

EVALUASI ISI AWAL GAS DI TEMPAT DAN ANALISIS DECLINE CURVE PADA RESERVOIR YS

Yogie Seto S.W.¹, Onnie Ridaliani¹ dan Lestari¹

¹Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti

Abstrak

Reservoir YS memiliki data isi awal gas di Tempat dengan metode volumetrik sebesar 3.476 Bscf. Dikarenakan perkembangan data-data maka dapat dilakukan evaluasi isi awal gas di tempat menggunakan metode material balance, setelah dilakukan evaluasi maka dilakukan peramalan produksi hingga di bawah batas laju alir ekonomis menggunakan analisis decline curve. Data PVT yang perlu dihitung dalam studi ini adalah faktor kompresibilitas gas dan air dan faktor volume formasi setiap tahun. Dalam penentuan jenis tenaga dorong dilakukan plot P/Z versus kumulatif produksi gas, dari analisa jenis tenaga dorong nya berupa water drive, maka perlu dilakukan perhitungan water influx, metode yang digunakan adalah metode Van Everdingen-Hurst. Setelah semua parameter yang dibutuhkan sudah tersedia maka akan dilakukan perhitungan isi awal gas di tempat, metode yang digunakan adalah metode material balance dan metode straight line material balance. Hasil dari perhitungan isi awal gas di tempat dengan metoda material balance dan straight line material balance secara berturut turut adalah 3,430 Bscf dan 3,428 Bscf. Hasil perhitungan isi awal gas di tempat dengan metode material balance dan metode straight line material balance benar karena setelah dibandingkan dengan metode volumetrik hanya memiliki persen perbedaan yang kecil yaitu 1,32% dan 1,37% . Kemudian dari analisis decline curve dan Trial Error and X^2 -Chisquare Test, di dapatkan jenis decline curve adalah exponential dengan Di sebesar 1,103/bulan. Setelah dilakukan peramalan produksi hingga di bawah batas laju alir ekonomis yaitu sebesar 0,045 Mscf/d, diketahui usia produktif hingga 1 September 2021 dengan nilai EUR dan RR secara berturut-turut adalah 2,309 dan 0,014 Bscf. Nilai recovery factor untuk isi awal gas ditempat metode material balance dan metode straightline material balance adalah 67,34% dan 67,37 %.

Kata-kata kunci: *material balance, isi awal gas di tempat, analisis decline curve*

Abstract

YS reservoir has data of gas initial in place (GIIP) with a volumetric method of 3,476 Bscf. Because of improvement of data, GIIP can be evaluated using material balance method. Then the production of wet gas will be forecasted until below economic limit. The PVT data that needs to be calculated in this study is the gas and water compressibility factor and the formation volume factor each year. In determining the type of drive mechanism, a plot of P / Z versus cumulative gas production is carried out, from the analysis, the type of drive mechanism is water drive, it is necessary to calculate the water influx, the method used is the Van Everdingen-Hurst method. After all the required parameters are available, the calculation of the initial gas in place will be calculated, the method used is the material balance method and the straight line material balance method. The results of the initial gas in place calculation using the material balance and straight line material balance methods are 3,430 Bscf and 3,428 Bscf. If the results of the material balance method and the straight line material balance method are compared with available GIIP volumetric method data, the percent difference is 1,32% and 1,37%. It can be said that GIIP result using the material balance method and the straight line material balance method is accurate because after being evaluated using volumetric method, it only has a small percentage difference. Then from the decline curve and Trial Error and X^2 - Chisquare Test analysis, the decline curve is exponential with Di at 1,103 / month. After forecasting until production of wet gas is below the economic flow rate of 0,045 Mscf / d, it is known that the productive age is until 1st September 2021 with the values of EUR and RR respectively 2,309 and 0,014 Bscf. Using the results of GIIP using the material balance and straight line method, the current recovery factor are 67,34% and 67,37 %.

Keyword: *material balance, gas initial in place, decline curve analysis*

*Penulis untuk korespondensi (*corresponding author*):

E-mail: yogie.seto@gmail.com

Tel: +6287877256969

I. PENDAHULUAN

Dalam pengembangan suatu lapangan gas bumi ada beberapa faktor penting yang harus ditentukan secara akurat. Salah satu nya dalam menentukan isi awal gas di tempat. Karena nilai tersebut akan mempengaruhi bagaimana pengembangan lapangan tersebut.

Evaluasi penentuan isi awal gas di tempat merupakan hal yang penting untuk memastikan keakuratan isi awal gas di tempat. Evaluasi tersebut dilakukan dengan menggunakan lebih dari satu metode dalam perhitungannya. Isi awal gas di tempat dapat dikatakan akurat apabila persen perbedaan antar metode

memiliki nilai yang kecil. Isi awal gas ditempat dapat ditentukan dengan berbagai macam metode, salah satunya adalah metode *material balance*. Berbeda dengan metode simulasi numerik dan metode volumetrik, metode *material balance* tidak dapat digunakan pada lapangan yang belum diproduksi. Data produksi yang cukup dibutuhkan pada metode *material balance*.

Selain evaluasi isi awal gas di tempat, peramalan produksi dan penentuan nilai *recovery factor* merupakan hal yang penting untuk dilakukan, karena hal tersebut dapat mempengaruhi pengembangan lapangan tersebut. Salah satu teknik dalam melakukan peramalan produksi adalah analisis *decline curve*, dalam teknik ini dibutuhkan data produksi yang lengkap, jumlah sumur aktif harus konstan (tidak ada perubahan jumlah sumur) dan selama produksi tidak ada pembatasan produksi.

II. LANDASAN TEORI

Dalam melakukan evaluasi isi gas di tempat dan analisis *decline curve*, dibutuhkan pengetahuan mengenai beberapa hal, yaitu : faktor kompresibilitas gas, faktor volume formasi gas dan air, Jenis tenaga dorong *Reservoir Gas*, *water influx*, perhitungan isi awal gas di tempat, analisis *decline curve* dan *recovery factor*.

2.1 Faktor Kompresibilitas Gas

Faktor kompresibilitas gas merupakan sebuah variabel tak berdimensi yang dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume gas aktual dengan volume gas ideal yang memiliki jumlah mol yang sama pada tekanan dan temperatur yang sama.

Berdasarkan konsep *pseudo-reduced properties*, Standing-Katz menciptakan grafik untuk mentukan faktor kompresibilitas gas. Grafik Standing-Katz merepresentasikan faktor kompresibilitas gas sebagai fungsi dari *pseudo-reduced pressure* dan *pseudo-reduced temperature*. (Standing & Katz, 1942)

$$P_{pr} = \frac{P}{P_{pc}} \tag{1}$$

$$T_{pr} = \frac{T}{T_{pc}} \tag{2}$$

Selain senyawa pengotor, senyawa molekul berat dapat mempengaruhi keakuratan penggunaan grafik faktor kompresibilitas gas Standing-Katz. Hal ini dikarenakan senyawa dengan berat molekul yang besar tidak diperhitungkan dalam pembuatan grafik Standing-Katz (Ahmed, 2010).

Sutton mengusulkan sebuah metode untuk mengoreksi properti *pseudo critical* pada gas alam yang memiliki C₇ keatas yang dikembangkan dari metode Stewart-Burkhardt-Voo. (Sutton, 1985)

$$T'_{pc} = \frac{(K')^2}{J'} \tag{3}$$

$$P'_{pc} = \frac{T'_{pc}}{J'} \tag{4}$$

2.2 Faktor Volume Formasi Gas

Faktor volume formasi gas dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume gas pada kondisi reservoir dengan volume gas pada kondisi standar (60°F, 14,7 psia). Sehingga, faktor volume formasi gas dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$B_g = 0,0283 \times \frac{ZT}{P} (cuft / scf) \tag{5}$$

$$B_g = 0,00504 \times \frac{ZT}{P} (bbl / scf) \tag{6}$$

Faktor volume formasi air dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume air pada kondisi reservoir dengan volume air pada kondisi ideal. Secara matematis faktor volume formasi air dapat dituliskan sebagai berikut:

$$B_w = A_1 + A_2 P + A_3 P^2 \tag{7}$$

$$A_i = a_1 + a_2 (T - 460) + a_3 (T - 460)^2 \tag{8}$$

Berikut tabel 1 merupakan nilai untuk konstanta a

Tabel 1. Nilai Konstanta a

A _i	a ₁	a ₂	a ₃
A ₁	0,9947	5,8(10 ⁻⁶)	1,02(10 ⁻⁶)
A ₂	-4,228(10 ⁻⁶)	1,8376(10 ⁻⁸)	-6,77(10 ⁻¹¹)
A ₃	1,3(10 ⁻¹⁰)	-1,3855(10 ⁻¹²)	4,285(10 ⁻¹⁵)

2.3 Jenis Tenaga dorong reservoir Gas

Reservoir water drive adalah reservoir yang mempunyai tenaga dorong air. Apabila suatu *reservoir water drive* diproduksi, maka akan terjadi penurunan tekanan di reservoir, sehingga air dari dalam *aquifer* akan merembes ke dalam reservoir atau disebut *water influx*. *Water influx* akan mendesak gas keluar dari pori-pori batuan. Karakteristik dari reservoir water drive adalah :

1. Penurunan tekanan reservoir sangat lamban. Hal tersebut disebabkan oleh air yang masuk ke dalam reservoir akan menggantikan tempat yang ditinggalkan oleh gas.
2. Selama produksi, jumlah saturasi air yang terproduksi akan terus meningkat. Semakin banyak jumlah air yang terproduksi, maka kemungkinan gas yang terhalangi semakin besar, menyebabkan nilai RF nya semakin berkurang. Recovery Factor berkisar antara 35%-70%.

Reservoir dengan tenaga dorong *depletion drive* memiliki energi pendesak yang berasal dari gas itu sendiri. Gas tersebut setelah terproduksi akan dengan sendirinya mencari tekanan yang lebih kecil sehingga dengan sendirinya akan mengalir ke permukaan. Pada umumnya setiap *reservoir* memiliki *aquifer* di dalamnya. Namun, pada *reservoir* dengan tenaga dorong gas ini *aquifer* yang ada tidak signifikan sehingga ketika terjadi influx kondisi reservoir tidak akan berubah atau perubahannya dapat diabaikan. Beberapa karakteristik dari reservoir gas dengan tenaga

dorong *depletion drive* adalah sebagai berikut:

1. Penurunan tekanan reservoir yang cepat. Tidak ada fluida dengan volume yang besar yang akan menempati ruang pori yang dikosongkan oleh gas yang diproduksi.
2. Produksi air hampir tidak ada atau relative kecil dan dapat diabaikan.
3. Recovery Factor nya relatif lebih besar jika dibandingkan dengan mekanisme pendorong lainnya, yaitu 75-90%.

2.4 Water Influx

Van Everdingen dan Hurst mengusulkan persamaan untuk memprediksi *water influx* dengan menggunakan persamaan tak berdimensi yaitu *dimensionless water influx* (W_{eD}), dimana parameter tersebut adalah fungsi dari *dimensionless time* (t_D). Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam metode ini (Everdingen & Hurst, 1949):

$$We = B\Sigma\Delta p W_{eD} \tag{9}$$

2.5 Perhitungan Isi Awal Gas di Tempat

Ada beberapa metode untuk menentukan isi awal gas di tempat, pembahasan kali ini akan membahas mengenai penentuan isi awal gas di tempat menggunakan metode *material balance* dan metode *straight line material balance*.

Metode *material balance* mengasumsikan bahwa *reservoir* merupakan sebuah tangki yang homogen dengan sifat batuan dan fluida yang seragam (Schilthuis, 1936).

Untuk *reservoir* dengan tenaga dorong *depletion* dimana energi yang berkerja hanya ekspansi dari gas itu sendiri, persamaannya adalah:

$$GBgi = (G - Gp)Bg \tag{10}$$

Pada *reservoir* yang memiliki tenaga dorong *water drive* dimana *aquifer* dari *reservoir* tersebut cukup aktif sehingga dapat memberikan pengaruh energi terhadap *reservoir*. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$G = \frac{GpBg - We + WpBw}{Bg - Bgi} \tag{11}$$

Havlena-Odeh mengusulkan sebuah metode *material balance* untuk menentukan isi awal gas di tempat dengan metode grafis. Dimana ketika melakukan plot F/Eg Vs. We/Eg dapat menghasilkan garis lurus untuk menentukan isi awal gas di tempat. Berikut adalah persamaannya (Havlena & Odeh, 1963)

$$\frac{F}{Eg} = G + \frac{We}{Eg} \tag{12}$$

2.6 Analisis Decline Curve

Metode *decline curve analysis* (analisis kurva penurunan produksi) adalah salah satu metode untuk memperkirakan besarnya kumulatif produksi gas yang dapat diproduksi secara maksimum sampai batas laju alir ekonomisnya (*estimated ultimate recovery*) berdasarkan data produksi pada periode waktu tertentu. Syarat-syarat yang berlaku dalam analisis *decline curve* adalah :

- Jumlah sumur yang aktif harus konstan
- Tidak ada masalah di lubang sumur (problem produksi)
- Tidak ada masalah dengan fasilitas atau gangguan dari surface.

Untuk menentukan tipe *decline curve*, dapat menggunakan metode *Trial Error and X² - Chisquare Test* yaitu metode yang digunakan untuk memperkirakan harga q pada asumsi berbagai macam harga b, dan kemudian menentukan selisih terkecil dari q_{actual} dengan $q_{forecast}$ yang sudah dihitung sebelumnya. Prosedur perhitungannya antara lain sebagai berikut :

1. Membuat tabulasi yang meliputi: waktu (t), q_{actual} , kemudian $q_{forecast}$ serta D_i dengan berbagai harga b dan terakhir X^2 (selisih antara q_{actual} dengan $q_{forecast}$).
2. Asumsikan harga b mulai dari 0 sampai 1 (b = 0 untuk *exponential*, b = 0.1 – 0.9 untuk *hyperbolic*, b = 1 untuk *harmonic*).
3. Hitung D_i dengan perumpamaan :
 - Pada b = 0, hitung D_i :
 - Pada b = 0 < b < 1, hitung D_i
 - Pada b = 1, hitung D_i
4. Menghitung $q_{forecast}$ yaitu :
 - Pada b = 0, hitung $q_{forecast}$
 - Pada b = 0.1 – 0.9, hitung $q_{forecast}$
 - Pada b = 1, hitung $q_{forecast}$
5. Menghitung X^2 (selisih antara q_{actual} dengan $q_{forecast}$) dengan menggunakan rumus *Chisquare Test*
6. Mengulangi prosedur perhitungan pada langkah 3 sampai langkah 5 untuk menghitung data-data selanjutnya.
7. Menentukan harga ΣX^2 yang paling kecil yang menunjukkan kurva yang paling cocok untuk mewakili data yang sedang dianalisis dengan harga :
 - *Exponential decline* : b = 0
 - *Hyperbolic decline* : b > 0, b ≠ 1
 - *Harmonic decline*: b = 1

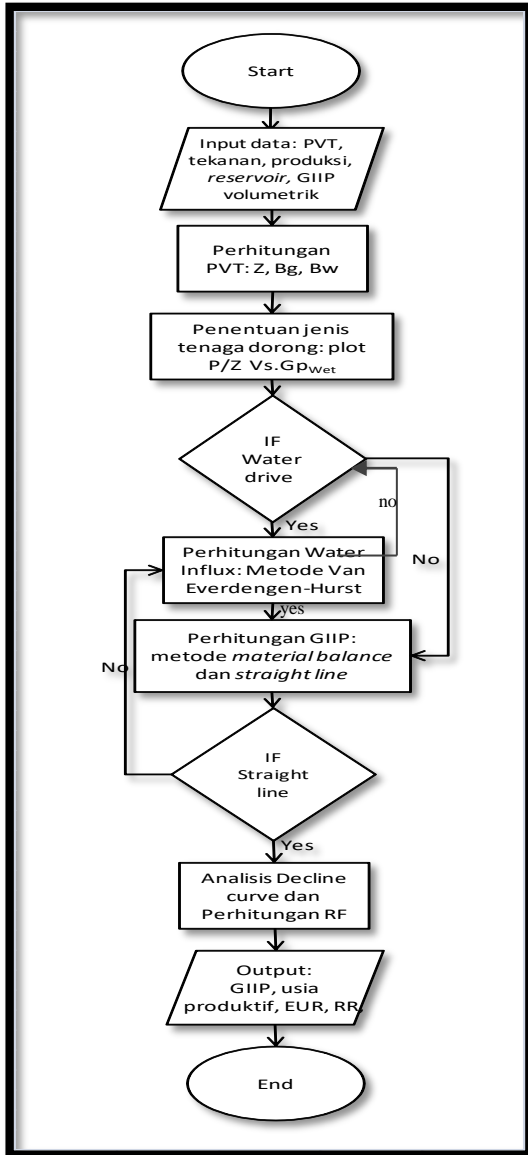
2.7 Recovery Factor

Recovery factor (RF) adalah faktor perolehan gas yang didefinisikan sebagai perbandingan jumlah gas yang dapat diproduksi ke permukaan (G_p atau $G_{p,max}$) dengan isi awal gas di tempat (G atau G_i).

$$RF = \frac{G_{p,max}}{G} \times 100\% \tag{13}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam studi ini diawali dengan dilakukannya pengumpulan data. Data-data tersebut berupa data produksi, data tekanan, data PVT, data isi awal gas di tempat metode volumetrik serta data *reservoir* dan *aquifer*. Prosedur kerja yang dilakukan pada studi ini berupa : perhitungan data PVT, penentuan jenis tenaga dorong, perhitungan *water influx*, perhitungan isi awal gas di tempat, serta analisis *decline curve* dan perhitungan *recovery factor*. Berikut Gambar 1 adalah diagram alir pada studi ini



Gambar 1. Diagram Alir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai hasil pengumpulan data dan perhitungan serta hasilnya. Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan data PVT, penentuan jenis tenaga dorong, perhitungan *water influx*, perhitungan isi awal gas di tempat, analisis *decline curve* dan perhitungan *recovery factor*.

4.1 Hasil Pengumpulan Data

Pada studi ini, data yang dapat dikumpulkan adalah data tekanan dan produksi, data komposisi gas serta data *reservoir* dan *aquifer*.

Berikut tabel 2 adalah tabel data tekanan dan produksi:

Tabel 2. Data Tekanan dan Produksi

Tahun	Tekanan (psia)	G _p wet (MMscf)	W _p (Mstb)
2008	1825	0	0,00
2009	1692,5	912,48	50,99
2010	1684,71	1505,96	945,10
2011	1676,82	1804,63	1943,60
2012	1670,19	1976,03	3096,48
2013	1659,06	2115,36	4326,69
2014	1655,91	2203,83	5625,74
2015	1650,35	2267,58	6944,59
2016	1644,27	2295,32	8348,81

Berikut tabel 3 adalah tabel komposisi gas:

Tabel 3. Komposisi Gas

Komponen	Y _i	MW	
Hydrogen Sulfide	H ₂ S	0,00	34,08
Carbon Dioxide	CO ₂	0,01	44,01
Nitrogen	N ₂	0,02	28,013
Methane	C ₁	0,66	16,043
Ethane	C ₂	0,10	30,07
Propane	C ₃	0,10	44,097
Iso-Butane	i-C ₄	0,02	58,124
n-Butane	n-C ₄	0,03	58,124
Iso-Pentane	i-C ₅	0,01	72,151
n-Pentane	n-C ₅	0,01	72,151
Hexanes	C ₆	0,01	86
Heptane plus	C ₇₊	0,02	111
Total		1	

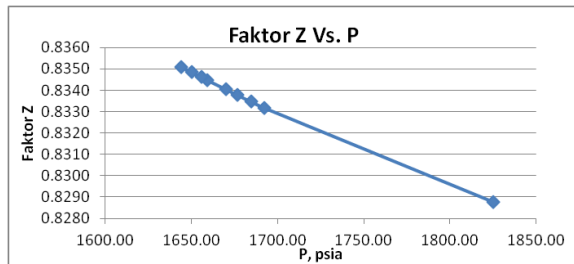
Berikut tabel 4 merupakan tabel data *reservoir* dan *aquifer*:

Tabel 4. Data *Reservoir* dan *Aquifer*

Parameter	Nilai	Satuan
Tekanan awal (P _i)	1825	psia
Temperatur (T)	194	°F
Radius (R _e)	2290	ft
Kompresibilitas total (C _t)	1,67 X 10 ⁻⁵	1/psia
Viskositas air (μ _w)	0,7	cp
Porositas <i>aquifer</i> (φ _{aq})	0,27	-
Ketebalan <i>aquifer</i> (h _{aq})	100	ft
Permeabilitas <i>aquifer</i> (K _{aq})	55	mD

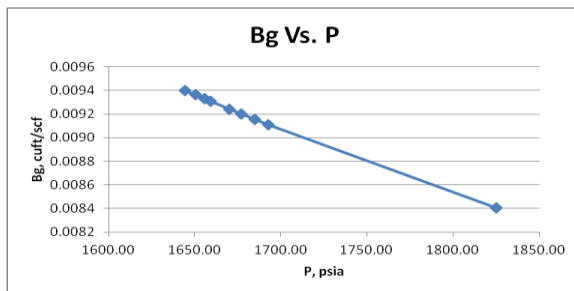
4.2 Perhitungan Data PVT

Pada studi ini perlu dilakukan perhitungan nilai faktor kompresibilitas gas, faktor volume formasi gas dan faktor volume formasi air setiap tekanan yang tersedia. Berdasarkan data komposisi gas diketahui gas memiliki senyawa pengotor yang sedikit yaitu kurang dari 3%, sehingga untuk menghitung faktor kompresibilitas gas tidak perlu dilakukan koreksi terhadap senyawa pengotor. Akan tetapi gas memiliki senyawa molekul berat yaitu C_{7+} , sehingga perlu dilakukan koreksi terhadap senyawa tersebut. Koreksi dilakukan dengan metode Sutton yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Berikut gambar 2 adalah hasil perhitungan faktor kompresibilitas gas:



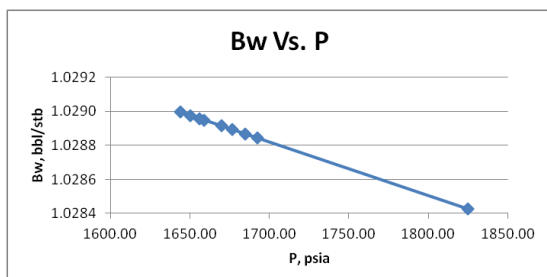
Gambar 2. Plot Faktor Z Vs. Tekanan

Setelah diketahui nilai faktor kompresibilitas gas setiap tekanan yang tersedia, maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan faktor volume formasi gas menggunakan persamaan (5). Berikut gambar 3 adalah hasil perhitungan faktor volume formasi gas:



Gambar 3. Plot Faktor volume formasi gas Vs. Tekanan

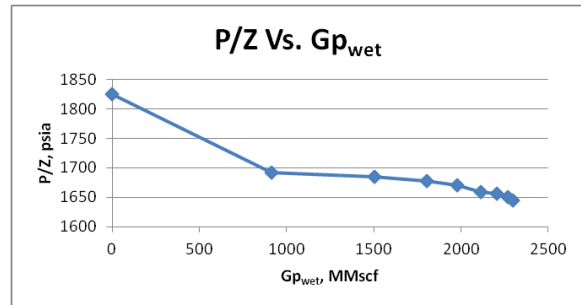
Dalam studi ini diperlukan data nilai faktor formasi air untuk melakukan perhitungan isi gas awal di tempat metode *material balance*. Faktor volume formasi air dapat ditentukan dengan persamaan (7) dan (8) serta nilai konstantanya pada tabel 1. Berikut gambar 4 adalah hasil perhitungan faktor volume formasi air.



Gambar 4. Faktor volume formasi air Vs. Tekanan

4.3 Penentuan dan Analisa Jenis Tenaga Dorong

Pada studi ini dalam menentukan jenis tenaga dorong dilakukan dengan membuat grafik *P/Z versus* kumulatif produksi gas basah dimana bentuk dari grafik tersebut akan mendefinisikan jenis tenaga dorong. Berikut gambar 5 adalah plot *P/Z Vs. Gp_{wet}*:



Gambar 5. Plot *P/Z Vs. Gp_{wet}*

Berdasarkan grafik *P/Z versus* kumulatif produksi gas, terlihat menghasilkan deviasi garis lurus. Deviasi tersebut merupakan efek dari *water influx*, dimana *water influx* memberikan *support* tekanan sehingga menimbulkan deviasi pada grafik. Oleh karena itu bisa dikatakan *reservoir* memiliki *aquifer* yang cukup aktif dan *reservoir* ini memiliki jenis tenaga dorong *water drive*.

Selain itu dari grafik terlihat pada titik-titik akhir, garis cenderung menukik kebawah, yang dimana hal itu terjadi karena penambahan nilai kumulatif produksi gas yang semakin berkurang pada titik-titik tersebut. Hal ini menandakan laju alir produksi gas makin menurun akibat mulai banyaknya air yang terproduksi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan sumur-sumur mati.

4.4 Perhitungan Water Influx

Karena *reservoir* YS memiliki jenis tenaga dorong *water drive* yang dimana menandakan *reservoir* ini memiliki *aquifer* yang cukup aktif, maka perlu dilakukan perhitungan perembesan air ke *reservoir* atau *water influx*. Pada studi ini perhitungan *water influx* dilakukan dengan metode Van Everdingen-Hurst yang menggunakan persamaan (9). Berikut tabel 5 adalah hasil perhitungan *water influx*:

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Water Influx*

t (hari)	P (psia)	t _D	ΔP (psia)	W _{eD}	W _e (bbl)
0	1825	0,00	0,00	0,00	0
1	1692,5	7,62	66,25	6,24	1100711
2	1684,71	15,25	70,15	10,22	2969047
3	1676,82	22,87	74,09	13,78	4471468
4	1670,19	30,49	77,41	17,10	5926786
5	1659,06	38,12	82,97	20,27	7405900
6	1655,91	45,74	84,55	23,32	8887663
7	1650,35	53,36	87,33	26,28	10343637
8	1644,27	60,98	90,37	29,17	11821352

Straightline material balance	3,428	1,37
-------------------------------	-------	------

4.5 Perhitungan Isi Awal Gas di Tempat

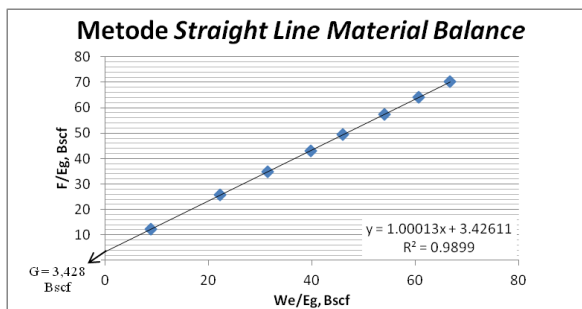
Penentuan isi awal gas di tempat akan dilakukan dengan metode *material balance* dan metode *straight line material balance*.

Perhitungan dengan metode *material balance* akan dilakukan pada 4 titik tekanan yaitu 1659,06 ; 1655,91 ; 1650,35 dan 1644,27, lalu hasil isi awal gas di tempat 4 titik tersebut akan dirata-rata kan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (11). Berikut tabel 6 adalah hasil perhitungan metode *material balance*.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Metode *Material Balance*

Tahun	P (psia)	G (Bscf)
2013	1659,06	3,433
2014	1655,91	3,416
2015	1650,35	3,418
2016	1644,27	3,453
rata-rata :		3,430

Selain metode *material balance*, pada studi ini juga akan dilakukan penentuan isi awal gas di tempat dengan metode *straight line material balance*. Pada metode ini akan menggunakan semua titik tekanan yang tersedia dengan menggunakan persamaan (12), berikut gambar 6 adalah plot F/Eg Vs. We/Eg



Gambar 6. Plot F/Eg Vs We/Eg

Nilai isi awal gas ditempat merupakan *intercept* dari Gambar 6, yaitu sebesar 3,428 Bscf. Perhitungan ini dikatakan benar karena dapat menghasilkan garis lurus pada hasil plotnya, sehingga dapat dikatakan perhitungan nilai *water influx* adalah benar.

Setelah dilakukan perhitungan isi awal gas di tempat, selanjutnya hasil nilai isi awal gas di tempat tersebut akan dibandingkan dengan data isi awal gas di tempat metode volumetrik yang sudah tersedia. Berikut tabel 7 adalah perbandingan nilai isi awal gas di tempat:

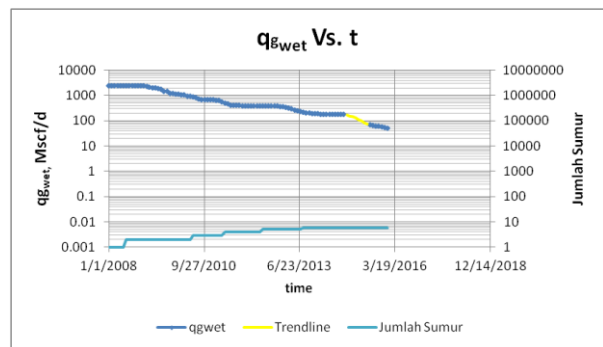
Tabel 7. Perbandingan Nilai Isi Awal Gas di Tempat

Metode	GIIP (Bscf)	Perbedaan (%)
Volumetrik	3,476	-
Material balance	3,430	1,32

4.6 Analisis Decline Curve

Batas laju alir ekonomis pada studi ini adalah sebesar 0,05 Mscf/d, dimana apabila laju produksi gas basah di bawah 0,05 Mscf/d, maka penjualan hasil produksi menjadi lebih kecil dari biaya produksi yang dikeluarkan sehingga produksi menjadi tidak ekonomis.

Berdasarkan data produksi yang tersedia, *trend* penurunan produksi yang dipilih adalah pada tanggal 1 November 2014 hingga 1 Mei 2015. Penentuan *trend* tersebut dikarenakan sudah memenuhi syarat-syarat yang berlaku yaitu memiliki penurunan laju produksi yang relatif menurun dan memiliki jumlah sumur yang sama. Berikut Gambar 7 menunjukkan grafik hubungan laju produksi gas basah dengan waktu :



Gambar 7. Grafik $q_{g_{wet}}$ Vs. t

Dari pilihan *trendline* pada gambar 7 akan ditentukan jenis *decline curve* menggunakan metode *Trial Error and X²-Chisquare Test*. Berikut tabel 8 adalah hasil perhitungan metode *Trial Error and X²-Chisquare Test*:

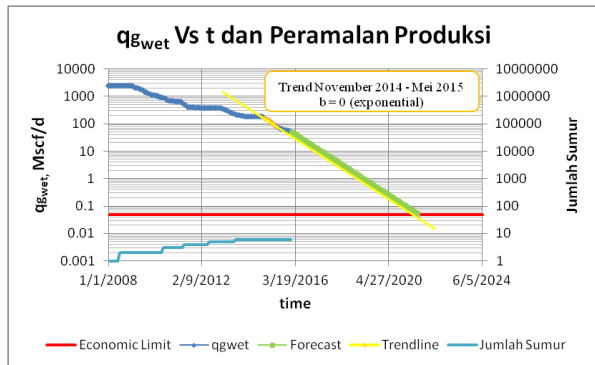
Tabel 8. Perhitungan Metode *Trial Error and X²-Chisquare Test*

	b	0	b	0,1	b	1
	Di	0,103	Di	0,108	Di	0,161
Tanggal	qg _{wet} forecast	x ²	qg _{wet} forecast	x ²	qg _{wet} forecast	x ²
11/1/14	149,56	1,78	148,99	1,91	142,86	3,70
12/1/14	134,86	2,35	133,99	2,60	125,47	5,89
1/1/15	121,61	2,49	120,63	2,80	111,85	6,59
2/1/15	109,66	2,24	108,72	2,54	100,89	5,93
3/1/15	98,88	2,02	98,09	2,27	91,90	4,85
4/1/15	89,16	1,17	88,60	1,31	84,37	2,66
5/1/15	80,40	0,41	80,10	0,46	77,98	0,85
6/1/15	72,50	0,00	72,50	0,00	72,50	0,00
	$\sum X^2 =$	12,45	$\sum X^2 =$	13,88	$\sum X^2 =$	30,48

Dari tabel 8 diketahui harga $\sum X^2$ terkecil

adalah 12,45 Mscf/d dengan nilai b adalah 0 dan Di adalah 0,103/bulan, sehingga untuk peramalan produksi, jenis *decline curve* yang akan digunakan adalah *exponential decline*.

Setelah diketahui jenis *decline curve* yang akan digunakan yaitu *exponential decline*, maka akan dilakukan peramalan produksi hingga mencapai di bawah laju alir ekonomis, sebesar 0,05 Mscf/d. Berikut gambar 8 adalah grafik laju alir gas basah *versus* waktu dari awal produksi hingga dibawah batas laju alir ekonomis:



Gambar 8. Grafik q_{gwet} Vs. t dan Peramalan Produksi

Berikut tabel 9 adalah rangkuman dari analisis *decline curve*:

Tabel 9. Rangkuman analisis *decline curve*

Parameter	Nilai	Satuan
$q_{economic}$	0,045	Mscf/d
$G_{pwet_{current}}$	2,295	Bscf
Usia Produktif	68 (1 januari 2016 - 1 September 2021)	Bulan
<i>Estimated ultimate recovery</i>	2,309	Bscf
<i>Remaining reserve</i>	0,014	Bscf

4.7 Perhitungan *Recovery Factor*

Dengan diketahui nilai EUR maka dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (13) untuk menentukan nilai *recovery factor* dari metode *material balance* dan metode *straightline material balance*, nilai *recovery factor* secara berturut-turut adalah 67,34% dan 67,37%.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa dalam studi ini dapat ditarik kesimpulan berupa:

1. Dari plot P/Z *versus* G_{pwet} pada gambar IV.5 tidak membentuk garis lurus, sehingga dapat diketahui jenis tenaga dorong dari *reservoir gas* yaitu *water drive*.
2. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai isi awal gas di tempat dengan metode *material balance* dan metode *straight line material balance* secara berturut-turut adalah 3,430 Bscf dan 3,426 Bscf. Bila dibandingkan

dengan isi awal gas di tempat volumetrik yaitu sebesar 3,476 Bscf, dapat dikatakan hasil perhitungan isi awal gas di tempat dalam studi ini benar, dengan persen perbedaan dengan metode *material balance* dan metode *straight line material balance* secara berturut-turut adalah 1,32% dan 1,37%.

3. Dari Perhitungan *Trial Error and X²-Chisquare Test* didapatkan jenis *decline curve* yang terbaik adalah *exponential decline curve* dengan nilai *decline rate* sebesar 0,103/bulan dan nilai $\sum X^2$ sebesar 12,45 Mscf/d.
4. Dari Peramalan produksi hingga laju alir ekonomis sebesar 0,045 Mscf/d, didapatkan usia produktif hingga 1 september 2021 dengan *estimated ultimate recovery* 2,309 Bscf dan *remaining reserve* 0,014 Bscf
5. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *recovery factor* dengan isi awal gas di tempat metode *material balance* dan *straight line material balance* secara berturut-turut adalah sebesar 67,34% dan 67,37 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kehadirat ALLAH S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan studi ini, penulis menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada **Dr. Ir. Afiat Anugrahadi, M.S** selaku Dekan Fakultas Kebumihan dan Energi, **Ir. Onnie Ridaliani, MT.** selaku Pembimbing I Tugas Akhir di kampus **Ir. Lestari, MT.** selaku Pembimbing II Tugas Akhir di kampus, dan kepada pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmed, T. (2010). *Reservoir Engineering Book : Fourth Edition*. Burlington: Elsevier.
2. Carr, Kobayashi, & Burrows. (1954). *Viscosity of Hydrocarbon Gases Under Pressure*. AIME.
3. Everdingen, & Hurst. (1949). *The Application of the Laplace Transformation to Flow Problems in Reservoirs*. AIME.
4. Havlena, & Odeh. (1963). *The Material Balance as an Equation of a Straight Line*. JPT.
5. Lee, J., & Wattenbarger, R. (1996). *Gas Reservoir Engineering*. Texas.
6. Riazi, & Daubert. (1987). *Characterization Parameters for Petroleum Fractions*. Oxford.
7. Rukmanana, D., & Kristanto, D. (2012). *Teknik Reservoir: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Pohon Cahaya.
8. Schilthuis. (1936). *Active Oil and Reservoir Energy*. AIME.
9. Standing, & Katz. (1942). *Density of Natural Gasses*. AIME.