

PENENTUAN PERSAMAAN EMPIRIS ANTARA DEBIT INJEKSI AIR DENGAN PRODUKSI MINYAK BUMI DI EOR PLANT BALAM

Muhammad Furqan, Chairul, Syelvya Putri Utami
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya KM 12.5 Panam-Pekanbaru
Telp./Fax. 0761-566937
Email : hutannya_uthan@yahoo.com

Abstract

Along with the decreasing availability of oil in the layers of the earth, it is necessary support from the technology or new effort to increase oil production. One of them is by way of water injection where the produced water is injected back into the earth to push oil to the surface. This research studied the relationship between the discharge of water injection and time of water injection against discharge of oil production. Processing of the data in this study performed using Microsoft Excel and Minitab software. This research was conducted in two stages. The first stage is the collection of field data which includes data discharge of water injection and discharge of oil production. For the second phase of data analysis using regression and correlation. The results showed that the best results of equations to predict the flow of water injection relationship with discharge of oil production is an empirical equation $Y = -137\,774 + 0,783 X$ with R^2 value 0,987. While the influence of injection water flow to the discharge of the most significant of oil production is 6 days after water was injected.

Keyword : Discharge of Water Injection, Discharge of Oil Production, Water Injection Time, Minitab, Regression and Correlation

1. Pendahuluan

Pengembangan teknologi produksi minyak bumi selalu berkembang setiap tahunnya. Pengembangan ini diperlukan karena ketersediaan minyak bumi dan tekanan formasi bumi yang semakin berkurang dan minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak bisa diperbaharui sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam proses pembentukannya. Ada beberapa teknologi yang dikembangkan untuk meningkatkan produksi minyak bumi diantaranya injeksi air, injeksi surfaktan, injeksi polimer, injeksi termal, dan injeksi karbondioksida. Injeksi air adalah metode penginjeksian dengan menginjeksikan kembali air yang ikut terbawa bersama minyak pada saat proses produksi minyak bumi dengan menggunakan pompa air injeksi..

Di daerah lapangan Balam diterapkan metode injeksi air karena tekanan formasinya sudah tidak cukup kuat untuk mendorong minyak bumi naik ke atas permukaan dengan mengandalkan dorongan dari tekanan formasinya. Oleh karena itu perlu adanya usaha atau bantuan tambahan untuk mendorong minyak bumi yang berada di dalam formasi bebatuan ke atas permukaan. Banyak faktor yang mempengaruhi keefektifan injeksi air, antara lain debit air dan tekanannya. Metode injeksi

air adalah metode yang saat ini paling populer dilakukan untuk meningkatkan produksi minyak bumi [Pradhitasari, 2011].

Komposisi yang tepat antara debit air injeksi dengan debit produksi minyak bumi sangat diperlukan untuk mendukung proses penginjeksian. Hal ini bisa dipelajari dengan cara menentukan rumus empiris dan hubungan jumlah debit air injeksi dengan debit produksi minyak bumi. Belum ditemukannya persamaan empiris tentang besar debit air injeksi yang optimal dan pengaruhnya terhadap produksi minyak bumi mendasari dilakukannya penelitian ini. Debit air injeksi yang tidak tepat atau tidak optimal akan mengakibatkan tidak bertambahnya produksi minyak bumi atau bisa juga mengakibatkan rusaknya formasi bebatuan minyak bumi di dalam tanah. Penelitian dilakukan untuk mengetahui persamaan empiris yang mewakili pengaruh banyaknya debit air injeksi dengan banyaknya debit produksi minyak bumi yang dihasilkan.

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan pada daerah lapangan Balam. Salah satunya adalah penelitian mengenai optimasi injeksi air untuk mendesak minyak bumi ke permukaan [Rosnedy, 2010]. Penelitian ini memberikan hasil berupa pola penginjeksian yang optimal di daerah lapangan Balam dalam rangka

meningkatkan produksi minyak bumi di Balam. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Pradhitasari (2011) di daerah Lirik. Pada penelitian ini ditemukan bahwa pola injeksi yang optimal adalah dengan mengepung satu sumur minyak dengan empat buah sumur injeksi air.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya tidak dicari persamaan empiris tentang pengaruh debit air injeksi dengan produksi minyak, sehingga terkadang proses penginjeksian air menjadi tidak optimal walaupun pola penginjeksiannya sudah tepat. Pada penelitian ini akan dicari persamaan empiris pengaruh banyaknya debit air injeksi dengan jumlah produksi minyak bumi yang dihasilkan dengan menggunakan metode pengepungan satu sumur minyak dikelilingi oleh empat sumur injeksi air.

Pada tahap awal, fluida yang didapat dari kegiatan produksi akan dikumpulkan ke dalam *wash tank*. Di dalam *wash tank* ini terjadi proses pemisahan minyak dan air dengan memanfaatkan gravitasi dan dibantu dengan penginjeksian bahan kimia menggunakan *chemical pump*. Dari proses pemisahan minyak dan air di dalam tangki ini minyak akan terpisah pada bagian atas tangki, sedangkan air akan terkumpul pada bagian bawah tangki. Selanjutnya air akan dialirkan ke *skimming tank* berkapasitas 100.000 bbls dengan menggunakan saluran pipa, sedangkan minyak yang terkumpul akan dialirkan ke *shipping tank* yang nantinya akan dikirim ke stasiun pengumpul di Dumai. Air yang ada di *skimming tank* akan kembali dipisahkan dari minyak memanfaatkan gravitasi. Proses pemisahan minyak dan air menggunakan gravitasi kembali dilakukan dengan cara mengalirkan air yang terpisah di dalam *skimming tank* ke dalam *suction tank* berkapasitas 10.000 bbls. Sisa minyak yang masih terdapat pada air yang ada di *suction tank* akan dialirkan ke *recycle tank* berkapasitas 670 bbls yang selanjutnya akan dimasukkan kembali ke dalam *wash tank* dengan menggunakan *recycle pump*.

Proses pemisahan ini perlu dilakukan beberapa kali untuk memaksimalkan proses pemisahan minyak dan air sebelum air diinjeksikan ke dalam formasi. Air yang sudah terpisah dari minyak akan dialirkan menggunakan pipa dari *suction tank* ke pompa injeksi yang kemudian akan menginjeksikan air tersebut ke dalam *injector well* yang nantinya akan membantu proses pendorongan minyak bumi naik ke permukaan. Untuk mengatur tekanan bukaan *control valve* digunakan *air*

compressor sebagai penghasil angin bertekanan yang nantinya dialirkan ke *control valve* menggunakan *tubing*.

2. Bahan dan Metodologi

2.1 Air Terproduksi

Bahan penelitian ini adalah air terproduksi di areal Balam PT. *Chevron Pacific Indonesia* yang terletak di *Balam Field*, Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau. Air terproduksi ini terbawa bersama minyak sewaktu dipompakan dari formasi ke permukaan bumi. Air yang nantinya diinjeksikan ke dalam formasi bumi melalui *injector well* tersebut memiliki karakteristik *oil content* tidak lebih dari 50 ppm dengan suhu 180 F. Jumlah debit produksi minyak yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan analisa berkisar 20.000 – 37.000 *barrel oil per days*. Sedangkan jumlah debit air yang akan diinjeksikan adalah berkisar pada 200.000 - 225.000 *barrel water per days* dengan tekanan injeksi 720-780 psi. Data debit air injeksi yang akan digunakan adalah data total air injeksi dari bulan Januari sampai dengan Maret 2014 sehingga akan didapat data sebanyak 90 data yang akan dianalisa.

2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan dalam penelitian ini adalah Water Injection pump tipe centrifugal, Control Valve, Orifice Meter, dan Pressure Gauge. Water Injection Pump yang berupa pompa centrifugal berfungsi untuk mendorong air dari tangki ke sumur injector yang dialirkan melalui pipa. Control valve berfungsi mengatur laju alirnya dengan cara mengontrol tekanan air yang akan dialirkan menuju injector well. Sedangkan pressure gauge berfungsi untuk melihat tekanan operasinya. Data tekanan dan laju alir ini terkoneksi dengan computer control system yang ada di control room Balam EOR.

2.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebasnya adalah debit injeksi air dan waktu penginjeksian air. Sedangkan variabel terikatnya adalah debit produksi minyak. Variabel-variabel ini diukur pada suhu air 180 °F dengan titik pengambilan data yang tetap. Variasi debit injeksi air dilakukan dengan mengatur tekanan air injeksi yang mempengaruhi jumlah debit injeksi air dimana besar tekanannya

disesuaikan dengan analisa dan target dari Balam AMT (*Asset Management Team*) yang bertugas menganalisa injection rate untuk menjaga tercapainya target produksi setiap harinya. Selain itu akan dilihat juga pengaruh debit air injeksi dengan jumlah produksi minyak pada hari saat air diinjeksikan, 1 hari setelah air diinjeksikan, 2 hari setelah air diinjeksikan, 3 hari setelah air diinjeksikan, 4 hari setelah air diinjeksikan, 5 hari setelah air diinjeksikan, dan 6 hari setelah air diinjeksikan ke dalam formasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui rentang waktu pengaruh debit injeksi air terhadap debit produksi minyak bumi.

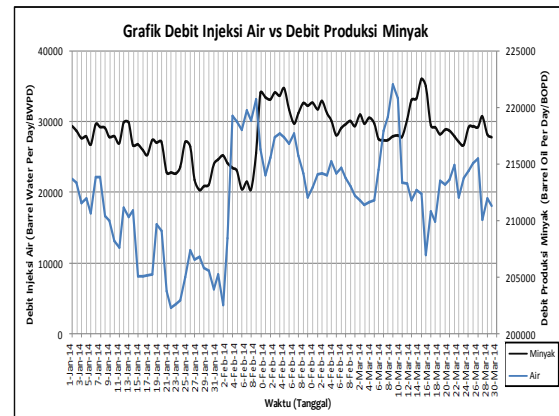
2.4 Metode Analisa

Setelah dilakukan pengamatan maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data dengan metode analisis korelasi dan regresi. Setelah data didapatkan, selanjutnya dilihat apakah ada hubungan antar data, dan apakah data yang didapat saling mempengaruhi atau tidak. Kemudian dilihat apakah debit injeksi air tertentu akan berpengaruh terhadap hasil produksi minyak. Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk persamaan dan grafik yang didapat dengan cara melakukan pengolahan data menggunakan software Minitab. Setelah dilakukan pengolahan data maka akan didapatkan rumus empiris pengaruh debit air injeksi terhadap debit produksi minyak dan akan diketahui juga pengaruh waktu penginjeksian air terhadap produksi minyak pada setiap harinya

3. Hasil dan Analisa

3.1 Pengaruh Debit Injeksi Air terhadap Produksi Minyak

Untuk mempelajari pengaruh debit injeksi air terhadap debit produksi minyak dilakukan pengolahan data dengan cara membandingkan jumlah debit injeksi air per harinya yang diukur dalam satuan barrel water per days (BWPD) dan debit produksi minyak per harinya dalam satuan barrel oil per days (BOPD). Selain itu juga dipelajari pengaruh waktu penginjeksian terhadap debit produksi minyak dengan cara memvariasikan data mulai dari jumlah debit injeksi air tanpa selisih hari sampai dengan selisih 7 hari sejak mulai dilakukan penginjeksian air ke dalam formasi bumi. Data-data tersebut akan diolah menggunakan software Microsoft Excel dan Minitab 14.



Gambar 1 Grafik perbandingan debit injeksi air dengan debit produksi minyak

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat data perbandingan antara debit injeksi air dengan debit produksi minyak yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa terjadi fluktuatif jumlah produksi minyak bumi dan jumlah debit injeksi air setiap harinya. Arah naik turunnya grafik debit injeksi air dan debit produksi minyak terlihat sama, hanya saja perubahan tidak terjadi pada hari yang sama saat mulai dilakukannya injeksi air. Produksi minyak terendah terdapat pada tanggal 28 Januari 2014 yaitu sebesar 20.318 *barrel oil per days* (BOPD), sedangkan debit injeksi air terendah adalah pada tanggal 22 Januari 2014 yaitu sebesar 202.308 *barrel water per days* (BWPD). Untuk produksi minyak bumi tertinggi didapat pada tanggal 16 Maret 2014 yaitu sebesar 36.038 *barrel oil per days* (BOPD), sedangkan debit injeksi air tertinggi adalah pada tanggal 10 Maret 2014 yaitu sebesar 222.008 *barrel water per days* (BWPD). Terlihat bahwa data yang dihasilkan bersifat fluktuatif, hal ini disebabkan oleh perbedaan jumlah air injeksi yang diinjeksikan yang disesuaikan dengan permintaan *Asset Management Team* dan jumlah fluida terproduksi yang terkirim ke stasiun pengumpul.

3.2 Pengaruh Waktu Penginjeksian Air Terhadap Produksi Minyak

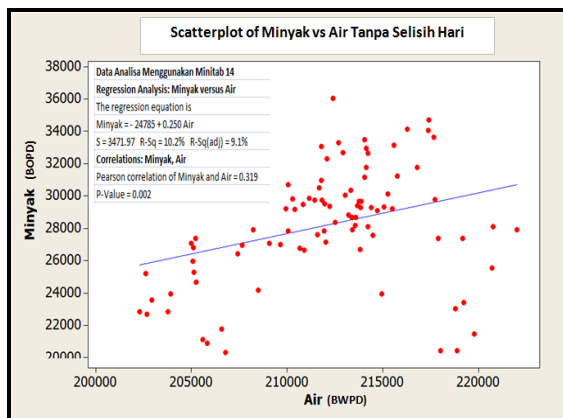
Dari grafik perbandingan debit injeksi air dan debit produksi minyak di atas dapat diketahui bahwa penginjeksian air tidak langsung berpengaruh pada hari pada saat dilakukan penginjeksian. Hal ini disebabkan karena air injeksi membutuhkan waktu untuk mengalir dan mendorong minyak bumi yang ada di dalam

formasi dalam rangka usaha pendorongan minyak bumi ke permukaan secara optimal.

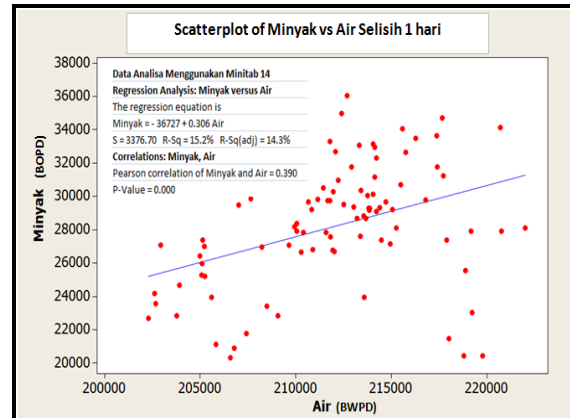
3.2 Tinjauan Statistika Debit Produksi Air dan Produksi Minyak

Dari data yang diolah menggunakan *software Minitab 14* akan didapatkan nilai korelasi *Pearson*, dimana jika nilainya mendekati 1 dan positif maka dapat diartikan bahwa data tersebut berkorelasi positif dan kuat. Selain mendapatkan nilai korelasi *Pearson* akan didapatkan juga *P value* yang memperlihatkan hubungan keeratan antar variabel. Hubungan keeratan antar variabel dikatakan signifikan jika *P value* < 0,05. Semakin kecil *P value* maka akan mengindikasikan hubungan keeratan yang semakin baik antara variabel yang akan dianalisa. Dengan menggunakan *software Minitab 14* juga akan didapatkan data hasil analisa regresi berupa persamaan empiris hubungan antara debit injeksi air dan debit produksi minyak. Selain itu akan diketahui pengaruh waktu penginjeksian air yang optimal dengan mempelajari nilai *R-Sq* nya yang ditampilkan dalam satuan persen. Nilai *R-Sq* merupakan nilai proporsi keragaman dimana semakin besar nilainya maka semakin besar tingkat kepercayaan hasil analisa data dan pengaruh antar variabel.

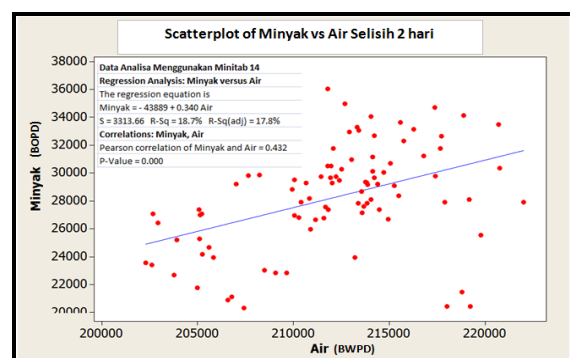
3.3 Pengaruh Waktu Penginjeksian Air Terhadap Produksi Minyak



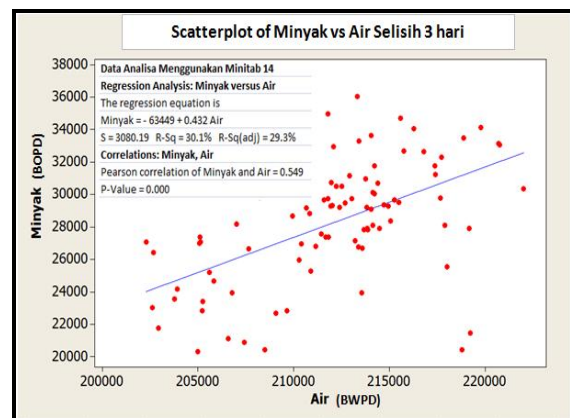
Gambar 2 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air tanpa selisih hari



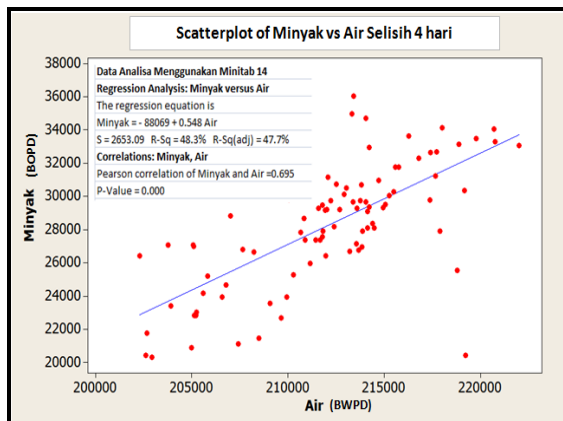
Gambar 3 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 1 hari



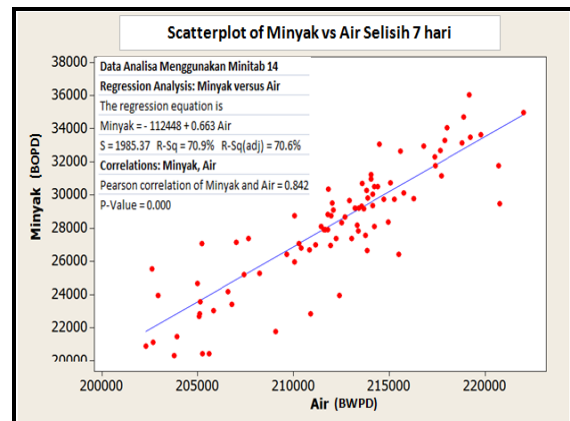
Gambar 4 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 2 hari



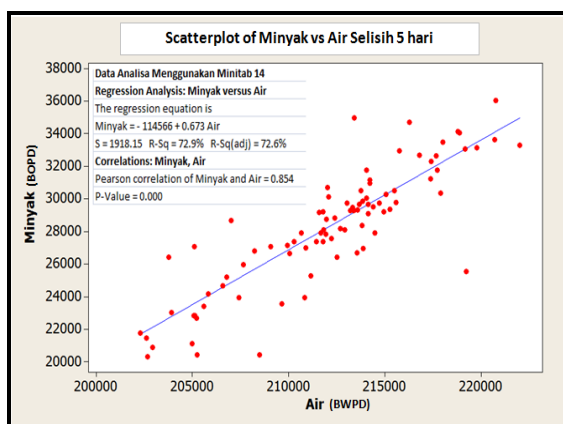
Gambar 5 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 3 hari



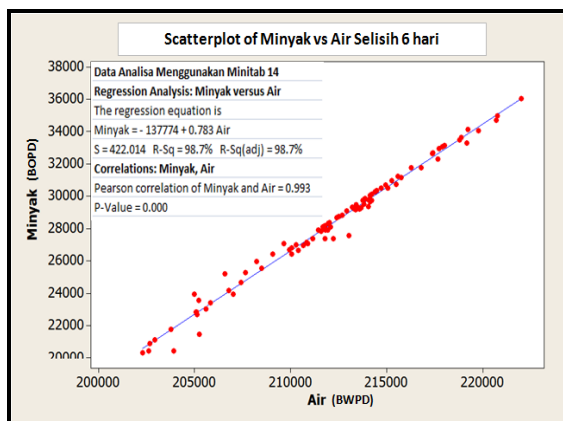
Gambar 6 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 4 hari



Gambar 9 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 7 hari



Gambar 7 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 5 hari



Gambar 8 Grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 6 hari

Dari gambar-gambar di atas dapat terlihat bahwa hasil terbaik yaitu pada Gambar 8 yang menunjukkan grafik regresi data debit produksi minyak bumi dan debit injeksi air selisih 6 hari. Dengan membandingkan data produksi minyak yang diambil 6 hari setelah dilakukan penginjeksian air didapatkan persamaan $Y = -137.774 + 0,783 X$ yang berarti setiap satu satuan kenaikan debit injeksi air, maka akan meningkatkan satu satuan debit produksi minyak sebesar $-137.774 + 0,783 (1) = -137.773,22$. Dengan melakukan analisa regresi didapatkan nilai proporsi keragaman ($R-Sq$) sebesar 98,7%. Dari nilai Rsq yang didapat terlihat bahwa penyebaran data sudah menunjukkan pola penyebaran data yang terkumpul mendekati garis regresinya. Hal ini menunjukkan tingkat kepercayaan analisa data yang sangat tinggi dan terbaik dibandingkan data-data sebelumnya. Dengan melakukan analisa korelasi didapatkan nilai korelasi *Pearson* nya sebesar 0,993. Dengan nilai korelasi *Pearson* yang sudah sangat mendekati nilai optimal yaitu 1, maka data ini menunjukkan adanya keeratn hubungan antara debit produksi minyak dan debit injeksi air yang sangat kuat dan berpengaruh. Data *P value* sebesar 0,000 menunjukkan hubungan yang signifikan antara debit produksi minyak dan debit injeksi air. Selain itu nilai *P valuenya* yang kecil dari 0,005 juga menunjukkan bahwa analisa regresi yang dilakukan bermakna dan valid

3.3 Data Proporsi Keragaman, Korelasi Pearson, P Value, dan Persamaan Empiris, Berdasarkan Selisih Waktu Injeksi

No	Selisih Waktu Injeksi dengan Debit Produksi Minyak	R-Sq (%)	Korelasi Pearson	P Value	Persamaan Empiris
1	Tanpa Selisih Hari	10,2	0,319	0,002	$Y = -24.785 + 0,250 X$
2	1 Hari	15,2	0,390	0,000	$Y = -36.727 + 0,306 X$
3	2 Hari	18,7	0,432	0,000	$Y = -43.889 + 0,340 X$
4	3 Hari	29,3	0,549	0,000	$Y = -63.449 + 0,432 X$
5	4 Hari	48,3	0,695	0,000	$Y = -88.069 + 0,548 X$
6	5 Hari	72,9	0,854	0,000	$Y = -114.556 + 0,673 X$
7	6 Hari	98,7	0,993	0,000	$Y = -137.774 + 0,783 X$
8	7 Hari	70,9	0,842	0,000	$Y = -112.448 + 0,663 X$

Tabel 1 Hasil persamaan empiris, proporsi keragaman, korelasi Pearson, dan P value berdasarkan selisih waktu injeksi.

4. Kesimpulan

1. Hubungan yang signifikan antara debit produksi minyak dengan debit air injeksi menunjukkan proses penginjeksian air berpengaruh terhadap kenaikan produksi minyak. Penginjeksian air akan berpengaruh secara optimal terhadap kenaikan produksi minyak bumi pada saat 6 hari setelah dilakukan injeksi.
2. Didapatkan persamaan empiris yang menunjukkan hubungan antara debit produksi minyak dengan debit produksi air injeksi yang optimal yaitu $Y = -137.774 + 0,783 X$ dengan nilai Rsq sebesar 98,7%.
3. Dari proses injeksi air yang dilakukan di lapangan Balam pada rentang waktu Januari sampai dengan Maret 2014, didapatkan bahwa titik produksi minyak yang tertinggi adalah pada titik injeksi air sebesar 212.406 barrel water per days pada tanggal 16 Maret 2014, dimana pada titik ini dihasilkan produksi minyak sebesar 36.038 barrel oil per days.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Chairul, ST, MT dan Ibu Syelvia Putri Utami, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing, Bapak Drs. Irdoni HS, MS, Ibu Dra. Drastinawati, Msi, dan Ibu Yusnimar, Msi, M.Phil selaku dosen penguji, dan seluruh staf dan dosen yang memberikan ilmu dan saran kepada penguji.. Penguji juga ingin mengucapkan terimakasih

kepada orang tua, istri, dan keluarga besar penguji yang selalu memberikan dukungan dan do'a untuk keberhasilan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bahar, R, 2010, Proses pengolahan air injeksi di Balam EOR Plant, volume 1.
- Dirza, R, 2013, Produksi Minyak dan Gas Bumi, <https://rvdirza.wordpress.com/author/rvdirza/page/2>
- Efunda, 2011, Introduction to orifice flowmeter, http://www.efunda.com/formula/fluids/calc_orifice_flowmeter.cfm.
- Giwangkara, S, 2007, Apa komposisi Minyak bumi, www.chem-is-try.org/tanya_pakar/apa_komposisi_dari_minyak_bumi.
- Latil, M, Bardon, C, 1980, Enhanced Oil Recovery, Edition Technip, Paris, 1-20.
- Mandala, 2007, Statika Fluida, www.its.ac.id/mandala/2007/11/27/statitika-fluida.
- Martunus, Helwani, 2011, Persamaan Drop Size di dalam Kolom Berpengaduk Cakram (RDC), Reaktor, 12(1), 12-18.
- Nur, A, 2009, alat ukur laju alir, adrian nur [staff.uns.ac.id/files/2009/10/04-02 alat-ukur-laju-alir-b.pdf](http://staff.uns.ac.id/files/2009/10/04-02_alat-ukur-laju-alir-b.pdf).
- Petro, D, 2011, Bangko EOR Flow Process, volume I, hal 1.
- Pradithasari, F.Y, 2011, Evaluasi Kinerja Waterflooding pada Lapisan "M" Sumur LS 135- LS 129 Blok VII dengan Pola Direct Line Lapangan Sago Unit Bisnis PT Pertamina EP Lirik, Skripsi, Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Riduwan, 2007, Skala Pengukuran Variabel - Variabel Penelitian, penerbit Alfabeta, Jakarta.
- Rosnedy, V, 2010, Sharing Penelitian Bangko Field, AMT Bangko Press, Bangko Pusako, Riau.
- Sumantri dan Muhidin, 2006, Aplikasi Statistika dalam Penelitian, Edisi ke-1, Penerbit Pustaka Setia, Bandung
- Syamsul, A, 2013, Penentuan Rumus Empiris Debit Air Injeksi dan Debit Produksi Minyak di EOR Plant Bangko.
- Tawekal dkk, 2006, Stress Concentration factor pada besi penyangga platform offshore, 15 Desember 2012.
- Thomas, Y, 2009, Regresi dan korelasi linier sederhana hal 1 – 9.
- Weby, 2011, Penelitian Laju alir Fluida, [Http://id.answers.yahoo.com/question](http://id.answers.yahoo.com/question).