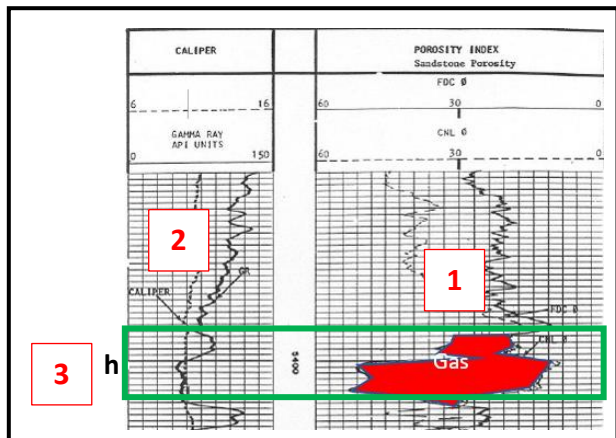


Dalam mendesign perforasi pada sumur gas dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

## 1. Mengetahui ketebalan Lapisan Produktif

Kegiatan logging merupakan salah satu kegiatan untuk menentukan karakteristik reservoir dan salah satunya adalah ketebalan dari reservoir itu sendiri.



Metode Quicklook Logging

Analisa logging untuk menentukan lapisan produktif dengan metode Quicklook (Analisa Kualitatif):

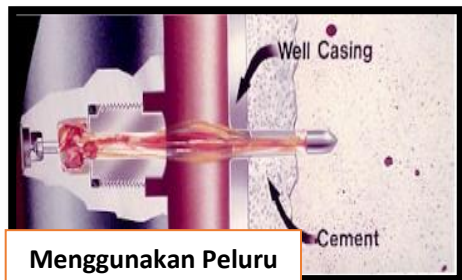
1. Lihat *crossover* antara *neutron* dan *density log*  
Terjadinya *crossover* mengindikasikan adanya HC pada kedalaman tersebut. Dan *gap* yang besar mengindikasikan bahwa HC tersebut berbentuk gas
2. Lihat *Gamma ray log*  
Nilai *gamma ray* yang besar mengindikasikan bahwa batuan pada kedalaman tersebut memiliki kandungan shale yang besar, jika nilai *gamma ray log* kecil maka mengindikasikan memiliki kandungan shale yang sedikit (diasumsikan sebagai batuan pasir)
3. Setelah terkonfirmasi dapat melihat berapa ketebalan dari lapisan produktif

## 2. Memilih Jenis Perforator

Berikut performance dari masing-masing perforator:







### Hole Diameter perforator performance

#### Bullet Perforator

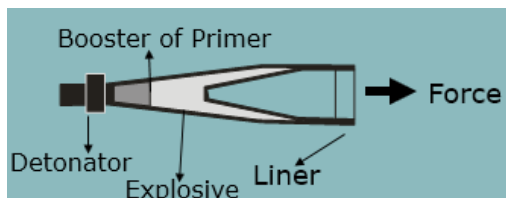


Menggunakan Peluru

#### Hole diameter bullet perforator

BULLET TYPE		SIZES AVAILABLE	TYPICAL PERFORATION CHARACTERISTICS <sup>(1)</sup>	
NUMBER	NAME		BURR	HOLE DIA.
1	STEEFLO	1/4" 3/8" 15/32" 9/16"		1/4" 3/8" 15/32" 9/16"
2	BURRFREE	1/4" 3/8" 15/32" 9/16"		1/4" 3/8" 15/32" 9/16"
3	SEMI-MUSHROOM	15/32" 9/16"		9/16" 5/8" <sup>(2)</sup>
4	FULL MUSHROOM	15/32" 9/16"		5/8" 7/8" <sup>(2)</sup>
5	NEEDLE	1/16" 1/8"		1/16" 1/8"
6	PUNCH	15/32" 9/16"		15/32" 9/16"

#### Jet Perforator



Menggunakan *powder* yang pada akhirnya akan digunakan menjadi bahan peledak untuk membuat lubang

Hole Diameter :

1/4 - 1/2 inch

#### Hydraulic Perforator



Menggunakan udara atau air untuk memutar roda dan bekerja seperti memukul untuk membuat lubang

Hole diameter *Hydraulic perforator*

Hole Diameter :  
maximum 5/8 inch



# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN *WELL COMPLETION* PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## Penetration perforator performance

Jizba (1991)

$$Co = -25m + 25(m^2 + 2520(0,42 - \phi)^{2,8})^{0,5}$$

Dimana:

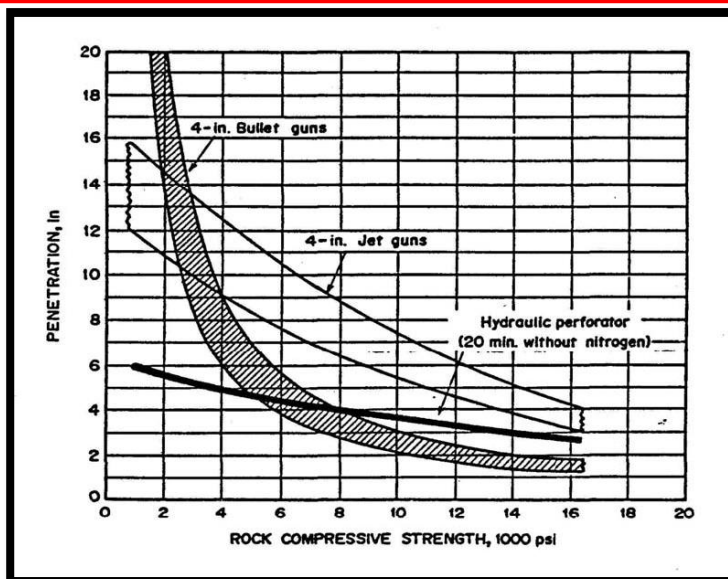
Co = Compressive Strength, Mpa

$\phi$  = Porositas, Fraksi

m = Hoek Brown Strength Coefficient

### Hoek Brown Strength Coefficient

m	Kondisi
15	Material Utuh (Tidak ada pelapukan)
7.5	Mengalami sedikit sekali pelapukan
1.5	Mengalami beberapa pelapukan
0.08	Mengalami pelapukan yang sangat tinggi



## Schlumberger Product

DEEP PENETRATION OPTIMIZED						
Gun Size, in, and Type	Shot Density, spf	Phasing, °	Charge	API RP 19B Section 1		
				Penetration, in	Entrance Hole, in	Maximum Explosive Load, g
1.56-in HSD	6	60	PowerJet* 1606, HMX	11.3	0.17	3.5
2-in HSD	6	60	PowerJet Omega* 2006, HMX	21.8	0.22	7.3
2-in HSD	6	60	PowerJet 2006, HMX	18.7	0.23	6.5
2-in HSD	6	60	PowerJet 2006, HNS	15.3	0.22	8.0
2½-in HSD	6	60	PowerJet Omega 2506, HMX	30.6	0.32	12.0
2½-in HSD	6	60	PowerJet 2506, HNS	16.7	0.30	13.5
2½-in HSD	6	60	PowerJet 2506, HMX	24.4	0.31	10.7
2¾-in HSD	6	60	PowerJet Omega 2906, HMX	36.0	0.34	16.0
2¾-in HSD	6	60	PowerJet Omega 2906, HNS	24.3	0.31	17.6
2¾-in HSD	6	60	PowerJet 2906, HMX	25.3	0.38	15.0
2¾-in HSD	6	60	PowerJet 2906, HNS	21.0	0.31	19.5
3½-in HSD	6	60	PowerJet Omega 3106, HMX	36.9	0.34	20.0
3½-in HSD†	6	60	PowerJet 3406, HMX	36.5	0.37	22.7
3½-in HSD†	6	60	PowerJet 3406, HNS	28.8	0.31	25.0

Notes: Every attempt has been made to verify the accuracy of the data tabulated; contact your Schlumberger representative for further information.  
Other shot densities and phasings are available; Schlumberger also custom designs perforation systems to meet specific needs.  
Blue type identifies API RP 19B Registered Perforation Systems.

† Available in 3½-, 3½-, and 3.67-in perforating systems  
‡ Available in 3½-in perforating systems  
§ Available in 4½-, 4.63, 4.72-, and 5-in perforating systems  
|| Available in 4.72-in perforating systems rated for high pressure

**Note:** Standar pengujian untuk API RP 19 untuk compressive strength yaitu 5000 psi



# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN WELL COMPLETION PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## 3. Mengetahui Efek Perforation Design

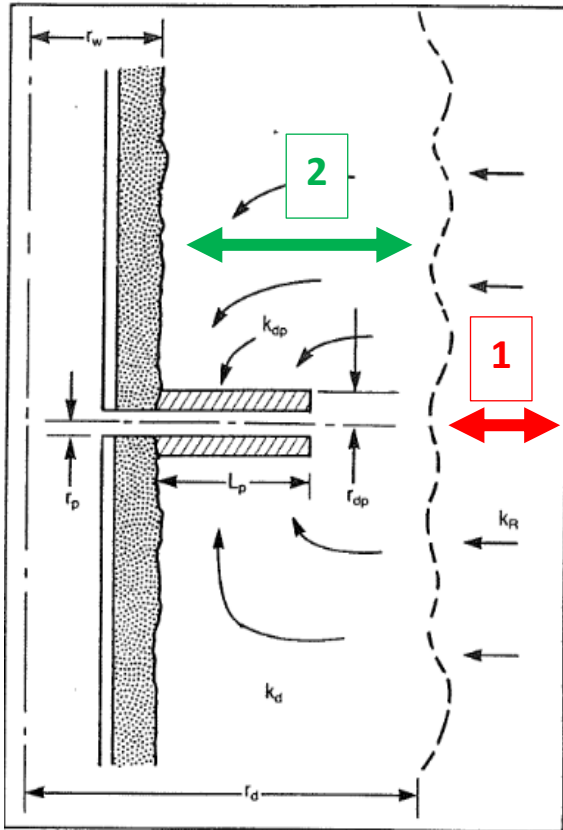
### Teori Efek Perforation Design terhadap Laju Aliran

Persamaan:

$$Pr^2 - Pwf^2 = A qsc + B qsc^2$$

Dimana A adalah *laminer coefficient* dan B adalah *turbulence coefficient*

Untuk *Cased Hole Completion*,  $A = (A_R + A_p)$  dan  $B = (B_R + B_p)$



**Reservoir effect coefficient:**

$$A_R = \frac{1422\mu_g ZT}{K_{gR}h} \left[ \ln \left( 0,472 \frac{r_e}{r_w} \right) + S_d \right]$$

$$S_d = \left( \frac{k_R}{k_d} - 1 \right) \ln \left( \frac{r_d}{r_w} \right)$$

$$r_d = r_w + 1$$

$$B_R = \frac{3,161 \times 10^{-12} \beta_R \gamma_g ZT}{h^2 r_w}$$

$$\beta_R = \frac{2,33 \times 10^{10}}{k_R^{1,2}}$$

**Perforation effect coefficient:**

Pada kondisi sumur diperforasi mengakibatkan efek terhadap laju aliran produksi yaitu:

#### 1. Saidikowski Equations

Efek aliran *converging* saat menuju daerah perforasi

$$S_p = \left( \frac{h}{h_p} - 1 \right) \left[ \ln \left( \frac{h}{r_w} \left( \frac{kh}{kv} \right)^{0,5} \right)^{-2} \right]$$

#### 2. McLeod Equations

Efek aliran saat melewati zona kompaksi

$$S_{dp} = \left( \frac{h}{L_p N} \right) \left( \frac{k_R}{k_{dP}} - \frac{k_R}{k_d} \right) \ln \left( \frac{r_{dp}}{r_p} \right)$$

$$r_{dp} = r_p + 0,5$$

**Perforation effect coefficient equations:**

$$A_p = \frac{1422\mu_g ZT}{K_R h} [S_p + S_{dp}]$$

$$B_p = \frac{3,161 \times 10^{-12} \beta_{dp} \gamma_g ZT}{h^2 r_p N^2}$$

dimana :

$A_R$  : komponen laminer reservoir

$B_R$  : komponen turbulen reservoir

$k_{gR}$  : permeabilitas reservoir yang tidak berubah, md

$S_d$  : *skin factor* milik dari perubahan permeabilitas disekitar lubang bor

$k_d$  : permeabilitas daerah perubahan, md

$r_w$  : jari-jari-jari *wellbore*, ft

$r_d$  : jari-jari daerah perubahan, ft

$$N = hp + SPF$$

$L_p$  : panjang perforasi, ft

$N$  : jumlah total dari perforasi, shot

$k_R$  : *unaltered reservoir permeability*, md

$k_d$  : *altered reservoir permeability*, md

$k_{dp}$  : *compacted zone permeability*, md

$r_p$  : radius perforasi, ft

$r_{dp}$  : radius daerah kompaksi. ft

$S_p$  : efek dari aliran memusat kedalam perforasi

$S_{dp}$  : efek aliran yang melalui daerah kompaksi

$h$  : *total formation thickness*, ft

$h_p$  : panjang interval perforasi, ft

$kh$  : permeabilitas reservoir horizontal, md

$kv$  : permeabilitas vertikal, md

$SPF$  : densitas perforasi, spf



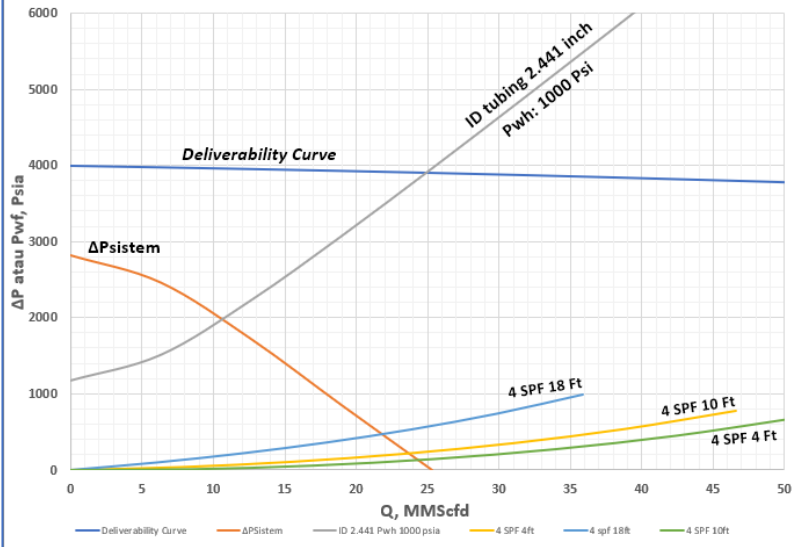
# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN *WELL COMPLETION* PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## Efek Interval Perforasi terhadap Laju Aliran

Sensitivitas Interval Perforasi



Gambar di samping merupakan suatu contoh simulasi perhitungan yang menunjukkan efek dari besarnya interval perforasi terhadap besar laju aliran yang dihasilkan.

Step pengerjaan:

1. Plot IPR *Open Hole* dan *Tubing Performance* dengan ID tubing dan Pwh tertentu
2. Membuat Garis  $\Delta P_{\text{sistem}}$

Garis  $\Delta P_{\text{sistem}}$  merupakan garis yang terbentuk hasil pengurangan besarnya  $P_{\text{wf}}@ \text{Deliverability curve}$  dengan  $P_{\text{wf}}@ \text{Tubing Performance}$ .  $\Delta P_{\text{sistem}}$  mempresentasikan besarnya kehilangan tekanan yang tercipta dengan dipergunakannya ID tubing dan di saat tekanan Pwh tertentu.

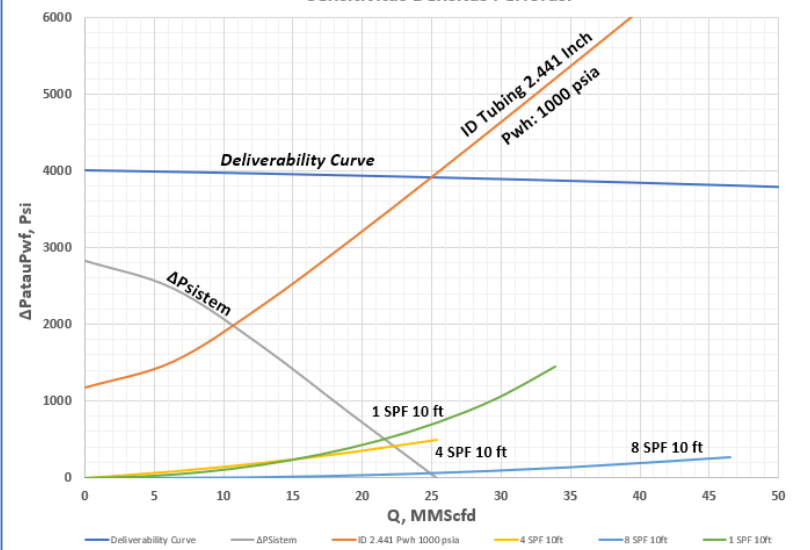
3. Menghitung kehilangan tekanan ( $\Delta P$ ) akibat design perforasi, dalam konteks ini melakukan sensitivitas terhadap perubahan besarnya interval perforasi dengan harga densitas perforasi yang tetap. Pada step ini perlu diperhatikan besarnya ketebalan lapisan yang didapat dari logging, jangan sampai nilai interval perfo melebihi ketebalan lapisan produktif
4. Plot  $\Delta P$  yang dihasilkan dari design Perforasi  
Perpotongan yang dihasilkan dari  $\Delta P_{\text{sistem}}$  dan  $\Delta P$  design perforasi akan menunjukkan besarnya laju alir yang akan dihasilkan oleh masing-masing design perforasi.

### Analisa:

Penambahan Interval perforasi tanpa diimbangi penambahan Densitas Perforasi akan memperbesar kehilangan tekanan sehingga laju alir yang tercipta akan semakin kecil.

## Efek Densitas Perforasi terhadap Laju Aliran

Sensitivitas Densitas Perforasi



Untuk step pengerjaan sama seperti dengan Efek Interval Perforasi di atas, yang membedakan hanya parameter yang diubah, parameter yang diubah yaitu densitas perforasi.

### Analisa:

Penambahan densitas perforasi akan memperkecil kehilangan tekanan sehingga akan memperbesar potensi laju aliran yang akan didapatkan





# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

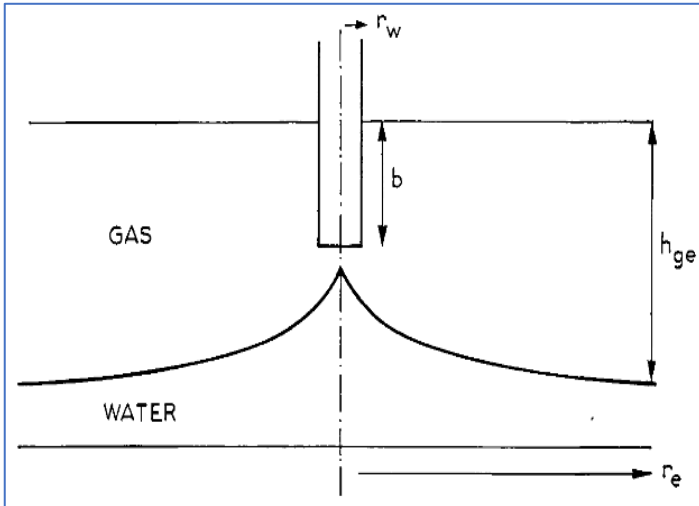
BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN *WELL COMPLETION* PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## 4. Batasan Dalam Menentukan *Perforation Design*

### Water Coning

#### Schols Equation (1972)



$$(q_{sc})_{cr} = \frac{\Delta \rho g k_{abs} k_{rg}}{\mu_g B_g} \left( 0.432 + \frac{\pi}{\ln \left( \frac{r_e}{r_w} \right)} \right) (h_{ge}^2 - b^2) \left( \frac{h_{ge}}{r_e} \right)^{0.14} \left( \frac{k_h}{k_v} \right)^{0.07}$$

Asumsi yang digunakan pada persamaan ini:

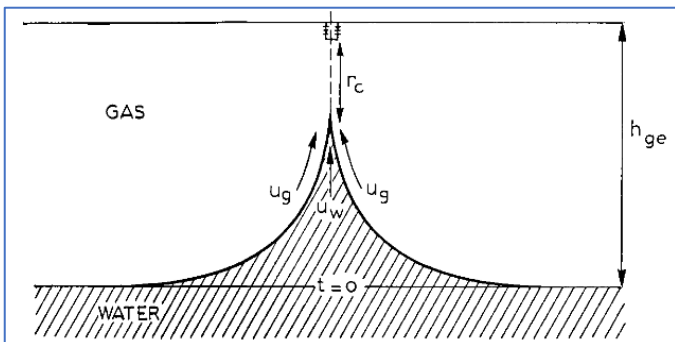
Reservoir merupakan bottom water reservoir atau reservoir bermekanisme pendorong water drive

Persamaan ini merupakan pengembangan dari persamaan Dupuit yang pada persamaannya reservoir memiliki tenaga dorong water drive, mempororasi seluruh tebal lapisan produktif, dikarenakan sangat tidak biasa kompleks sumur seperti itu maka Schols mengembangkan persamaan tersebut

Untuk mencegah terjadi cepatnya water breakthrough, dilakukanlah perforasi dari bagian teratas dari lapisan produktif atau mempororasi bagian *sejauh mungkin* dari *gas water contact*.

Semakin besar interval perforasi maka akan semakin kecil laju kritis *water coning* sehingga akan semakin besar potensi terjadinya *water coning*

#### Waktu Breakthrough terhadap Perforation Design



Persamaan:

$$M_{gw} = \frac{k_{giw}/\mu_g}{k_{wrg}/\mu_w} \quad t_{bt} = M_{gw} \frac{k_h}{k_v} \frac{2\phi(1-s_{wi}-s_{gr})\pi h_{ge}^3}{3q_{sc} B_g}$$

Semakin besar laju alir produksi yang diaplikasikan akan mempercepat waktu terjadinya breakthrough (terproduksinya air)

Asumsi:

- Reservoir bersifat homogen
- Tekanan kapiler dan gravitasi diabaikan
- Viskositas gas dan air konstan
- Aliran Darcy
- Kedalaman Penetrasi Sumur diabaikan

Dimana:

$t_{bt}$  : Cone breakthrough time, hari

$M_{gw}$  : Gas/water mobility ratio

$\mu_w$  : viskositas air, cp

$\mu_g$  : viskositas gas, cp

$B_g$  : FVF gas, bbl/scf

$k_{giw}$  :  $k_{@S_{wi}}$ , md

$k_{wrg}$  :  $k_{@S_{gr}}$ , md

$S_{wi}$  : Saturasi air mula-mula

$S_{gr}$  : Saturasi gas residual

$h_{ge}$  : ketebalan kolom gas, ft

$\phi$  : porositas reservoir

$k_v$  : Permeabilitas vertikal, md

$k_h$  : Permeabilitas horizontal, md

Jacques Hagoort,

"Pada dasarnya laju kritis untuk *water coning* biasanya kecil, hal ini dikarenakan kecil kemungkinan terjadinya produksi air. Kecuali reservoir tersebut memiliki ketebalan yang besar dan sangat permeable."



# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN *WELL COMPLETION* PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## Kepasiran

Stein, 1974:

$$q_z = \frac{0,025 \times 10^{-6} k_z N_z (E_s)_z A_z}{B_z \mu_z AT}$$

Dimana :

$Q_z$  : Laju produksi kritis, Scf/day

$K_z$  : Permeabilitas batuan, mD

$N_z$  : Jumlah lubang perforasi, shot

$(E_s)_z$  : Shear Modulus, Psi ( $0,842 \times 10^6$  psi untuk batu pasir paling lemah)

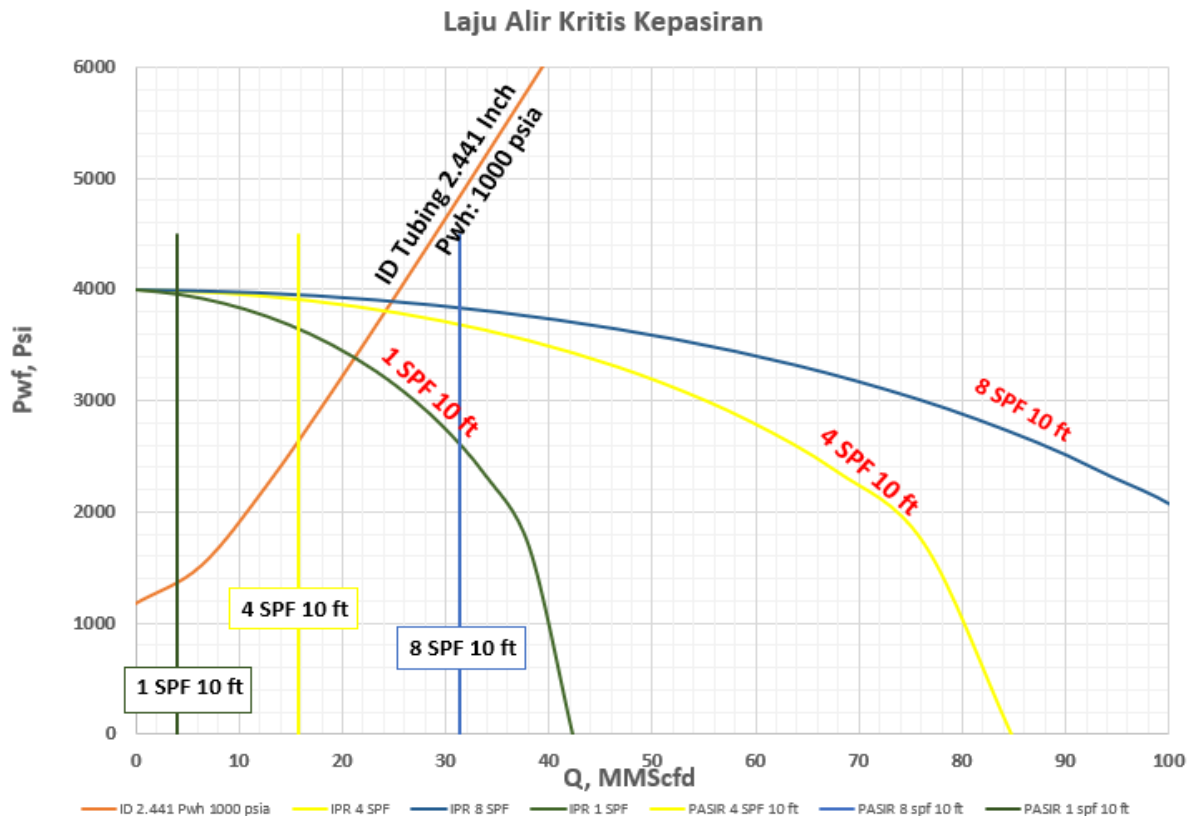
$B_z$  : Faktor volume formasi fluida, bbl/scf

$\mu_z$  : Viskositas fluida, cp

$A_z$  : Luas kelengkungan pasir formasi, sq-ft (diasumsikan bernilai 1)

$A_t$  : Luas kelengkungan pasir pada kondisi test, sq-ft (diasumsikan bernilai 1)

Pada persamaan ini seolah-olah menunjukkan semakin banyak jumlah lubang perforasi ( $N_z$ ) maka nilai laju alir kritis kepasiran semakin besar sehingga semakin banyak lubang perforasi tidak mudah terjadi kepasiran



Semakin banyak lubang perforasi akan menyebabkan besarnya potensi sumur. Dan besarnya laju kritis kepasiran mengikuti besarnya potensi sumur tersebut



# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN *WELL COMPLETION* PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## Teori Efek *Perforation Design* dengan penambahan *Gravel Pack* terhadap Laju Aliran

Persamaan:

$$P_r^2 - P_{wf}^2 = A q_{sc} + B q_{sc}^2$$

Untuk Perforated *Cased Hole Completion* dengan *gravel pack*,

$$A = (A_R + A_D + A_G) \text{ dan } B = (B_R + B_D + A_G)$$

### *Gravel Pack Effect coefficient:*

Gurley merumuskan persamaan untuk effect gravel pack terhadap aliran, yaitu

$$A_G = \frac{2844 \mu_g Z T L}{k_G N r_p^2}$$

$$B_G = \frac{1,263 \times 10^{-11} \beta_g \gamma_g Z T L}{r_p^4 N^2}$$

$$\beta_g = \frac{1,47 \times 10^7}{k_G^{0,55}}$$

Dan besarnya  $k_G$  menurut Gurley:

Sieve Size, mesh	$k_G$ , md
10 - 20	$5 \times 10^5$
16 - 30	$2,5 \times 10^5$
20 - 40	$1,2 \times 10^5$
40 - 60	$4 \times 10^4$

Dimana:

$A_G$  : komponen laminar gravel pack

$B_G$  : Komponen turbulen gravel pack

$k_G$  : permeabilitas gravel pack, md

$L$  : panjang tunnel gravel pack ke sumur, ft

$N$  : jumlah total dari perforasi, shot

$r_p$  : radius perforasi, ft

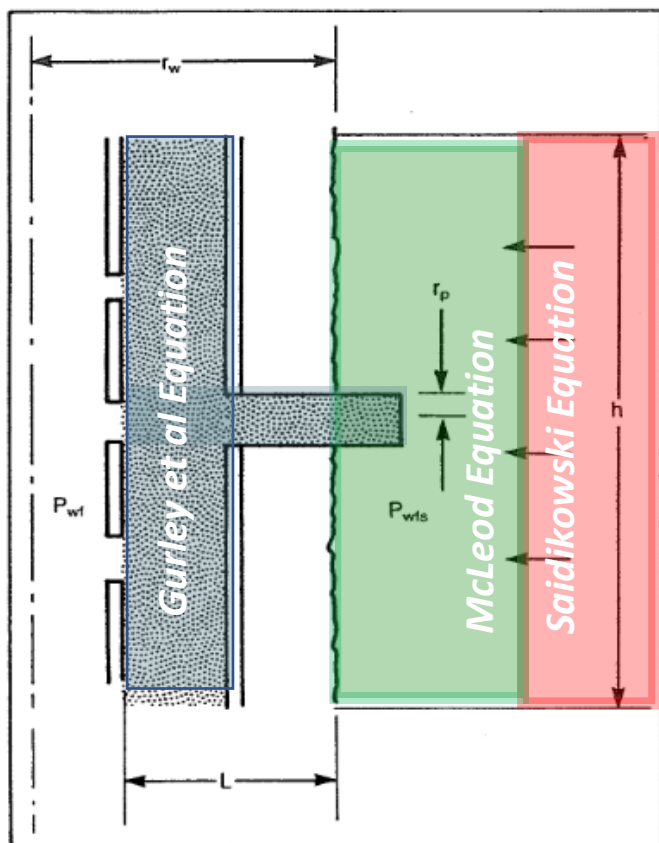
$\mu_g$  : viskositas gas, cp

$T$  : Temperature reservoir,  $^{\circ}R$

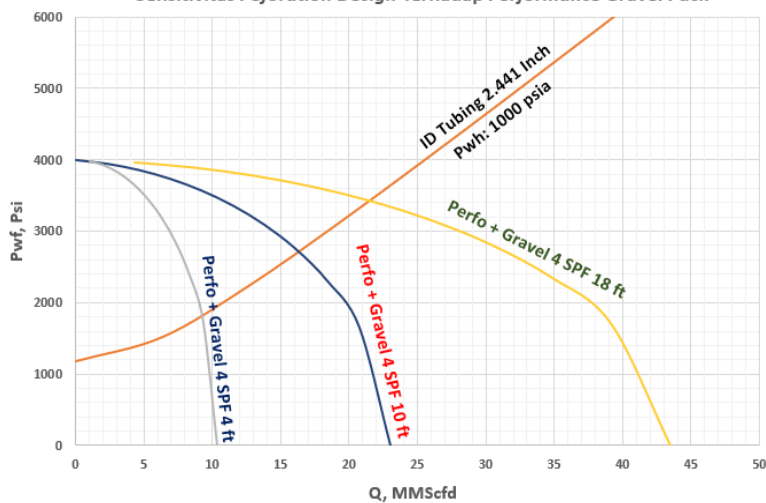
$Z$  : Faktor kompresibilitas gas

$\gamma_g$  : gas specific gravity, dimensionless

$\beta_g$  : koefisien kecepatan aliran di gravel pack,  $ft^{-1}$



Sensitivitas *Perforation Design* Terhadap *Performance Gravel Pack*



Semakin banyak lubang perforasi semakin besar potensi sumur dalam keadaan menggunakan gravel



# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN *WELL COMPLETION* PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## Liquid Loading

**Turner Critical Velocity, 1969:**

$$V_{g, \text{ kondensate}} = \frac{4,02 (45 - 0,0031 P_{wh})^{\frac{1}{4}}}{(0,0031 P_{wh})^{\frac{1}{2}}}$$

$$V_{g, \text{ water}} = \frac{5,62 (67 - 0,0031 P_{wh})^{\frac{1}{4}}}{(0,0031 P_{wh})^{\frac{1}{2}}}$$

**Laju alir kritis *Liquid Loading***

$$q_g = \frac{3,067 P_{wh} V_g A}{(T + 460) Z}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4 \times 144}$$

Dimana:

$V_g$  = Turner Critical Velocity, ft/s

$P_{wh}$  = Tekanan kepala sumur, psia

$q_g$  = Laju alir kritis gas liquid loading, MMScf/D

$A$  = Luas inner tubing, ft<sup>2</sup>

$d$  = inner diameter tubing, in

$T$  = Wellhead temperature, °f

$Z$  = Faktor kompresibilitas gas

**Parameter penting dalam *liquid loading*:**

Besarnya nilai  $P_{wh}$  dan Luas diameter tubing mempengaruhi besar dari laju kritis *liquid loading*.

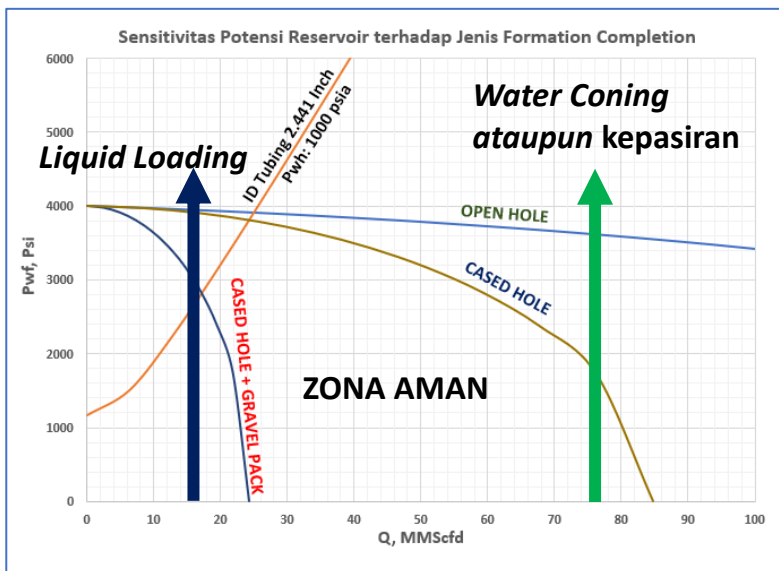
Semakin besar nilai  $P_{wh}$  akan semakin besar nilai laju kritis *Liquid Loading*, sehingga semakin besar potensi terjadinya *Liquid Loading* dan semakin besar ukuran tubing yang digunakan semakin berpotensi terjadinya *liquid loading*.

**Penting:**

Pada *Liquid loading* semakin kecil nilai laju kritis ( $q_g$ ) maka akan semakin baik karena laju kritis menjadi nilai minimum rate agar tidak terjadinya *liquid loading*.

## 5. Pemilihan *Perforation Design* Optimum

Pada prinsipnya dalam *Well Completion design*, masing-masing bagian yaitu *Formation Completion*, *Tubing Completion*, dan *Wellhead completion* tidak bisa dipisahkan satu sama lain. Masing-masing bagian tersebut saling mempengaruhi satu sama lain. Dan untuk mencapai *well completion design* yang optimum dibutuhkan banyak sensitivitas pada berbagai kondisi desain yang ingin diterapkan.



**Analisa:**

Semakin banyak formation completion equipment maka akan menambah *pressure lose*, sehingga potensi *rate* yang tercipta akan semakin kecil.

Zona aman merupakan zona yang didesain untuk menjauhi terjadinya *Liquid Loading*, water coning ataupun kepasiran.

Untuk memaksimalkan *rate* yang ingin dihasilkan, parameter lain seperti *Tubing Completion* dan *Wellhead Completion* perlu diperhitungkan juga. Besarnya ID tubing dan  $P_{wh}$  mempengaruhi besarnya *Liquid loading* dan performa dari *tubing performance*, sehingga akan butuh banyak sensitivitas untuk mencapai *rate* yang optimum.





# PERFORATION DESIGN PADA SUMUR GAS RESERVOIR BATU PASIR

BAGIAN DARI KOMPREHENSIF IWAN KURNIAWAN (113150081) YANG BERJUDUL

PERENCANAAN *WELL COMPLETION* PADA SUMUR GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK RESERVOIR BATU PASIR

## DAFTAR PUSTAKA

- Daniel J Tearpock,,. 1991. "Applied Subsurface Geological Mapping", New Jersey: Prentice Hall
- Hobson G.D and Tratsoo E.N, .1975. "Introduction to Petroleum Geology", England:Scientific Press
- DepdikBud,,1982. "Menggambar Teknik Geologi Tambang"
- Dolson, John. 2016. *Understanding Oil and Gas Shows and Seals in the Search for Hydrocarbons*. Switzerland: Springer International Publishing
- ENI. 1999. *Drilling Design Manual*. Itali: ENI
- Byrom G. Ted. 2007. *Casing and Liners for drilling and Completion*.Texas: Gulf Publishing Company
- Adams, Neal. 1985. *Drilling engineering: a complete well planning approach*. Amerika: PennWell
- Rabia, Hussain. 2002. *Well Engineering & Construction*. United Kingdom: Entrac Consulting
- Serra, Oberto. 1984. *Fundamental of Well Log Interpretation*. Netherlands: Elsevier
- Hilchie, D., W. 1978. *Density-neutron log illustrating type I gas effect*. Amerika: SPE
- Lehne, A., Karl. 2006. *Wireline Formation Tester*. Norwegia: Society of Petroleum Engineer
- Energy Resources Conversation Board. 1978. *Theory and practice of the testing of gas wells*
- Bellarby, Jonathan. 2009. *Well Completion Design*. Hungaria: Elsevier
- Allen O Thomas. 1978. *Production Operations second edition*.Tulsa: OGCI
- Hagoort, Jacques. 1988. *Fundamental of Gas Engineering*. Netherlands: Elsevier
- Beggs Dale, H. 1984. *Gas Production Operations*. Amerika: OGCI
- Ott, k., William. 2003. *Modern Sandface Completion Parctices Handbook First Edition*. Texas: Gulf Publishing Company
- Lake, W., Larry. 2007. *Production Operations Engineering vol 4*. America: SPE
- Archie, G,E. 1942. *The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining some Reservoir Characteristics*. Dallas Meeting: SPE
- Tixier. 1975. *Estimation of Formation Strength From the Mechanical Properties Log,.* Dallas: SPE