

Aplikasi Persamaan Peng–Robinson Dalam Memperkirakan Korelasi Konstanta Kesetimbangan Sistem Gas Kondensat

Alamta Singarimbun¹⁾, Amiruddin Takda²⁾, dan Tutuka Ariadji³⁾

¹⁾Laboratorium Fisika Bumi, Departemen Fisika, F-MIPA, ITB

²⁾Jurusan Fisika, Universitas Haluoleo Kendari

³⁾Departemen Teknik Perminyakan, FIKTM, ITB

E-mail : alamta@fi.itb.ac.id

Abstrak

Pada saat proses produksi, tekanan reservoir gas kondensat akan mengalami penurunan. Penurunan tekanan di bawah titik embun menyebabkan terjadinya proses kondensasi menjadi dua fasa yaitu gas dan cairan. Prediksi konstanta kesetimbangan fasa gas-cairan dan komposisinya diperoleh dengan menggunakan persamaan Peng-Robinson. Khusus untuk heptana plus (C_{7+}), diusulkan suatu persamaan korelasi baru untuk penentuan konstanta kesetimbangan gas-cairan serta komposisinya. Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data lapangan sumur gas dari Sumatera dan Jawa. Hasil-hasil yang diperoleh berupa konstanta kesetimbangan dan komposisi sebagai fungsi dari tekanan, temperatur, massa jenis (*specific gravity*) dan berat molekul. Pemakaian korelasi baru untuk komponen sistem gas kondensat yang lain (C_1-C_6 dan CO_2-N_2), memberikan nilai yang sesuai dengan data standard dalam diagram PVT.

Kata kunci : Reservoir gas kondensat, heptana plus (C_{7+}), sistem gas kondensat (C_1-C_6 dan CO_2-N_2), diagram PVT.

Abstract

The pressure of gas condensate reservoir will decrease at the production process. The reduction of pressure under dew point causes gases to condensate into two phase systems i.e. vapor-liquid and its composition. The prediction of phase equilibrium constant of vapor liquid and its compositions is obtained by applying Peng-Robinson equation. Especially for component of heptane plus (C_{7+}), a new correlation is proposed to determine equilibrium constant gas-liquid and its composition. The data used in this study was field data from several gas wells in Sumatera and Java. The results are an equilibrium constant and a composition as a function of pressure, temperature, specific gravity and molecule weight. The use of a new correlation to other components of gas condensate system (C_1-C_6 and CO_2-N_2), gives a good agreement with the standard data in a PVT chart.

Keywords : Gas condensate reservoir, heptane plus (C_{7+}), gas condensate system (C_1-C_6 and CO_2-N_2), PVT chart.

1. Pendahuluan

Selama proses produksi, tekanan reservoir gas kondensat akan mengalami penurunan, akibatnya akan terjadi proses kondensasi dalam reservoir gas kondensat. Komponen-komponen fluida gas kondensat yang lebih berat akan terlebih dahulu mengalami kondensasi. Hal ini menyebabkan komposisi gas dalam reservoir akan mengalami perubahan. Model komposisi persamaan keadaan Peng-Robinson¹⁾ dapat digunakan untuk memprediksi perilaku fasa dan konstanta kesetimbangan gas-cairan sistem gas kondensat selama proses produksi serta bagaimana pengaruhnya terhadap perubahan komposisi.

Persamaan keadaan adalah suatu bentuk persamaan empiris yang menyatakan hubungan

timbang balik antara tekanan, volume dan temperatur (PVT) baik dalam bentuk gas, cairan maupun padatan. Persamaan keadaan berbentuk kubik pertama sekali diperkenalkan oleh Van der Waals (1983) yang digunakan untuk menyatakan kesinambungan dari fasa gas menuju cair²⁾. Kemudian dikembangkan hubungan semi empiris untuk menyatakan sifat volumetris, sifat termodinamika dan kesetimbangan fasa dengan dukungan komputer. Modifikasi pertama yang dianggap paling berhasil adalah modifikasi Redlich dan Kwong²⁾. Kemudian dikembangkan lagi oleh Soave (1972) yang dikenal sebagai persamaan Soave-Redlich-Kwong (SRK-EOS), yang menghasilkan kemampuan lebih baik dalam perhitungan terhadap konstanta kesetimbangan gas-cairan sistem hidrokarbon³⁾. Kelemahan SRK-EOS adalah penyimpangan yang besar

dalam menghitung rapat massa atau densitas cairan. Kemudian Peng dan Robinson (1976) mengembangkan SRK-EOS yang memiliki ketepatan dalam memprediksi perilaku volumetris dan penentuan konstanta kesetimbangan komposisi fasa gas-cairan hidrokarbon¹⁾

Dalam tulisan ini, penelitian dibatasi pada sistem gas kondensat dengan komponen metana sampai heptana plus (C_1-C_{7+}) ditambah dengan gas pengotor (N_2-CO_2). Permasalahan pokok dalam penelitian ini adalah mengaplikasikan model komposisi persamaan keadaan Peng–Robinson dalam penentuan konstanta kesetimbangan gas – cairan, fraksi berat komponen heptana plus (C_{7+}), serta komponen yang lain (C_1-C_6 , N_2 dan CO_2) apabila tekanan turun di bawah titik embun (*dew point*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan penggunaan persamaan keadaan dalam memprediksi perilaku fasa dan konstanta kesetimbangan gas-cairan sistem gas kondensat. Penggunaan persamaan keadaan Peng–Robinson pada umumnya dimanfaatkan dalam industri perminyakan dan gas bumi, terutama dalam kajian yang berbasis komposisi. Melalui metode ini, estimasi kemampuan produksi gas kondensat dalam jangka waktu tertentu akan menjadi lebih akurat. Dengan demikian, tulisan ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi industri perminyakan dan gas bumi untuk proses peningkatan produksi (*gas-oil recovery*).

2. Karakteristik Fraksi Berat Heptana Plus (C_{7+})

Distribusi komposisi sistem fasa gas dan cairan dapat dinyatakan dengan harga konstanta kesetimbangan (K), yaitu perbandingan fraksi mol komponen fasa gas terhadap fraksi mol fasa cair. Hal ini dapat dirumuskan sebagai^{2,4)}:

$$K = \frac{y_j}{x_j} \quad (1)$$

Dalam persamaan (1), K , y_j dan x_j adalah konstanta kesetimbangan, fraksi mol fasa gas dan fraksi mol fasa cair. Indeks j menyatakan komponen. Pada tekanan tinggi, konstanta kesetimbangan gas-cairan merupakan fungsi dari tekanan, temperatur dan komposisi sistem, $K = K(P, T, Z)$, sehingga persamaan (1) tidak sesuai lagi digunakan pada kondisi tersebut. Untuk itu dikembangkan hubungan kesetimbangan termodinamika yang menerapkan model komposisi persamaan keadaan Peng–Robinson.

Fraksi berat C_{7+} dikenal dengan nama heptana plus yang mempunyai komponen nomor atom karbon yang lebih besar atau sama dengan

tujuh. Dengan adanya fraksi berat ini, maka akan timbul masalah dalam memperkirakan sifat fisik, sifat termodinamika dan kelakuan fasa fluida gas kondensat jika digunakan persamaan keadaan. Whitson (1983) menunjukkan hal tersebut sehubungan berbedanya prosedur terhadap karakteristik fraksi⁵⁾. Dalam studi ini, digunakan persamaan korelasi untuk memprediksi karakteristik (sifat fisik) fraksi berat C_{7+} , yaitu dengan modifikasi persamaan koreksi Riazi Duabart³⁾. Dalam hal ini, sifat fisik merupakan fungsi dari berat molekul dan massa jenis, yang dapat dituliskan sebagai :

$$\theta = a(\gamma C_{7+})^b (MWC_{7+})^c \exp\{d\gamma C_{7+} + e(MWC_{7+}) + f\gamma C_{7+} (MWC_{7+})\} \quad (2)$$

dimana

θ : parameter fisik yang dihitung

γ : massa jenis fraksi berat C_{7+}

a, b, c, d, e, f, g : konstanta korelasi yang digunakan.

Tabel 1. Nilai Konstanta Persamaan Korelasi

θ	Koefisien Korelasi					
	a	b	c	d	e	g
T_b	12263,29	2,4586	-0,0074	-2,5778	-0,0016	0,00402
P_c	34,078	-1,2718	0,1169	2,5471	0,00012	-0,0044
T_c	584,493	0,7886	0,2065	-0,1493	-0,0007	0,00032
W	0,165	2,4485	0,9841	-3,9159	-0,0070	0,00696
V_c	12,875	3,9897	0,7529	-4,4095	0,0080	-0,0071

Dalam Tabel 1. indeks b menunjukkan titik/kondisi pada reservoir, sedangkan indeks c adalah pada titik kritis.

3. Persamaan Keadaan Peng–Robinson (PR-EOS)

Peng dan Robinson¹⁾ melakukan studi untuk mengevaluasi persamaan keadaan SRK-EOS untuk memperkirakan kelakuan fasa yang terjadi dalam sistem hidrokarbon. Peng dan Robinson menunjukkan bahwa diperlukan perbaikan kemampuan persamaan keadaan untuk memperkirakan densitas cairan dan sifat fluida lainnya di sekitar daerah kritis^{6,7)}. Persamaan ini dinyatakan sebagai :

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a_T}{V(V+b) + b(V-b)} \quad (3)$$

dimana V adalah volume, dengan :

$$a_T = a_c \alpha \quad (4)$$

dimana a_c adalah konstanta persamaan keadaan Soave-Redlich-Kwong (SRK-EOS) dan Peng–Robinson, sedangkan α adalah koefisien yang bergantung pada temperatur untuk SRK-EOS dan PR-EOS. Peng dan Robinson mengadopsi

pendekatan Soave untuk menentukan parameter α , yaitu :

$$\alpha^{\frac{1}{2}} = 1 + m(1 - T_r^{\frac{1}{2}}) \quad (5)$$

$$m = 0,3746 + 1,5423\omega - 0,2699\omega^2 \quad (6)$$

Parameter a dan b diperoleh dari keadaan kritis, yaitu :

$$a_c = \frac{\Omega_a R^2 T_c^2}{P_c} \quad (7)$$

$$b = \frac{\Omega_b R T_c}{P_c} \quad (8)$$

dimana : $\Omega_a = 0,45724$ dan $\Omega_b = 0,0778$

Jika disubstitusikan faktor volume : $V = ZRT/P$ ke dalam persamaan (3) akan diperoleh persamaan kubik, yaitu :

$$Z^3 - (1 - B)Z^2 + (A - 3B^2 - 2B)Z - (AB - B^2 - B^3) = 0 \quad (9)$$

dimana :

$$A = \frac{(a_T)P}{R^2 T^2} \text{ dan } B = \frac{bP}{RT} \quad (10)$$

Dalam persamaan (9), Z adalah faktor kompresibilitas.

Pada sistem gas kondensat digunakan aturan pencampuran yang dirumuskan sebagai :

$$a_T = \sum_i \sum_j \left[x_i x_j (a_{T_i} a_{T_j})^{\frac{1}{2}} (1 - \delta_{ij}) \right] \quad (11)$$

$$b = \sum_i x_i b_i \quad (12)$$

Dalam persamaan (11), δ_{ij} adalah koefisien interaksi biner, yaitu faktor korelasi interaksi antar molekul yang ditentukan secara empiris. Faktor ini digunakan untuk memodelkan interaksi antar molekul-molekul gas kondensat. Peng-Robinson menemukan bahwa koefisien interaksi biner bergantung kepada perbedaan berat molekul dalam sistem hidrokarbon^{8,9}. Sifat-sifat koefisien interaksi biner antara molekul gas kondensat adalah :

1. Interaksi antar dua komponen hidrokarbon bertambah dengan meningkatnya perbedaan antara berat molekul : $\delta_{ij} < \delta_{i(j+1)}$
2. Komponen-komponen hidrokarbon yang berat molekulnya sama akan mempunyai koefisien interaksi biner nol : $\delta_{ij} = 0$
3. Matriks koefisien interaksi biner adalah simetris : $\delta_{ij} < \delta_{ji}$

Dalam gas nyata, diperkenalkan variabel pengganti P yaitu fugasitas f yang dirumuskan sebagai :

$$dG = RT d \ln f \quad (13)$$

Fugasitas merupakan modifikasi terhadap tekanan uap untuk menggambarkan kecenderungan lepasnya suatu molekul dari satu fasa menuju fasa lainnya. Fugasitas dapat dirumuskan sebagai²⁾ :

$$\ln \left(\frac{f}{P} \right) = \int_0^P (Z - 1) \frac{dP}{P} \quad (14)$$

dimana f , Z dan P adalah fugasitas, faktor kompresibilitas dan tekanan. Apabila fugasitas dari komponen kedua fasa sama, maka akan terjadi kesetimbangan termodinamika. Hal tersebut secara matematik dapat dirumuskan sebagai :

$$f_i^v = f_i^l ; 1 \leq i \leq n \quad (15)$$

dimana : f_i^v dan f_i^l adalah komponen fugasitas dalam fasa gas dan fasa cair, sedangkan n adalah jumlah komponen. Perbandingan antara fugasitas terhadap tekanan disebut sebagai koefisien fugasitas : $\Phi = f/P$, pada komponen tunggal dapat dirumuskan sebagai³⁾ :

$$\begin{aligned} \ln \Phi &= \ln \left(\frac{f}{P} \right) \\ &= (Z - 1) - \ln Z + \frac{1}{RT} \int_{\infty}^V \left(\frac{RT}{V} - P \right) dV \end{aligned} \quad (16)$$

Koefisien fugasitas untuk campuran adalah^{3,6)}:

$$\begin{aligned} \ln \Phi_i &= \ln \left(\frac{f}{P} \right) = Z - 1 - \ln Z \\ &+ \frac{1}{RT} \int_{\infty}^V \left[\frac{RT}{V} - \left(\frac{\partial P}{\partial n_i} \right)_{T,V,n_i} \right] dV - \ln Z \end{aligned} \quad (17)$$

dimana i adalah jumlah komponen ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), dan j adalah semua komponen selain i .

Peng-Robinson memberikan definisi koefisien fugasitas baik untuk komponen tunggal maupun campuran dengan memakai hubungan termodinamika. Untuk komponen tunggal diperoleh^{3,6)} :

$$\begin{aligned} \ln \Phi &= (Z - 1) - \ln(Z - B) \\ &- \frac{A}{2\sqrt{2}B} \ln \left[\frac{Z + 2,414B}{Z - 0,414B} \right] \end{aligned} \quad (18)$$

Pada multi komponen, jika persamaan (3) disubstitusikan ke pers. (17), akan diperoleh :

1. Untuk fasa gas :

$$\ln \Phi_j^v = -\ln(Z_v - B) + (Z_v - 1)B_j - \frac{A}{2\sqrt{2}B} (A_j - B_j) \ln \left[\frac{Z_v + 2,414B}{Z_v - 0,414B} \right] \quad (19)$$

2. Untuk fasa cair :

$$\ln \Phi_j^l = -\ln(Z_l - B) + (Z_l - 1)B_j - \frac{A}{2\sqrt{2}B} (A_j - B_j) \ln \left[\frac{Z_l + 2,414B}{Z_l - 0,414B} \right] \quad (20)$$

dimana :

$$B_j = \frac{b_j}{b}$$

dan

$$A_j = \frac{1}{a_T} \left[2a_{Tj}^{\frac{1}{2}} \sum_i y_i a_{Tj}^{\frac{1}{2}} (1 - \delta_{ij}) \right]$$

Koefisien fugasitas dalam campuran hidrokarbon baik dalam fasa gas maupun fasa cair merupakan fungsi dari tekanan, fraksi mol, dan fugasitas dari setiap komponen, yaitu :

$$\Phi_j^v = \frac{f_j^v}{x_j P} \quad (21)$$

$$\Phi_j^l = \frac{f_j^l}{y_j P} \quad (22)$$

dimana Φ_j^v dan Φ_j^l adalah koefisien fugasitas fasa gas dan fasa cair. Pada saat terjadi kesetimbangan, maka dapat ditentukan konstanta kesetimbangan fasa gas-cairan melalui konsep fugasitas, yakni :

$$K = \frac{f_j^v / x_j P}{f_j^l / y_j P} \quad (23)$$

4. Metodologi Model simulator PR-EOS

4.1. Persamaan Korelasi Fraksi Berat C_{7+}

Sampel dalam penelitian ini diambil dari beberapa lapangan minyak dan gas bumi yang ada di pulau Jawa dan Sumatera pada rentang temperatur (daerahnya tidak untuk dipublikasikan). Data berupa fraksi mol dan temperatur ($211^0 - 252^0$ F). Masalah utama adalah bagaimana menentukan konstanta kesetimbangan gas-cairan fraksi berat ($K_{C_{7+}}$). Untuk itu diusulkan metode regresi linear multi variabel, dimana $K_{C_{7+}}$ adalah merupakan fungsi dari tekanan, temperatur, massa jenis dan berat molekul. Dengan memanfaatkan fungsi "LINEST" pada perangkat lunak EXCEL, regresi

dilakukan pada skala log-log, sehingga diharapkan akan diperoleh hubungan berupa garis lurus.

Dari hasil persamaan korelasi yang diusulkan, dilakukan analisis kesalahan untuk menguji akurasi persamaan yang digunakan. Pengujian statistik dilakukan dengan analisis perbedaan relatif rata-rata. Pengujian statistik yang digunakan adalah pengujian regresi linear multi variabel dengan distribusi F pada taraf nyata $\beta=0,05$. Jika nilai $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka regresi bersifat nyata. Untuk menentukan derajat hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat, digunakan koefisien determinasi r , dimana $0 \leq r^2 \leq 1$. Jika $r = 1$, maka terdapat hubungan linear sempurna langsung antara variabel bebas dan variabel terikat. Jika $r = 0$, berarti tidak terdapat hubungan linear antara variabel bebas dengan variabel terikat. Analisis perbedaan relatif antara hasil persamaan korelasi usulan terhadap data asal (PR-EOS) menggunakan persamaan :

$$E_r = \frac{1}{n_d} \sum_{i=1}^n |E_i| \quad (24)$$

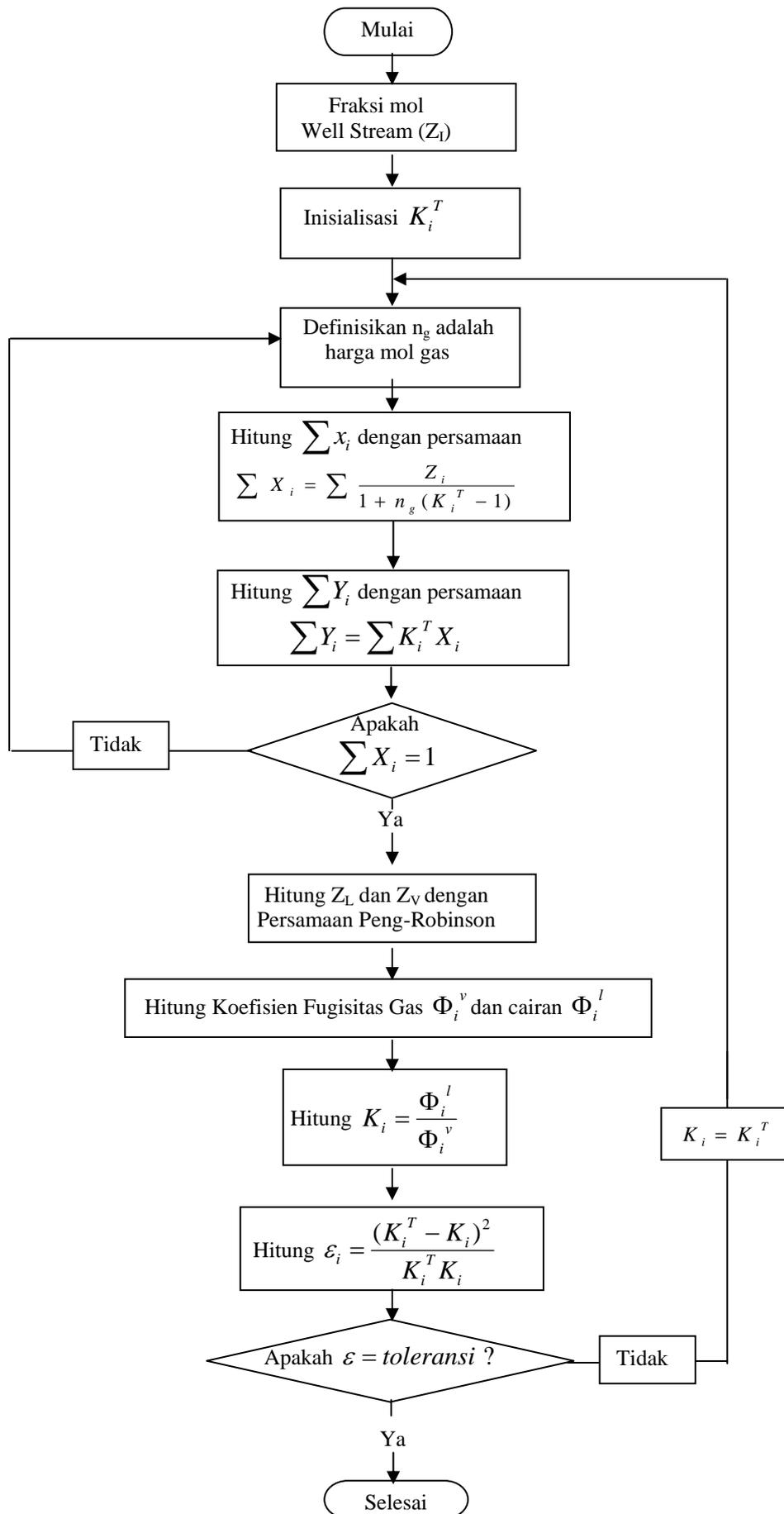
dimana E_i adalah penyimpangan relatif dalam persen dari hasil korelasi usulan terhadap data asal, yang dirumuskan sebagai :

$$E_i = \left[\frac{x_{est} - x_{dat}}{x_{dat}} \right]_i \times 100 ; i = 1,2,3,\dots,n \quad (25)$$

dengan x_{est} adalah nilai korelasi usulan dan x_{dat} adalah nilai dari data asal (PR-EOS).

4.2 Metode Numerik Model Komposisi PR-EOS

Untuk memperkirakan perilaku fasa dan konstanta kesetimbangan fasa gas-cairan sistem gas kondensat (kecuali komponen berat C_{7+}) dapat digunakan model komposisi persamaan keadaan Peng-Robinson Pers. (3). Dalam hal ini dibuat program komputer yang menggunakan bahasa MS FORTRAN. Prosedur yang dilakukan dalam simulasi ini dapat dilihat dalam diagram alir di bawah ini :



Gambar 1. Diagram alir model komposisi persamaan keadaan Peng–Robinson

5. Hasil Simulasi dan Pembahasan

5.1. Konstanta Kesetimbangan Gas-Cairan Fraksi berat C_{7+}

Untuk memperkirakan konstanta kesetimbangan fasa gas-cairan fraksi berat C_{7+} , maka diusulkan persamaan korelasi baru yang merupakan fungsi dari tekanan, temperatur, berat molekul dan massa jenis. Persamaan korelasi ini didasarkan kepada reduksi temperatur semu (T_{pr}), yang dirumuskan sebagai :

$$T_{pr} = \frac{T}{T_{pc}} \quad (26)$$

dimana T_{pc} adalah temperatur kritis semu dan T adalah temperatur reservoir. Temperatur korelasi ini dibagi kedalam dua kategori, yaitu selang $0,618 \leq T_{pr} \leq 0,631$ dan selang $0,632 \leq T_{pr} \leq 0,662$. Hasil keluaran dan fungsi LINEST tersebut di atas dapat diuraikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil keluaran fungsi LINEST untuk selang $0,618 \leq T_{pr} \leq 0,631$

A	B	C	D	E
0,1360	-0,8393	18,3729	0,3396	-53,6671
0,4730	0,2432	0,9949	0,0431	3,1339

Tabel 3. Hasil keluaran fungsi LINEST untuk selang $0,632 \leq T_{pr} \leq 0,662$

A	B	C	D	E
-1,8679	-2,8948	9,4797	0,1824	-20,6293
0,3097	0,1913	0,7383	0,03379	2,2257

Dari Tabel 2 dapat diperoleh persamaan korelasi yaitu :

$$\log K_{C_{7+}} = 0,3396 \log P + 18,3729 \log T - 0,8393 \log^0 API + 0,136 \log BM - 53,6671 \quad (27)$$

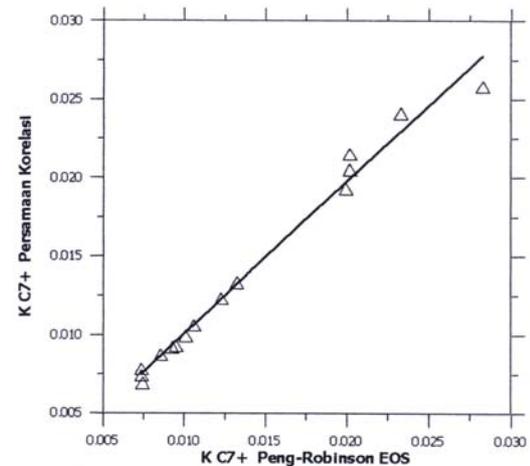
Dari Tabel 3 dapat diperoleh persamaan korelasi yaitu :

$$\log K_{C_{7+}} = 0,1824 \log P + 9,4797 \log T - 2,8948 \log^0 API - 1,8679 BM - 20,6293 \quad (28)$$

Untuk mengetahui apakah persamaan korelasi yang diusulkan merupakan hubungan linear, maka dilakukan pengujian statistik F , r dan t . Syarat yang harus dipenuhi pada pengujian ini adalah nilai dari perhitungan harus lebih besar dari nilai tabel dengan taraf $\alpha = 0,005$. Untuk itu diperoleh hasil perhitungan koefisien determinasi (r) sebagai berikut :

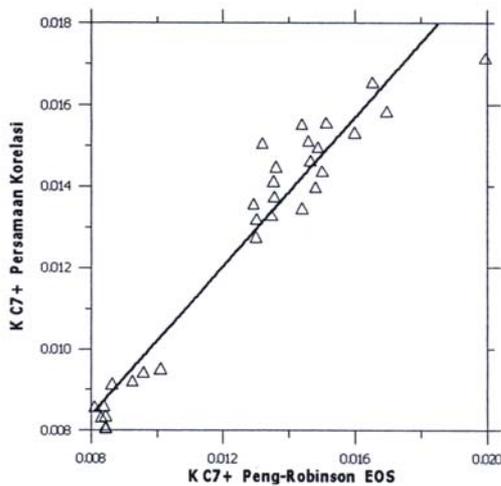
1. Dalam selang $0,618 \leq T_{pr} \leq 0,631$ diperoleh $r = 0,996$. Untuk distribusi F diperoleh nilai hitung $F_{hit} = 319,44$ yang jauh lebih besar dari nilai tabel : $F_{tab} = 3,48$.
2. Dalam selang $0,632 \leq T_{pr} \leq 0,662$ diperoleh $r = 0,978$. Untuk distribusi F diperoleh nilai hitung $F_{hit} = 135,29$ yang juga jauh lebih besar dari $F_{tab} = 2,76$.

Hasil pengujian statistik di atas menunjukkan bahwa terdapat hubungan linear antara variabel bebas temperatur, tekanan, massa jenis dan berat molekul terhadap variabel terikat konstanta kesetimbangan gas-cairan fraksi berat heptana plus (C_{7+}). Hasil analisis perbedaan relatif rata-rata dari persamaan korelasi usulan terhadap hasil dari PR-EOS dalam memperkirakan konstanta kesetimbangan fasa gas-cairan fraksi berat C_{7+} , memberikan perbedaan relatif sebesar 2,797 % untuk selang $0,618 \leq T_{pr} \leq 0,631$, dan 4,154 % untuk selang $0,632 \leq T_{pr} \leq 0,662$. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Plot $K_{C_{7+}}$ dari korelasi usulan terhadap $K_{C_{7+}}$ PR-EOS untuk selang $0,618 \leq T_{pr} \leq 0,631$

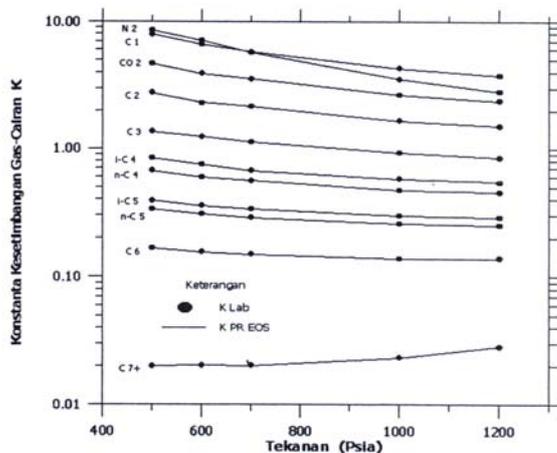
Gambar 2 dan Gambar 3 memperlihatkan perbandingan nilai $K_{C_{7+}}$ dari korelasi usulan terhadap $K_{C_{7+}}$ dari model komposisi persamaan keadaan Peng-Robinson, yang memberikan hubungan berupa garis lurus. Hal ini berarti bahwa terdapat hubungan linear antara variabel bebas : tekanan, temperatur, massa jenis dan berat molekul terhadap variabel terikat konstanta kesetimbangan gas-cairan fraksi berat heptana plus ($K_{C_{7+}}$).



Gambar 3. Plot K_{C7+} dari korelasi usulan terhadap K_{C7+} PR-EOS untuk selang $0,632 \leq T_{pr} \leq 0,662$

5.2 Hasil Prediksi Kesetimbangan Fasa Gas-cairan (K)

Hasil yang diperoleh dari simulasi dengan menggunakan model komposisi persamaan keadaan Peng–Robinson terhadap konstanta kesetimbangan gas-cairan sistem gas kondensat (kecuali komponen C_{7+}) memberikan kesesuaian terhadap hasil dari standard chart GPSA⁶⁾, dengan kesalahan rata-rata sekitar 0,11 % dari keseluruhan sampel sistem gas kondensat. Perbandingan konstanta kesetimbangan gas-cairan hasil prediksi dengan model komposisi persamaan keadaan Peng–Robinson terhadap hasil standard chart GPSA terhadap keseluruhan sampel dapat dilihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Plot tekanan terhadap konstanta kesetimbangan gas-cairan (K)

Dalam Gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan penurunan tekanan di bawah titik embun, maka konstanta kesetimbangan gas-cairan memiliki kecenderungan yang meningkat. Hal ini disebabkan dengan penurunan tekanan di bawah titik embun,, maka komposisi fraksi mol fasa gas yang diperoleh akan bertambah, sehingga konstanta kesetimbangan gas-cairan K akan bertambah pula.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dengan model komposisi persamaan keadaan Peng–Robinson, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Terdapat hubungan linear antara variabel tekanan, temperatur, massa jenis dan berat molekul terhadap konstanta kesetimbangan gas-cairan fraksi berat heptana plus (K_{C7+}).
2. Konstanta kesetimbangan gas-cairan fraksi berat C_{7+} dari persamaan korelasi usulan adalah merupakan fungsi dari tekanan, temperatur, massa jenis dan berat molekul : $K = f(T, P, \rho, API, BM)$.
3. Prediksi terhadap konstanta kesetimbangan fasa gas-cairan (K) sistem gas kondensat (kecuali fraksi C_{7+}) dengan menggunakan model simulasi komposisi persamaan keadaan Peng–Robinson memberikan kesesuaian terhadap hasil dari standard chart GPSA pada seluruh sampel fluida gas kondensat.

Daftar Pustaka

1. Peng, D. and Robinson, *A New Two Constant Equation of State*, Ind. Eng. Chem. Fund., vol. 15, 1976.
2. Ahmed, T., *Hydrocarbon Phase Behavior*, Gulf Publishing Company, vol. 7, Houston, 1989.
3. Edmister, W.C. and Lee, *Applied Hydrocarbon Thermodynamics*, 2nd, Gulf Publishing Company, Houston, 1984.
4. Hofmann, C.J.S., *Equilibrium Constant for a Gas Condensate System*, Trans. AIME, vol. 198, 1953.
5. Whitson, C.H., *Characterizing Hydrocarbon Plus Fractions*, Soc. Pet. Jour., August 1983
6. McCain and D. William Jr., *The Properties of Petroleum Fluid*, 2nd Penn Well Pub. Co., Tulsa, 1980.

-
7. Williams, A.C., *Use of the Peng–Robinson Equation of State to Predict Hydrocarbon Phase Behavior and Miscibility for Fluid Displacement*, Soc. Pet. Eng., Paper 8817, 1980.
 8. Stryjek, R. and Vera, *An Improved Peng–Robinson Equation of State for Pure Compounds and Mixture*, The Cdn. Jour. of Chem. Eng., April 1986.
 9. Peterson, S.C.A., *A Systematic and Consistent Approach to Determine Binary Interaction Coefficient for the Peng–Robinson Equation of State*, Soc. Pet. Eng., Paper 16941, September 1987.