

EVALUASI KEBERHASILAN *MATRIX ACIDIZING* UNTUK MENGHILANGKAN KERUSAKAN FORMASI PADA SUMUR A-1 LAPANGAN PANAS BUMI WAYANG WINDU

Moch Rizky Mahesa P.^{*1}, Djoko Sulistyanto¹, dan Ghanima Yasmaniar¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti
Kampus A Jl. Kyai Tapa No. 1 Jakarta Barat

*Email of Corresponding Author: mrizkymahesap@gmail.com

ABSTRAK

Sumur A-1 merupakan salah satu sumur pada lapangan panas bumi Wayang Windu yang telah berproduksi sejak tahun 2008 dengan laju produksi uap panas *steam* pada periode awal produksi sebesar 44 kg/s. Sumur A-1 menjadi kandidat sumur yang akan dilakukan stimulasi pengasaman, karena mengalami penurunan produksi yang cukup signifikan dibandingkan dengan sumur-sumur disekitarnya. Stimulasi pengasaman yang akan digunakan untuk meningkatkan produksi uap panas atau steam pada sumur A-1 adalah stimulasi *matrix acidizing*. *Matrix acidizing* digunakan pada sumur A-1 dikarenakan berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan pada *sample* yang diambil menggunakan *sample catcher* pada kedalaman 789m dan didapati adanya endapan *calcite* pada kedalaman tersebut. Serta dilaksanakan *pressure build up test* pada sumur A-1, didapati nilai *skin* berdasarkan PBU *test* adalah sebesar +1,7 yang berarti sumur A-1 mengalami kerusakan formasi. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi keberhasilan *matrix acidizing* dalam menghilangkan kerusakan formasi. Evaluasi berhasil atau tidaknya *matrix acidizing* yang dilakukan pada sumur A-1 adalah dengan melihat kenaikan nilai permeabilitas berdasarkan PBU *test* serta perubahan nilai *skin* pada sumur menjadi bernilai negatif (-).

Kata kunci: *Matrix acidizing, skin, pressure build up test (PBU), kerusakan formasi*

ABSTRACT

Well A-1 is one of the wells in the Wayang Windu geothermal field which has been in production since 2008 with a production rate of hot steam in the early production period of 44 kg/s. Well A-1 is a candidate for acidification stimulation, because it experienced a significant decrease in production compared to the surrounding wells. Acidizing stimulation that will be used to increase the production of hot steam or steam in well A-1 is matrix acidizing stimulation. Matrix acidizing was used in well A-1 because based on laboratory analysis carried out on samples taken using a sample catcher at a depth of 789m and found the presence of calcite deposits at that depth. And a pressure build up test was carried out on well A-1, it was found that the skin value based on the PBU test was +1.7, which means that well A-1 had formation damage. The aim of this study was to evaluate the success of matrix acidizing in removing formation damage. Evaluation of the success or failure of the acidizing matrix carried out on well A-1 is by looking at the increase in the permeability value based on the PBU test and the change in the skin value in the well to a negative value (-).

Keywords: *Matrix acidizing, skin, pressure build up test (PBU), formation damage*

PENDAHULUAN

Panas bumi adalah salah satu energi alternatif yang digunakan untuk memenuhi kapasitas pembangkit listrik, namun diperlukan rencana pengembangan, manajemen reservoir yang baik, dan pemahaman atas karakteristik reservoir yang menyeluruh untuk memenuhi kapasitas pembangkit tersebut. Hal ini diperlukan untuk menjaga keberlanjutan dari lapangan *geothermal* sehingga dapat diantisipasi laju penurunan produksi pertahun. Penurunan laju produksi merupakan suatu hal yang pasti terjadi pada setiap sumur yang telah berproduksi dan tak terkecuali pada sumur A-1, dimana pada awal periode produksinya yaitu pada tahun 2008 sumur A-1 dapat menghasilkan uap panas atau *steam* sebesar 44 kg/s. Namun setelah hampir berproduksi selama kurang lebih 13 tahun dan lebih tepatnya adalah pada produksi periode tahun 2019 menuju tahun 2020, sumur A-1 mengalami penurunan produksi yang sangat jauh dari penurunan produksi natural pertahunnya, yaitu sebesar 12% dimana penurunan produksi natural pada lapangan panas bumi Wayang Windu adalah sebesar 6,4%.

Stimulasi *matrix acidizing* merupakan suatu kegiatan menginjeksikan asam kedalam formasi dibawah tekanan rekah formasi yang bertujuan untuk menghilangkan kerusakan formasi yaitu hambatan yang menyumbat jalannya uap panas atau *steam* untuk masuk kedalam sumur. *Matrix acidizing* digunakan pada sumur A-1 dikarenakan berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan pada *sample* yang diambil menggunakan *sample catcher* pada kedalaman 789m dan didapati adanya endapan *calcite* pada kedalaman tersebut. Serta dilaksanakan *pressure build up test* pada sumur A-1, didapati nilai *skin* berdasarkan PBU *test* adalah sebesar +1,7 yang berarti sumur A-1 mengalami kerusakan formasi. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi keberhasilan *matrix acidizing* dalam menghilangkan kerusakan formasi pada sumur A-1.

PERMASALAHAN

Sumur A-1 merupakan sumur yang mulai beroperasi secara komersil sejak tahun 2008 dengan laju produksi uap panas atau *steam* pada periode awal produksi sebesar 44 Kg/s. Setelah hampir 13 tahun beroperasi menghasilkan uap panas guna mensuplai turbin pembangkit listrik, sumur A-1 menjadi kandidat

sumur yang akan dilakukan stimulasi pengasaman, karena mengalami penurunan produksi yang sangat cukup signifikan dibandingkan dengan sumur-sumur disekitarnya.

Sumur A-1 dipilih menjadi salah satu kandidat dikarenakan sumur A-1 diketahui mengalami penurunan produksi 12% pertahun, dimana nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan nilai penurunan produksi natural sumur A-1 yaitu 6,4% pertahun.

Turunnya produksi pada sumur A-1 dapat diakibatkan oleh 2 kemungkinan, yang pertama diakibatkan oleh turunnya tekanan reservoir seiring lamanya sumur A-1 telah berproduksi dan yang kedua adanya kemungkinan kerusakan formasi yang dialami. Sehingga, oleh sebab itu perlu dilakukannya analisis lebih lanjut guna memastikan secara pasti apa yang dialami oleh sumur A-1.

METODOLOGI PENELITIAN

Berikut proses pengolahan data serta langkah-langkah penelitian dalam pelaksanaan stimulasi *matrix acidizing* untuk menghilangkan kerusakan formasi yang dilaksanakan pada sumur A-1 lapangan panas bumi Wayang Windu.

PROSEDUR PENELITIAN

Pada prosedur penelitian terdapat langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:

• Melakukan Analisis Penurunan Laju Produksi

Apakah sumur A-1 mengalami penurunan laju produksi melebihi penurunan laju produksi naturalnya. Apabila sumur A-1 mengalami penurunan laju produksi yang melebihi penurunan laju produksi naturalnya, kemungkinan bahwa sumur tersebut mengalami permasalahan pengendapan *scale* dan terjadi kerusakan formasi.

• Melakukan Analisis Kimia dari Sumur A-1

Dengan melaksanakan uji laboratorium pada *sample* yang didapatkan melalui *sample catcher* pada dinding casing sumur. Hal ini bertujuan untuk memastikan apakah terjadi pengendapan *scale* pada dinding sumur.

• **Mengolah Data *Pressure Build Up Test* Menggunakan Metode Horner Sebelum *Matrix Acidizing***

Untuk mendapatkan nilai *skin* dan permeabilitas pada sumur. Hal ini bertujuan untuk memastikan apakah endapan *scale* hanya terjadi pada dinding sumur ataupun mengakibatkan kerusakan pada formasi.

• **Melaksanakan Tahapan Evaluasi Nilai *Skin* dan Permeabilitas**

Berdasarkan *pressure build up test* setelah dilaksanakan *matrix acidizing*.

LANGKAH-LANGKAH PERHITUNGAN

Langkah-langkah perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

• **Perhitungan Nilai *Skin* Berdasarkan *Pressure Build Up Test***

a. Perhitungan menggunakan metode horner, menghitung nilai *horner time* menggunakan persamaan

$$HTR = \frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} \quad (II.1)$$

b. Membuat grafik *horner plot* antara pressure dengan *horner time*.

c. Menghitung nilai *slope* menggunakan persamaan

$$m = \frac{|P_{ws@HTR1} - P_{ws@HTR10}|}{\text{LOG}_{HTR1} - \text{LOG}_{HTR10}} \quad (II.2)$$

d. Menghitung nilai (HTR_{1hr}) menggunakan persamaan

$$HTR_{@1jam} = t_p + 1 \quad (II.3)$$

e. Menghitung (P_{1hr}) dengan cara menarik garis lurus dengan nilai (HTR_{1hr}) yang didapatkan hingga menuju garis *slope* atau kemiringan kurva lalu Tarik garis ke sebelah kiri.

f. Menghitung nilai permeabilitas setelah semua parameter didapatkan menggunakan persamaan

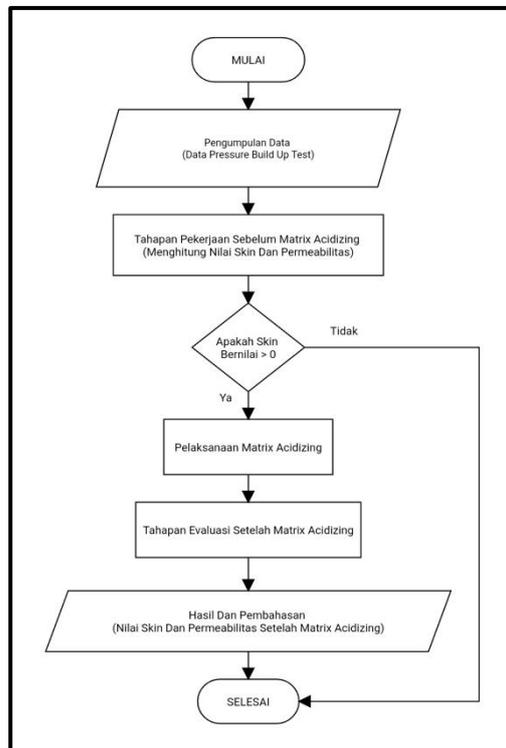
$$k = \frac{2,303 q \mu}{4 \pi m h} \quad (II.4)$$

g. Menghitung nilai *skin* setelah semua parameter didapatkan menggunakan persamaan

$$s = 1,151 \left[\left(\frac{P_{1jam} - P_{wf}}{m} \right) - \text{LOG} \left(\frac{k}{\phi \mu_o C_t R_w^2} \right) - 3,908 \right] \quad (II.5)$$

Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram pengerjaan alur penelitian:



Gambar 1. Diagram Pengerjaan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

• **Analisis Penurunan Produksi**

Sumur A-1 dipilih menjadi salah satu kandidat dikarenakan sumur A-1 diketahui mengalami penurunan produksi 12% pertahun, dimana nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan nilai penurunan produksi natural sumur A-1 yaitu 6,4% pertahun.

Turunnya produksi pada sumur A-1 dapat diakibatkan oleh 2 kemungkinan, yang pertama diakibatkan oleh turunnya tekanan reservoir seiring lamanya sumur A-1 telah berproduksi dan yang kedua adanya kemungkinan kerusakan formasi yang dialami. Sehingga, oleh sebab itu perlu dilakukannya analisis lebih lanjut guna memastikan secara pasti apa yang dialami oleh sumur A-1.

Tabel 1. Data Produksi Sumur A-1

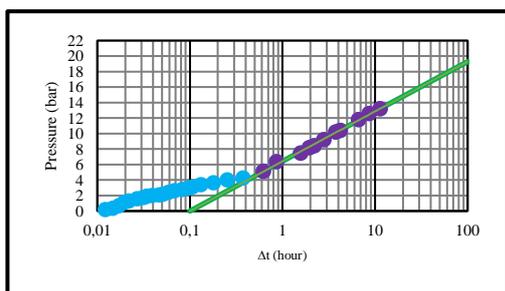
Parameter	Satuan	2008	2021
Steam	Kg/s	44	24,4
WHP	Barg	-	12,5
Entalpy	Kg/KJ	-	2784

• **Uji Produksi Kimia dari Sumur**

Uji produksi kimia yang dilakukan pada sumur A-1 adalah dengan melakukan analisis sampel yang diambil pada kedalaman 789m menggunakan *sample catcher*. Ternyata didapati adanya pengendapan *scale* pada kedalaman tersebut dengan jenis *calcite*. Endapan *calcite* ini merupakan mineral yang ikut terbawa saat selama sumur berproduksi dan terendapkan di sekitar dinding casing liner di kedalaman tersebut, dikarenakan perubahan fasa uap yang diakibatkan oleh berubahnya tekanan dan temperature sehingga mengakibatkan mineral tersebut terlepas.

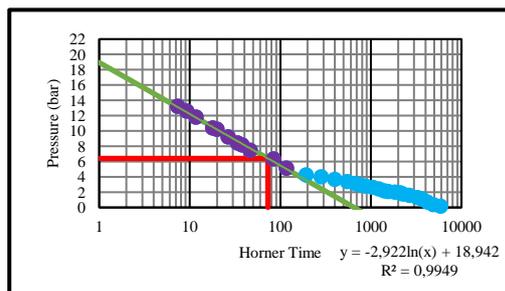
• **Uji Pressure Build Up Sebelum Matrix Acidizing**

Uji PBU itu sendiri dilakukan selama kurang lebih 60 jam dan lama sumur telah berproduksi sebelum dilakukannya uji (t_p) adalah 72 jam dengan harga P_{wf} sebesar 0,05 bar. Berdasarkan uji PBU didapatkan data tekanan selama penutupan dan data perubahan waktu setiap tekanan. Berikut merupakan data *pressure build up test*:



Gambar 2. Grafik Pressure Build Up Test Sumur A-1

Metode yang digunakan dalam menentukan nilai *skin factor* berdasarkan data-data dari uji PBU adalah metode horner. Dimana berdasarkan data yang didapat pada uji PBU tersebut maka dapat ditentukan nilai *horner time* dengan menggunakan persamaan (II.1). Berikut merupakan grafik *horner plot*:



Gambar 3. Grafik Horner Plot Sumur A-1

Berikut merupakan data-data pendukung sumur A-1 yang digunakan untuk menentukan nilai permeabilitas (k) dan *skin factor* (s):

Tabel 2. Data Reservoir Sumur A-1

Parameter	Nilai	Satuan
t_p	72	h
q	0,0244	m^3/s
μ	$1,11 \times 10^{-7}$	Pa s
h	30	m
ϕ	0,1	
C_t	$4,35 \times 10^{-5}$	Pa^{-1}
r_w	0,25	m

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan, untuk mendapatkan nilai permeabilitas (k) dan *skin factor* (s) setelah dilaksanakannya kegiatan *matrix acidizing*, harus mencari nilai harga *slope* (m) didapatkan nilai (m) sebesar 6,73. Selanjutnya menentukan nilai *horner time* atau (HTR_{1hr}) didapatkan nilai (HTR_{1hr}) adalah 73. Setelah diketahui (HTR_{1hr}) dapat didapatkan nilai besar tekanan yang dihasilkan setelah 1 jam sumur ditutup atau (P_{1hr}) didapatkan nilai (P_{1hr}) sebesar 6,41 bar. Setelah didapatkan data *slope* (m), *horner time* (HTR_{1hr}), tekanan yang dihasilkan setelah 1 jam sumur ditutup (P_{1hr}), dan data reservoir pendukung. Nilai permeabilitas (k) diperoleh nilai permeabilitas uap (k) sebesar 2,46 D. Selanjutnya dapat dihitung nilai *skin factor* (s) didapatkan nilai *skin factor* sumur A-1 adalah sebesar +1,7. Dimana *skin factor* tersebut bernilai positif dan >0 yang berarti dapat diindikasikan bahwasanya telah terjadi kerusakan formasi pada sumur A-1.

• **Pelaksanaan Matrix Acidizing Sumur A-1**

Data target interval yang akan dilaksanakan *matrix acidizing* pada sumur A-1 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Interval Matrix Acidizing Sumur A-1

Feed Zone	Interval (m)	Total (m)
Feed zone 1	902 – 922	20
Feed zone 2	1028 – 1048	20
Feed zone 3	1057 - 1067	10
Total interval		50

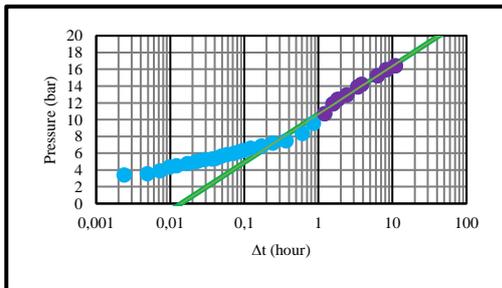
Proses pelaksanaan *matrix acidizing* yang pertama adalah melaksanakan *inhibitor sludge*, yaitu proses diinjeksikannya *aditif*

berupa *corrosion inhibitor* yang digunakan untuk mencegah karat pada *casing* dengan cara membentuk suatu lapisan pada rangkaian *casing* sehingga ketika asam yang diinjeksikan mengenai rangkaian *casing*, reaksi asam terhadap casing tidak begitu besar dan karatpun dapat dicegah. Setelah dilakukan penginjeksian *inhibitor sludge*, maka tahap selanjutnya adalah *pre-flush* dan *main-flush* menggunakan HCL 20%, dan *post-flush* menggunakan *fresh water*.

EVALUASI KEBERHASILAN MATRIX ACIDIZING

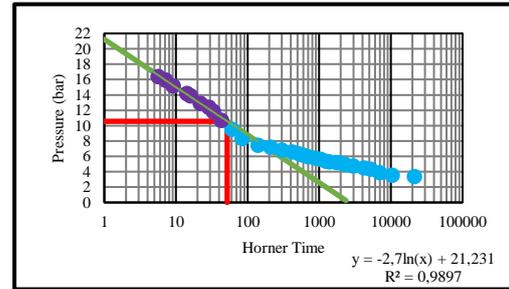
•Pressure Build Up Test Setelah Matrix Acidizing

Setelah selesai dilaksanakannya kegiatan *matrix acidizing*, selanjutnya setelah itu segera dilaksanakan pengujian *pressure build up* untuk memastikan apakah kerusakan formasi pada sumur A-1 dapat diatasi dan telah berhasil dihilangkan oleh kegiatan *matrix acidizing*. Uji PBU setelah kegiatan *matrix acidizing* dilakukan selama kurang lebih 60 jam dan lama sumur telah berproduksi sebelum dilakukannya uji (t_p) adalah 51 jam dengan harga P_{wf} sebesar 0,635 bar. Berdasarkan uji PBU didapatkan data tekanan selama penutupan dan data perubahan waktu setiap tekanan. Berikut merupakan data hasil *pressure build up test* setelah kegiatan *matrix acidizing*.



Gambar 4. Grafik Data *Pressure Build Up Test* Sumur A-1 Setelah *Matrix Acidizing*

Berdasarkan data *pressure build up test* setelah kegiatan *matrix acidizing*, maka dengan menggunakan metode horner dapat dibuat grafik *horner plot* Sumur A-1 setelah kegiatan *matrix acidizing* sebagai berikut.



Berikut merupakan data-data pendukung sumur A-1 yang digunakan untuk menentukan nilai permeabilitas (k) dan *skin factor* (s):

Tabel 5 Data Reservoir Sumur A-1 Setelah *Matrix Acidizing*

Parameter	Nilai	Satuan
t_p	51	h
q	0,0244	m^3/s
μ	$1,11 \times 10^{-7}$	Pa s
h	30	m
ϕ	0,1	
C_t	$4,35 \times 10^{-5}$	Pa^{-1}
r_w	0,25	m

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan, untuk mendapatkan nilai permeabilitas (k) dan *skin factor* (s) setelah dilaksanakannya kegiatan *matrix acidizing*, harus mencari nilai harga *slope* (m) didapatkan nilai (m) sebesar 6,22. Selanjutnya menentukan nilai *horner time* atau (HTR_{1hr}) didapatkan nilai (HTR_{1hr}) adalah 52. Setelah diketahui (HTR_{1hr}) dapat didapatkan nilai besar tekanan yang dihasilkan setelah 1 jam sumur ditutup atau (P_{1hr}) didapatkan nilai (P_{1hr}) sebesar 10,56 bar. Setelah didapatkan data *slope* (m), *horner time* (HTR_{1hr}), tekanan yang dihasilkan setelah 1 jam sumur ditutup (P_{1hr}), dan data reservoir pendukung. Nilai permeabilitas (k) diperoleh nilai permeabilitas uap (k) sebesar 2,66 D. Selanjutnya dapat dihitung nilai *skin factor* (s) didapatkan nilai *skin factor* sumur A-1 adalah sebesar -4,9.

Berdasarkan nilai permeabilitas dan *skin factor* yang didapatkan dari PBU test terlihat bahwasanya terjadi peningkatan permeabilitas pada daerah *feed zone* sumur A-1 menjadi 2,66 D yang sebelum dilaksanakannya *matrix acidizing* adalah sebesar 2,46 D. Hal ini menandakan bahwasanya hambatan-hambatan yang terdapat pada *matriks* rekahan atau *feed zone* sumur A-1 berhasil dihilangkan sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai

permeabilitas pada sumur tersebut. Didapatkan pula nilai *skin factor* setelah dilaksanakannya *matrix acidizing* pada sumur A-1 menjadi bernilai negatif yaitu sebesar -4,9 yang sebelumnya bernilai +1,7. Hal ini menandakan bahwasanya kerusakan formasi yang terjadi pada sumur A-1 berhasil diatasi oleh kegiatan *matrix acidizing* yang telah dilaksanakan. Berdasarkan kenaikan nilai permeabilitas dan perubahan nilai *skin factor* dari positif menjadi negatif, dapat dikatakan bahwa kegiatan *matrix acidizing* pada sumur A-1 berhasil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai evaluasi kegiatan *matrix acidizing* untuk menghilangkan kerusakan formasi pada sumur A-1 lapangan panas bumi Wayang Windu, maka penulis memperoleh kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Pada sumur A-1 berdasarkan uji *sample catcher* pada laboratorium ditemukan endapan *calcite* pada dinding *casing* di kedalaman 789m serta berdasarkan hasil analisis *pressure build up test* (PBU) menggunakan metode horner didapati nilai *skin* pada sumur sebesar +1,7 yang dapat diartikan sumur A-1 mengalami kerusakan formasi.
2. Nilai *skin* sebelum *matrix acidizing* adalah +1,7 dan setelah *matrix acidizing* adalah -4,65.
3. Permeabilitas sebelum *matrix acidizing* adalah 2,46 D dan setelah *matrix acidizing* mengalami kenaikan menjadi 2,66 D.
4. Berdasarkan terjadinya kenaikan nilai permeabilitas setelah dilaksanakannya *matrix acidizing* dan penurunan nilai *skin* pada sumur A-1 yang semula bernilai positif (+) menjadi bernilai negatif (-), maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan *matrix acidizing* pada sumur A-1 telah berhasil untuk menghilangkan kerusakan formasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Analisa Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. PT. Star Energy Geothermal Wayang Windu Limited selaku penyedia data serta telah mengizinkan untuk dilakukan penelitian di lingkungannya.

REFERENSI

- Abdassah, D. (1997). Analisis Transient Tekanan. Bandung: Jurusan Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.
- Akson, N., and Serpen, U. (2010). "Acidizing in Geothermal Wells and HCL Corrosion." Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia.
- Beggs, H. Dale. (1991). *Gas Production Operations*. Tulsa: OGCI Publications Oil & Gas Consultants International Inc.
- Bignall, G. (1994). "Thermal Evolution and Fluid-Rock Interactions in the Orakei Korako-Te Kopia Geothermal System", Taupo Volcanic Zone, New Zealand, Ph.D Thesis, University of Auckland, 400 pp.
- Doherty, Henry L. (1979). *Acidizing Fundamentals*. New York: Society of Petroleum Engineering.
- Fadlika, Tubagus Muhammad D. (2020). Perencanaan *Matrix Acidizing* Pada Sumur F-33 Lapangan Panas Bumi FAD. Skripsi Program Sarjana, Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Furqan, Muhammad B. (2015). Evaluasi Keberhasilan *Matrix Acidizing* dan Well Washing Sumur Panas Bumi MBF-246 dan MIZ-153 Lapangan F-25. Skripsi Program Sarjana, Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L. (2000). "Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources", Academic Press, San Diego.
- Indriana, Insyira N. (2018). Evaluasi *Matrix Acidizing* Pada Lapangan Panas Bumi ULB Pada Sumur U-48. Skripsi Program Sarjana, Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Irhas, M. (1996). "Permeability From Pressure Build-Up Tests In The Sekamajang Field, West Java, Indonesia." Geothermal Training Programme, Iceland.
- Libert, F., Pasikki, R., Peter, et al. (2009). "Real Time Acid Treatment Performance Analysis of Geothermal Wells." Proceedings, Thirty-Fourth Workshop On Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, California.
- Libert, F., Pasikki, R., Yoshioka, K., et al. (2010). "Well Stimulation Techniques Applied at the Salak Geothermal Field." Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia.

- Pasikki, R., and Gilmore, Todd G. (2006). “*Coiled Tubing Acid Stimulation, The Case of AWI 8-7 Production Well In Salak Geothermal Field Indonesia.*” Thirty-First Workshop On Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, California.
- Rutagarama, U. (20112). *The Role of Well Testing In Geothermal Resource Assesment*. Master's Thesis, Faculty of Earth Sciences, University of Iceland, PP. 86.
- Saptadji, Nenny M. (2012). *Teknik Panas Bumi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung PRESS.
- Schechter, Robert S. (1992). *Oil Well Stimulation*. Prentice Hall.