

**PENGARUH KEGIATAN PERFORASI PADA PENURUNAN
TEKANAN DI SUMUR GAS**

JURNAL ILMIAH

**AGHISNA PRIMA AFFIAN
NIM 124.15.017**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
Agustus 2020**

**PENGARUH KEGIATAN PERFORASI PADA PENURUNAN
TEKANAN DI SUMUR GAS**

JURNAL ILMIAH

**AGHISNA PRIMA AFFIAN
NIM 124.15.017**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Perminyakan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
Agustus 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KEGIATAN PERFORASI PADA PENURUNAN
TEKANAN DI SUMUR GAS**

JURNAL ILMIAH

**AGHISNA PRIMA AFFIAN
NIM 124.15.017**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Perminyakan

Kota Deltamas, 28 Agustus 2020

Menyetujui

Pembimbing



Prof.Dr.Ir. Sudjati Rachmat, DEA

NIP : 195509021980101001

PENGARUH KEGIATAN PERFORASI PADA PENURUNAN TEKANAN DI SUMUR GAS

Aghisna Prima Affian

Teknik Perminyakan, Institut Teknologi dan Sains Bandung

Email : paffiantm@gmail.com

Abstrak :

Setelah suatu sumur dikatakan ekonomis maka sumur tersebut akan dikembangkan menjadi sumur produksi, tahap akhir sebelum sumur tersebut menjadi sumur produksi adalah tahap penyelesaian sumur atau *well completion*. Perforasi mempunyai peranan sangat penting dalam kompleksi sumur. Perforasi akan menghasilkan jalur komunikasi antara *reservoir* dan lubang sumur. Tanpa adanya desain dan eksekusi yang benar, maka lubang perforasi bisa memberikan kontribusi kehilangan tekanan yang sangat besar. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari desain perforasi yaitu kemampuan penetrasi dari *perforation gun* yang dihasilkan dari eksekusi pekerjaan perforasi, kekerasan formasi, permeabilitas disekitar lubang perforasi, dan densitas perforasi.

Kata Kunci : Sumur, *Well Completion*, *Formation Completion*, *Perforated Completion*, Perforasi.

Abstract :

After a well is said to be economical, the well will be developed into a production well, the final stage before the well becomes a production well is the well completion stage. Broadly speaking, well completion can be divided into three parts, namely formation completion, tubing completion and wellhead completion, as for good completion criteria in terms of the problems faced by each part of well completion such as formation completion which is used to overcome problems caused by the nature the nature of the productive formation. Factors that need to be considered in selecting formation completion are length of perforation penetration, rock compactness, permeability around the wellbore, density of the perforation.

Keyword : Well, *Well Completion*, *Formation Completion*, *Perforated Completion*, *Perforation*.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setelah operasi pemboran mencapai target yang ditentukan pada industri minyak dan gas bumi maka langkah selanjutnya adalah pelaksanaan operasi produksi. Tahap awal dimulainya suatu operasi produksi adalah dengan dilaksanakannya tahap penyelesaian sumur atau biasa disebut kompleksi sumur. Kompleksi sumur adalah pekerjaan tahap akhir atau pekerjaan penyempurnaan untuk mempersiapkan suatu sumur pemboran menjadi sumur produksi. Penyelesaian sumur bertujuan untuk mengoptimalkan produksi dari *reservoir* permukaan dengan menekan kemungkinan adanya masalah produksi seminimal mungkin baik pada masa *natural flow* maupun pada saat *artificial lift* diterapkan. Dengan pertimbangan ini maka dalam penerapan metode kompleksi sumur, kemungkinan penerapan metode produksi dimasa yang akan datang serta operasi perbaikan formasi dan sumur perlu dipertimbangkan (*workover*, stimulasi dan reparasi sumur) (Alexandri, 2018).

Perforasi mempunyai peranan sangat penting dalam kompleksi sumur. Perforasi akan menghasilkan jalur komunikasi antara *reservoir* dan lubang sumur. Tanpa

adanya desain dan eksekusi yang benar, maka lubang perforasi bisa memberikan kontribusi kehilangan tekanan yang sangat besar. Hal tersebut akan merugikan karena produksi yang diharapkan tidak akan tercapai dan cadangan yang terambil dari satu sumur jadi tidak optimum. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari desain perforasi untuk mendapatkan laju alir produksi yang optimum. Faktor pertama adalah kemampuan penetrasi dari *perforation gun* yang dihasilkan dari eksekusi pekerjaan perforasi tersebut. Faktor yang lain adalah kekerasan formasi, permeabilitas disekitar lubang perforasi dan *invaded zone* (Apolianto dan Mucharam, 2012).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui desain perforasi yang terbaik berdasarkan hasil penurunan tekanan.
2. Mengetahui faktor-faktor kegiatan perforasi yang mempengaruhi nilai penurunan tekanan.

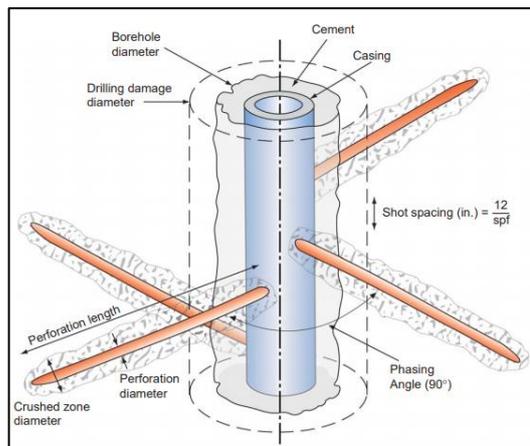
1.3 Batasan Masalah

Batasan – batasan dalam penulisan Tugas Akhir ini meliputi :

1. Pembahasan penelitian yang secara spesifik hanya dilakukan pada 1 sumur.
2. Hanya dilakukan pada perforated casing completion.
3. Tidak melakukan perhitungan IPR dan TPR.
4. Tidak melakukan perbandingan nilai *skin* yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan nilai *skin* berdasarkan data *well test*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perforated Casing Completion



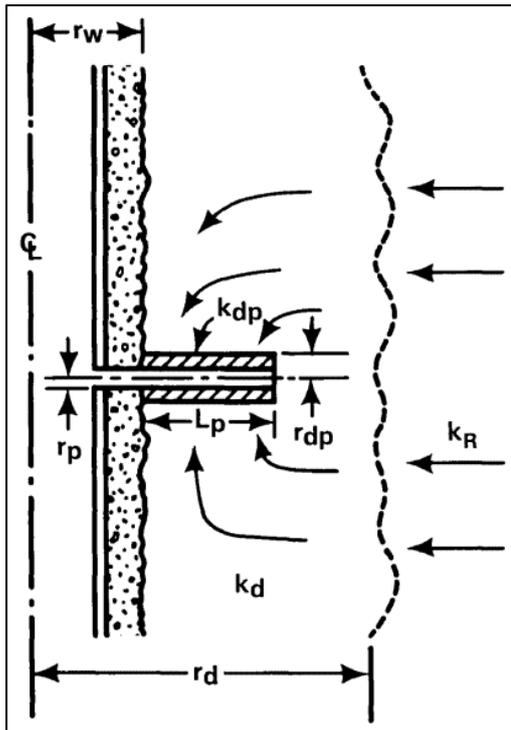
Gambar 2.1 Skema Perforasi (Bellarby, 2009)

Agar terjadi komunikasi aliran antara *reservoir* dan lubang sumur, maka perlu dibuat lubang yang menembus dinding *casing*, semen dan formasi. Kegiatan pembuatan lubang pada interval-interval yang diinginkan tersebut disebut perforasi. Kegiatan perforasi memerlukan bahan

peledak (*explosive charges*) yang diturunkan kedalam sumur baik dengan menggunakan *electric conductor wireline cable, tubing* atau *drill pipe*. Ketika *charges* telah mencapai kedalaman yang telah ditentukan maka peledakan bisa segera dilakukan untuk menghasilkan lubang yang menghubungkan antara lubang sumur dengan formasi. Penyelesaian sumur dengan cara perforasi merupakan salah satu cara yang umum digunakan. Hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan yang diperoleh dari penyelesaian sumur dengan sistem perforasi, yaitu antara lain:

1. Relatif lebih ekonomis.
2. Dapat memproduksi secara selektif dari lapisan produktif yang diinginkan.
3. Dapat digunakan untuk *multiple completion*.
4. Produksi gas atau air yang berlebihan ke dalam sumur dapat dikendalikan.
5. Kedalaman *casing* dapat ditentukan secara tepat.
6. Sangat cocok untuk pelaksanaan *sand control* pada formasi *unconsolidated*.

Dapat dilihat pada Gambar 2.1 dari penyelesaian sumur dengan teknik perforasi (*perforated casing completion*).



Gambar 2.2 Aliran Fluida Reservoir pada Perforasi (McLeod, 1983)

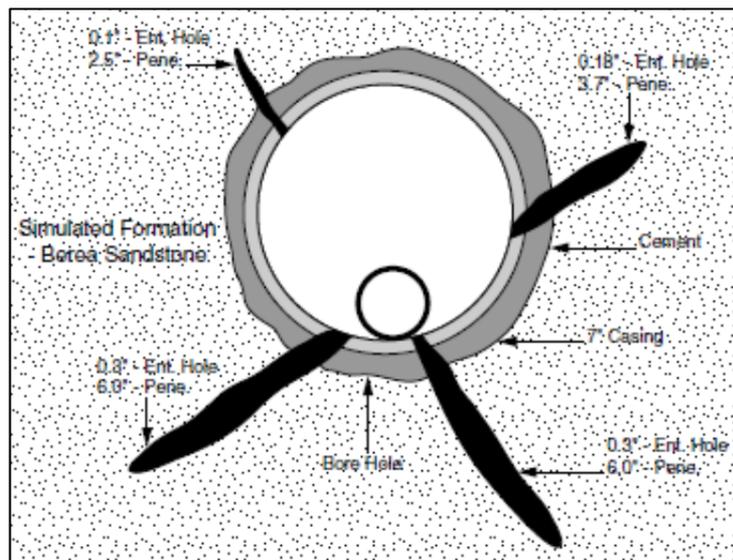
Perforated casing completion umumnya digunakan pada formasi-formasi dengan faktor sementasi (m) sebesar 1,4.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketebalan dan seberapa besar permeabilitas dari *crushed zone* :

1. Ukuran dari *perforation charges*.
2. Ketebalan dan kekuatan dari *casing*.
3. Ketebalan dan kekuatan dari semen.
4. Komposisi dari butiran, ukuran dan bentuk dari lapisan formasi batuan.
5. Kondisi tekanan batuan disekitar lubang batuan.
6. Jarak antara lubang perforasi satu dengan yang lainnya secara vertical.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kedalaman penetrasi dari perforasi adalah sebagai berikut :

1. Ukuran dari *gun*, dimana secara umum bisa digambarkan bahwa penetrasi dan diameter lubang perforasi akan makin



Gambar 2.3 Efek Akibat Jarak *Perforating Gun* (Apolianto dan Mucharam, 2012)

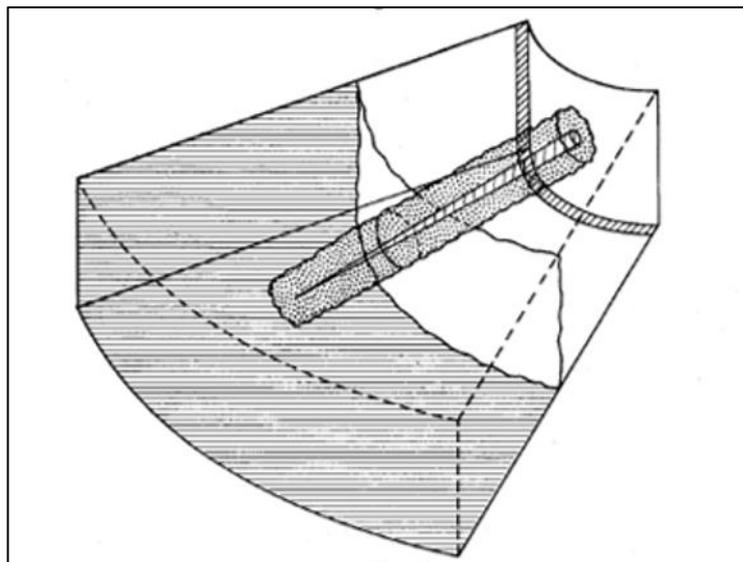
- besar dengan makin besarnya ukuran *gun* dan berat dari eksplosif.
2. Tekanan lubang sumur, temperatur dan densitas fluida.
 3. Jarak *perforation gun* dengan *casing*.

Dapat dilihat pada Gambar 2.3 efek dari jarak *perforation gun* dengan *casing* menjadi sangat besar jika ukuran *gun* yang dipakai relatif sangat kecil dibandingkan dengan ukuran *casing*.

2.1.1 Faktor *Skin*

Laju aliran dari formasi kedalam sumur pada *perforated casing completion* dipengaruhi oleh kerusakan (*damage*) dan lubang perforasi. *Wellbore formation damage* adalah zona atau area di sekitar lubang sumur yang mengalami kerusakan

oleh proses pengeboran, umumnya sebagai akibat dari invasi fluida lumpur pengeboran dan atau semen filtrat. Ketika fluida asing tersebut memasuki formasi, hal tersebut dapat meninggalkan endapan padat dan kimiawi, menyebabkan *clay swelling*, dan akhirnya terbentuk kerusakan formasi di sekeliling lubang bor. Kerusakan yang dimaksud adalah pengurangan nilai permeabilitas di sekitar lubang bor yang diikuti dengan pengurangan nilai porositas. Menurut Klotz dkk (1974) *wellbore formation damage* dapat menyebabkan rendahnya nilai produktifitas sumur, terlebih lagi apabila panjang lubang perforasi yang dibuat tidak mampu melampaui zona formasi yang rusak dapat mengakibatkan hilangnya produktifitas sumur yang



Gambar 2.4 *Wellbore Formation Damage* dan *Perforation Damage* (Klotz dkk., 1974)

ekstrem. Oleh karena itu sangat penting diperlukan adanya pemilihan teknik dan kondisi perforasi yang bagus untuk mengatasi adanya masalah *wellbore formation damage*, agar nilai produktifitas sumur yang dihasilkan dapat semaksimal mungkin.

Untuk selanjutnya masing-masing dinyatakan sebagai *skin damage* (S_d) dan *skin perforasi* (S_p). Sedangkan hasil dari analisa tes tekanan memberikan harga *skin total* (S_t), dimana :

$$S_t = S_d + S_p \dots \dots \dots (2.1)$$

Teori analisa fluida menuju ke sumur menganggap geometri aliran radial dengan batas-batas $r = r_w$ (dinding.formasi) dan $r = r_e$ (batas pengurasan). Apabila faktor *skin* diperhitungkan sebagai kehilangan tekanan, maka persamaan menjadi :

$$q = \frac{7,082 \cdot k \cdot h \cdot (P_r - P_{wf})}{u \cdot B \cdot \left(\ln(r_e/r_w) - \frac{1}{2} + S \right)} \dots \dots \dots (2.2)$$

atau

$$q_{sc} = \frac{0.0007027 k h (P_r^2 - P_w^2)}{T \mu_g Z \left[\ln\left(0.472 \frac{r_e}{r_w}\right) + S + D q_{sc} \right]} \dots \dots (2.3)$$

Dalam hal ini, semakin kecil diameter perforasi, semakin besar skin

perforasinya. Sebaliknya jika diameter perforasi semakin besar dan penetrasinya semakin dalam serta semakin banyak densitas perforasi, maka akan dihasilkan nilai skin yang semakin kecil.

2.1.2 Pressure Drop Perforasi

Salah satu penyebab rendahnya produktivitas sumur pada *perforated completion* adalah karena program pelubangan selubung (perforasi) yang tidak memadai. Didalam perhitungan *perforated casing completion* yang paling utama adalah menentukan interval perforasi, densitas perforasi, dan jari-jari perforasi (Gatlin, 1960). Apabila kondisi ini terjadi akan berakibat timbulnya suatu hambatan terhadap aliran atau bertambahnya penurunan tekanan *pressure drop* dalam formasi. Oleh karena itulah, (Carl Granger dan Kermit Brown) telah menggunakan analisa nodal untuk mengevaluasi besarnya penurunan tekanan melalui lubang perforasi, pada berbagai harga *density* perforasi. Analisa nodal disini, diterapkan untuk *standart perforated well*, dengan menganggap *perforated hole turn 90°* dan tidak terjadi *damage zone* disekeliling lubang sumur. Anggapan-anggapan lain yang digunakan

dalam mengevaluasi *pressure drop* melalui lubang perforasi ini adalah :

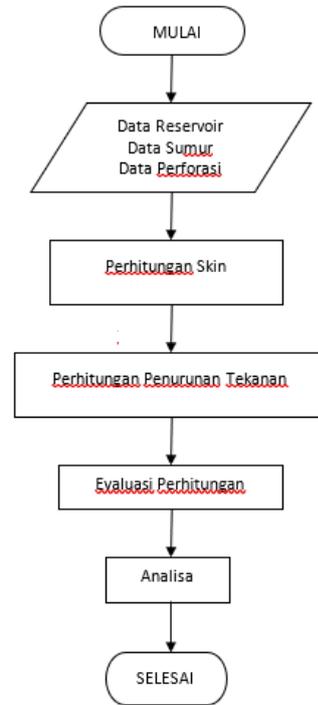
1. Permeabilitas dari *crushed zone* atau *compact zone* yaitu :

- dari permeabilitas formasi apabila diperforasi dengan tekanan *overbalanced* (tekanan hidrostatik dalam lubang sumur lebih besar daripada tekanan formasi).
 - dari permeabilitas formasi, apabila diperforasi dengan tekanan *underbalanced* (tekanan hidrostatik dalam lubang sumur lebih kecil daripada tekanan formasi).
2. Ketebalan *crushed zone* adalah 1/2 inch.
3. Infiniti reservoir, sehingga P_{wst} tetap pada sisi dari *compact zone*, jadi pada *closed outer boundary*, konstanta - 3/4 pada persamaan Darcy dihilangkan.
4. Untuk mengevaluasi *pressure drop* melalui lubang perforasi digunakan persamaan dari Jones, Blount dan Galze.

III. METODOLOGI DAN DATA PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Berikut adalah alur pengerjaan dalam penelitian tugas akhir ini :



Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Penelitian

3.2 Data Penelitian

Persiapan awal dalam rangka penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data – data yang diperlukan. Data yang bersumber dari sumur pada lapangan A untuk memenuhi studi penelitian ini diantaranya adalah data reservoir, data sumur, dan data perforasi. Berikut merupakan tabel ringkasan kelengkapan data pada lapangan ini.

Tabel 3.1 Data Reservoir

Simbol	Parameter	
K _r	Permeabilitas formasi, md	70
h	Net pay, ft	26
P _R	Tekanan reservoir, Psia	2562
μ	Viscositas, cp	0.025
z	Gas deviation factor	0.9
γ	Gas gravity	0.65
T	Temperatur reservoir, °R	1040
	Compacted zone thickness, in	0.5

Tabel 3.2 Data Sumur

Simbol	Parameter	
r _e	Jari – jari pengurasan, ft	660
r _w	Jari – jari sumur, ft	0.35
q	Laju alir gas, Mscf/D	1676
r _d	Jari -jari kerusakan sumur, ft	2

Tabel 3.3 Data Perforasi

Simbol	Parameter	
r _p	Jari-jari lubang perforasi, in	0.5
L _p	Panjang lubang perforasi, in	17
S _p	Skin perforasi	0.45
	Charge weight, gram	27
	Gun OD, in	4.7
	Densitas perforasi, Shots/ft	4

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Reservoir

Berdasarkan data *reservoir* yang telah disediakan pada Tabel 3.1, penulis dapat melakukan tinjauan singkat terhadap kondisi *reservoir* sumur yang dimiliki. *Reservoir* ini memiliki tipe batuan batupasir. Berdasarkan (Gatlin, 1960) faktor utama dalam kegiatan *perforated casing completion* yaitu menentukan panjang perforasi, densitas perforasi, dan

jari-jari perforasi. Pada tugas akhir ini dilakukan dengan membuat 3 desain dari 3 parameter perforasi yaitu panjang perforasi, densitas perforasi, dan jari-jari perforasi

Tabel 4.1 Data 3 Desain Perforasi dari 3

Parameter

Parameter Panjang Perforasi			
Parameter	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Panjang Perforasi, in	7	17	27
Densitas Perforasi, spf	4	4	4
Jari-jari Perforasi, in	0.5	0.5	0.5
Parameter Densitas Perforasi			
Parameter	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Panjang Perforasi, in	17	17	17
Densitas Perforasi, spf	2	4	6
Jari-jari Perforasi, in	0.5	0.5	0.5
Parameter Jari-Jari Perforasi			
Parameter	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Panjang Perforasi, in	17	17	17
Densitas Perforasi, spf	4	4	4
Jari-jari Perforasi, in	0.1	0.5	1

4.2 Penentuan Skin

4.2.1 Menghitung Skin pada Panjang Perforasi Desain 1

Kerusakan Akibat dari Kegiatan Pemboran

$$\begin{aligned}
S_d &= \left(\frac{k_R}{k_d} - 1 \right) \ln \frac{r_d}{r_w} \\
&= \left(\frac{70}{17.5} - 1 \right) \ln \frac{2}{0.35} \\
&= 5.23
\end{aligned}$$

Kerusakan Akibat dari Kegiatan Kompaksi Perforasi

$$\begin{aligned}
S_{dp} &= \left(\frac{h}{n Lp} \right) \left(\frac{k_R}{k_{dp}} - \frac{k_R}{k_d} \right) \ln \left(\frac{r_{dp}}{r_p} \right) \\
&= \left(\frac{26}{(104)(0.5833)} \right) \left(\frac{70}{1.75} - \frac{70}{17.5} \right) \ln \left(\frac{1}{0.5} \right) \\
&= 10.69
\end{aligned}$$

Skin Total

$$\begin{aligned}
S &= S_p + S_d + S_{dp} \\
&= 0.45 + 5.23 + 10.69 \\
&= 16.37
\end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil Skin Total dari Setiap Parameter

Parameter	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Panjang Perforasi	16.37	10.08	8.45
Densitas Perforasi	14.49	10.08	8.61
Jari-jari Perforasi	17.06	10.08	8.25

Begitu juga yang dilakukan pada perhitungan *skin* setiap 3 desain dari 3 parameter. Hasil perhitungan skin pada tiga desain dari parameter panjang

perforasi didapatkan bahwa semakin panjang lubang perforasi maka nilai skin yang dihasilkan akan semakin kecil. Sedangkan pada parameter densitas perforasi apabila jumlah lubang perforasi semakin banyak maka nilai skin yang dihasilkan akan semakin kecil. Dan untuk parameter jari-jari perforasi dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran jari-jari perforasi nilai skin yang dihasilkan juga semakin kecil.

4.3 Penentuan Parameter Turbulen

4.3.1 Parameter Turbulen pada Panjang Perforasi Desain 1

$$\begin{aligned}
\beta &= 2.6 \times 10^{10} k_{dp}^{-1.2} \\
&= 2.6 \times 10^{10} (1.75)^{-1.2} \\
&= 1.33 \times 10^{10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D &= 2.22 \times 10^{-15} \left(\frac{\beta \cdot \gamma}{n^2 Lp^2 r_p} \right) \left(\frac{k_R h}{\mu} \right) \\
&= 2.22 \times 10^{-15} \cdot \left[\frac{1.33 \times 10^{10} (0.65)}{(104)^2 (0.58333)^2 (0.04166)} \right] \\
&\quad \cdot \left[\frac{(70)(26)}{0.025} \right] \\
&= 0.00910
\end{aligned}$$

Begitu juga yang dilakukan pada perhitungan turbulen setiap 3 desain dari 3 parameter.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Turbulen

Parameter	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Panjang Perforasi	0.00910	0.00154	0.00061
Densitas Perforasi	0.00612	0.00154	0.00068
Jari-Jari Perforasi	0.00714	0.00154	0.00077

Begitu juga yang dilakukan pada perhitungan turbulen setiap 3 desain dari 3 parameter. Parameter turbulen ini dinyatakan sebagai hambatan pada suatu aliran yang mengakibatkan penurunan tekanan. Hasil perhitungan turbulen pada tiga desain dari parameter panjang perforasi didapatkan bahwa semakin panjang lubang perforasi maka nilai turbulen yang dihasilkan akan semakin kecil. Sedangkan pada parameter densitas perforasi apabila jumlah lubang perforasi semakin banyak maka nilai turbulen yang dihasilkan akan semakin kecil. Dan untuk parameter jari-jari perforasi dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran jari-jari perforasi nilai turbulen yang dihasilkan juga semakin kecil.

4.1 Penentuan *Pressure Drop*

4.4.1 Menghitung *Pressure Drop* pada Panjang Perforasi Desain 1

$$\begin{aligned} \Delta P^2 &= P_R^2 - P_{wf}^2 \\ &= \frac{1.424 \mu Z T q}{k h} \cdot \left[\ln \left(0.472 \frac{r_e}{r_w} \right) + S + Dq \right] \\ &= \frac{(1424)(0.025)(0.9)(1040)(1676)}{(70)(26)} \\ &\quad \cdot \left[\ln \left(0.472 \frac{660}{0.35} \right) + 16.37 + (0.00910)(1676) \right] \end{aligned}$$

$$P_R^2 - P_{wf}^2 = 1.18 \times 10^6$$

$$P_{wf}^2 = 5.39 \times 10^6$$

$$P_{wf} = 2321 \text{ Psi}$$

$$\Delta P = P_R - P_{wf}$$

$$= 2562 - 2321$$

$$= 241 \text{ Psi}$$

Tabel 4.4 Hasil Pressure Drop

Parameter	Desain 1 (Psi)	Desain 2 (Psi)	Desain 3 (Psi)
Panjang Perforasi	241	119	99
Densitas Perforasi	197	119	101
Jari-Jari Perforasi	231	119	100

Dapat dilihat pada Tabel 4.4 yang merupakan hasil perhitungan penurunan tekanan pada setiap 3 desain dari 3 parameter. Ini dapat dikatakan bahwa ada faktor – faktor yang sangat mempengaruhi pada penurunan tekanan tersebut. Panjang lubang perforasi yang dihasilkan adalah salah satu faktor utama penurunan tekanan. Menurut Klotz dkk (1974)

wellbore formation damage dapat menyebabkan rendahnya nilai produktifitas sumur, terlebih lagi apabila panjang lubang perforasi yang dibuat tidak mampu melampaui zona formasi yang rusak dapat mengakibatkan hilangnya produktifitas sumur yang ekstrem. Selain panjang perforasi terdapat faktor lain dari penurunan tekanan ini, yaitu seperti densitas perforasi, dan jari-jari perforasi. Densitas perforasi menjadi faktor dalam penurunan tekanan karena semakin banyak jumlah lubang perforasi di zona produktif maka semakin banyak juga fluida hidrokarbon yang dapat mengalir ke lubang sumur sehingga tekanan aliran sumur tidak jauh berbeda dengan tekanan reservoir.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan desain perforasi dari perhitungan 3 parameter perforasi, didapatkan desain 3 dari parameter panjang perforasi lebih baik jika dibandingkan dengan desain yang lainnya. Hal ini didapatkan dari hasil penurunan tekanan, dimana hasil penurunan tekanan desain 3 parameter Panjang perforasi yaitu sebesar 99 Psi

lebih kecil jika dibandingkan dengan desain yang lainnya.

2. Faktor-faktor kegiatan perforasi yang mempengaruhi penurunan tekanan pada sumur gas ini adalah panjang lubang perforasi, densitas perforasi, dan jari-jari perforasi.

5.2 Saran

1. Akan lebih baik jika memiliki data yang lebih lengkap, sehingga hasil perhitungan dan evaluasi dapat lebih akurat.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil desain perforasi yang lebih baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Apolianto, E., dan Mucharam, L. 2012. *Evaluasi Perencanaan dan Hasil Perforasi Berdasarkan Target Performa Lapangan X*. JTM Vol. XIX No. 1, 13-26.
2. Arora, D.S., dan Sharma, M.M, 2000. *The Nature of The Compacted Zone Around Perforation Tunnels*. Society of Petroleum Engineers.
3. Bellarby, J. 2009. *Well Completion Design*, Elsevier Science & Technology Books. Oxford. 45 – 70.

4. Cole, F., 1969. *Reservoir Engineering Manual*. Houston : Gulf Publishing Co.
5. Drillingformulas.com. 2016. What is Open Hole Completion ?. <http://www.drillingformulas.com/what-is-open-hole-completion/>. 5 Januari 2020
6. Dutton, J.A. Introduction to Petroleum and Natural Gas Engineering. <https://www.education.psu.edu/png301/node/624>. 11 Juni 2020
7. El-Bermawy, H., dan El-Assal, H. 2001. A Unique Approach to Enhancing Production from Depleted, Highly Laminated Sand Reservoirs Using a Combined Propellant/Perforating Technique. Society of Petroleum Engineers.
8. Gatlin, C. 1960. *Petroleum Engineering, Drilling and Well Completion*. New Jersey : Prentice Hall, Inc.
9. Holditch S.A. Di dalam : Thompson DM and Woods AM (ed). *Development Geology Reference Manual*. AAPG Methode in Exploration Series Nomer 10. Hlm 463. Oklahoma : American Association of Petroleum Geologists.
10. Hong K.C. 1975. *Productivity of Perforated Completions in Formations With or Without Damage*. Journal of Petroleum Technology. Society of Petroleum Engineers of AIME. 1027-1038.
11. Klotz, J.A., Krueger, R.F., dan Pye, D.S. 1974. *Maximum Well Productivity in Damaged Formations Requires Deep, Clean Perforations*. Journal of Petroleum Technology. Society of Petroleum Engineers of AIME.
12. Krueger, R.F. 1988. An Overview of Formation Damage and Well Productivity in Oilfield Operations. SPE-17459-MS, *Society of Petroleum Engineers*.
13. Locke. S. 1981. *An Advanced Method for Predicting the Productivity Ratio of a Perforated Well*. Journal of Petroleum Technology. Society of Petroleum Engineers of AIME. 2481-2488.
14. Mcleod, J., Harry, O. 1983. *The Effects of Perforating Conditions on Well Performance*. Society of Petroleum Engineers of AIME. 21 – 29.
15. Muskat, M. 1949. *Physical Principle of Oil Production*. New York – Toronto – London : Mc Graw Hill Book Co.