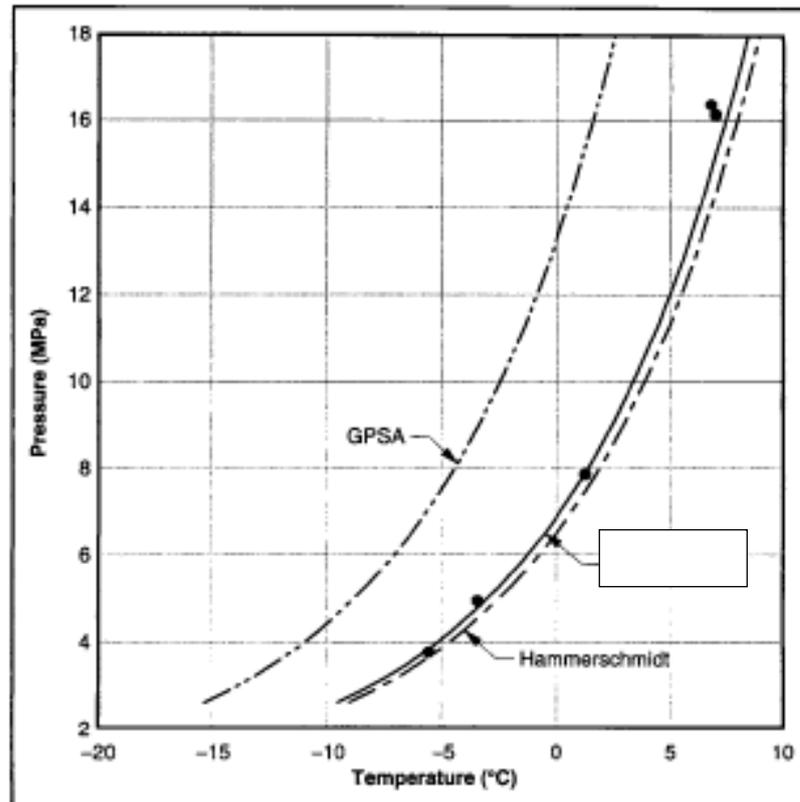
Gambar 3.2 : pengaruh penambahan methanol 65% berat terhadap pembentukan methan hidrate

Sebagai perbandingan, gambar 3.2 yang menggunakan methanol dengan konsentrasi 65 %wt menunjukkan bahwa

prediksi dengan menggunakan persamaan Hammerschmidt dan Nielsen-Bucklin memberikan hasil melenceng jauh. Persamaan Hammerschmidt memprediksi

temperatur depressi nya terlalu jauh sekitar 28 °C, sedangkan persamaan Nielsen-Bucklin (yang merupakan improvement dari persamaan hammerschmidt) memberikan prediksi terlalu jauh sekitar 4 °C. Artinya bahwa : secara praktik, laju injeksi methanol yang diprediksi dengan menggunakan persamaan Hammerschmidt

dan Nielsen-Bucklin adalah terlalu kecil. Dengan kata lain, bila dilapangan penambahan inhibitor methanol yang menggunakan persamaan Hammerschmidt dan Nielsen-Bucklin jauh lebih banyak bila dibandingkan dengan menggunakan persamaan baru.



Gambar 3.3 : pengaruh 35% berat ethylen glycol terhadap pembentukan methan hidrat

Gambar 3.3 menunjukkan pengaruh inhibitor ethylen glycol (EG) terhadap methan hydrate dalam hal memprediksi temperatur depressi, yang mana persamaan baru menunjukkan hasil prediksi yang baik. Pada Gambar 3.3, untuk konsentrasi EG 35%wt, persamaan asli Hammerschmidt secara mengejutkan menunjukkan hasil prediksi yang baik, tetapi persamaan GPSA menunjukkan hasil yang over predict. Persamaan GPSA menunjukkan error sebesar 6 °C. Hal ini berarti bahwa secara praktik penambahan inhibitor EG dilapangan untuk temperatur depressi

diperlukan lebih banyak dari perhitungan semestinya.

## BAB VII Simpulan Terhadap Persamaan Penentuan Inhibitor

Metode-metode perhitungan sederhana seperti Hammerschmidt, Nielsen-Bucklin dan Metode Baru memiliki karakteristik umum yang sama. Semua persamaan sederhana tersebut memprediksi temperatur depressi dari temperatur Hydrat. Persamaan-persamaan tersebut tidak menggambarkan prediksi pembentukan hidrat yang sebenarnya di lapangan. Untuk itu, dalam penggunaannya,

sebaiknya kita memprediksi terlebih dahulu temperatur pembentukan hidrat tanpa adanya inhibitor di gas, setelah temperatur pembentukan hidrat diketahui kemudian kita menggunakan metode-metode perhitungan diatas untuk mengoreksi persamaan-persamaan sederhana tsb diatas (Hammerschmidt, Nielsen-Bucklin dan Persamaan baru) dengan kehadiran inhibitor didalamnya. Tetapi bila dalam menggunakan persamaan penentuan temperatur hidratnya tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan (tanpa kehadiran inhibitor didalamnya), maka koreksi untuk penggunaan persamaan Hammerschmidt, Nielsen-Bucklin dan Persamaan baru juga tidak akurat. Dengan kata lain, kita harus mencoba-coba setiap metode penentuan temperatur hidrat untuk disesuaikan dengan kondisi lapangan. Setelah sesuai barulah kita menggunakan persamaan-

persamaan penentuan inhibitor (persamaan Hammerschmidt, Nielsen-Bucklin dan Persamaan baru dipilih mana yang paling sesuai).

Perlu dicatat bahwa, persamaan-persamaan Hammerschmidt, Nielsen-Bucklin dan Persamaan Baru tidak memperhitungkan tekanan gas. Maka seharusnya dilakukan juga percobaan-percobaan yang juga mempertimbangkan adanya tekanan gas dalam penentuan inhibitor.

Lebih jauh lagi, metode-metode tersebut diatas mengasumsikan bahwa temperatur depression tidak bergantung pada kehadiran pembentuk hidrat alaminya dan type hidrat yang terbentuk. Jadi temperatur depression dengan menggunakan methanol 25%wt itu adalah untuk mencegah pembentukan metan hidrat (hidrat type I) dan propan hidrat (type II).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Jhon Carrol, "NATURAL GAS HYDRATE", 2<sup>nd</sup> ed, 2009, Elsevier, England
2. Jhon M. Campbell, "GAS CONDITIONING AND PROCESSING", Vol. 2, 7<sup>th</sup> ed, 1984, USA
3. Maurice Stewart and Ken Arnold, "GAS DEHYDRATION FIELD MANUAL", 2011, Elsevier, Gulf Professional Publishing.
4. Sanjay Kumar, "GAS PRODUCTION ENGINEERING", 1987, Gulf Publishing Company

---

\*) Penulis adalah Widyaiswara Muda Pusdiklat Migas Cepu.