



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KOMPREHENSIF TERHADAP SISTEM
PENGATURAN PANAS PADA INJEKSI STEAM DI
LAPANGAN MINYAK BERAT
STUDI KASUS LAPANGAN "X" AREA-D**

TESIS

**BUSTAN MAKKATUTU
0606001191**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCA SARJANA FISIKA
JAKARTA
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KOMPREHENSIF TERHADAP SISTEM
PENGATURAN PANAS PADA INJEKSI STEAM DI
LAPANGAN MINYAK BERAT
STUDI KASUS LAPANGAN "X" AREA-D**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains**

**BUSTAN MAKKATUTU
0606001191**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCA SARJANA FISIKA
KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOAR
JAKARTA
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Bustan Makkatutu

NPM : 0606001191

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Bustan Makkatutu
NPM : 0606001191
Program Studi : Geofisika Reservoir
Judul Tesis : *Studi Komprehensif terhadap Sistem Pengaturan Panas di Lapangan Minyak Berat, Studi Kasus pada Lapangan "X" Area-D*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar **Magister Sains pada Program Studi Geofisika Reservoir, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.**

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. Dedi Suyanto ()

Pembimbing : Dr. Syamsu Rosid ()

Penguji : Prof. Dr. Suprayitno Munadi ()

Penguji : Dr. Ricky Adi Wibowo ()

Penguji : Dr. Yunus Daud ()

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah Swt, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Jurusan Geofisika Reservoir pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Syamsu Rosid, selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis.
2. Prof. Dr. Suprayitno Munadi, selaku pembimbing kekhususan yang mengarahkan dan membimbing dalam penentuan materi penelitian.
3. Ir. Suandy Candra MP, selaku pembimbing teknis telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam mempersiapkan data lapangan, mengoreksi hasil analisa dan memberikan masukan-masukan yang sangat berguna dalam penyelesaian tesis.
4. Segenap jajaran pengajar dan administrasi dilingkungan jurusan Geofisika Reservoir yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
5. Segenap rekan-rekan kuliah angkatan 2006 yang telah banyak memberi bantuan dalam bentuk informasi selama perkuliahan berlangsung.
6. Kedua orang tua yang telah banyak memberikan dukungan moril dalam bentuk doa.
7. Istri dan kedua anak saya, yang telah banyak memberikan dukungan moril dan rela mengorbankan waktu keluarga untuk kepentingan kuliah.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT. Berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat.

Jakarta, 04 Juli 2009.

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIAS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bustan Makkatutu
NPM : 0606001191
Program Studi : Geofisika Reservoir
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalti-Free Right) atas karya saya yang berjudul :

Studi Komprehensif terhadap Sistem Pengaturan Panas pada Injeksi *Steam* di Lapangan Minyak Berat, Studi Kasus pada Lapangan “X” Area-D

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal :

Yang menyatakan

(Bustan Makkatutu)

ABSTRAK

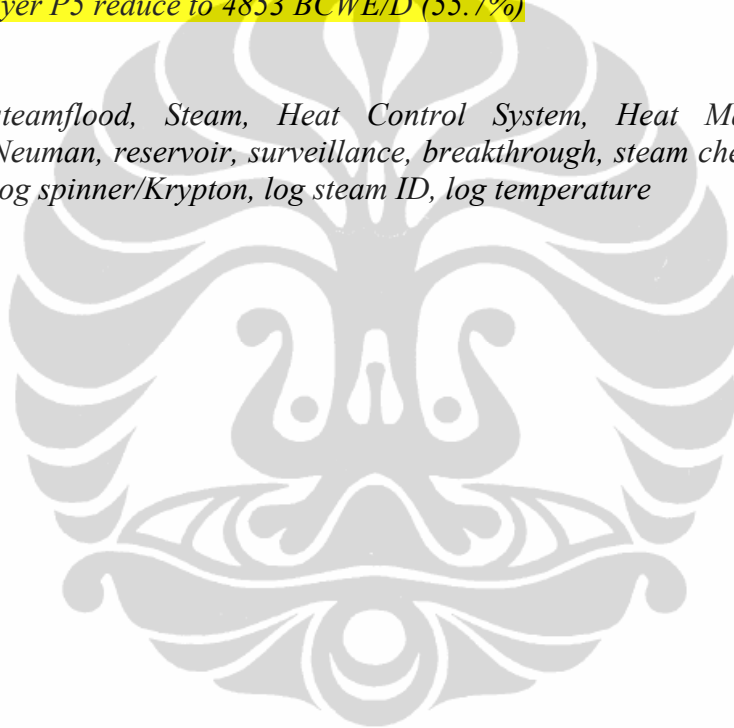
Steamflood adalah salah satu metode yang digunakan dalam memudahkan pengangkatan minyak berat dengan injeksi uap panas kedalam reservoir. *Heat Control System/Heat Management* dilakukan agar *steam* yang diinjeksi bisa optimal masuk kedalam reservoir yang diharapkan. Optimalisasi injeksi uap sangat berkorelasi dengan kematangan reservoir. Dengan menggunakan integrasi data-data *surveillance* kita bisa memprediksi kapan *steam* yang diinjeksi bisa breakthrough, terbentuk *steam chest* dan selanjutnya menentukan tingkat kematangan (*mature*) dari reservoir. Analisis tingkat kematangan reservoir menggunakan konsep *Neuman* dan data *surveillance* area-D lapangan “X” seperti *log spinner/log Krypton* pada sumur injeksi, data surface dari sumur produksi dan *log steam ID & log temperature* pada sumur observasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa 7 *pattern* daerah penelitian, 6 *pattern* diantaranya telah *mature* pada lapisan P5 dan dengan demikian injeksi *steam* bisa berkurang sebesar 4853 BCWE/D (55.7%).

Kata kunci: *steamflood, Steam, Heat Control System, Heat Management, Neuman, reservoir, surveillance, breakthrough, steam chest, mature, log spinner/Krypton, log steam ID, log temperature*

ABSTRACT

Steamflood is one of some methods to lift-up heavy oil by injecting steam into reservoir. Heat Control System/Heat Management is used to optimize steam injection to expected reservoir. Steam injection optimalization correlate to reservoir maturity. By integrating surveillance datas the steam breakthrough, steam chest maturity level of reservoir can be predicted. Neuman concept and surveillance datas from area-D lapangan "X" such as log spinner/log Krypton of injection wells, surface datas of production wells and log steam ID & log temperature of injection wells are used to analyze the maturity level of reservoir. Calculation result indicate that 6 of 7 pattern has been mature on layer P5. Steam Injection to layer P5 reduce to 4853 BCWE/D (55.7%)

Key Words: steamflood, Steam, Heat Control System, Heat Management, Neuman, reservoir, surveillance, breakthrough, steam chest, mature, log spinner/Krypton, log steam ID, log temperature



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN ORISINALITAS	
PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
ABSTRAK	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	ix
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Lingkup Penelitian	2
1.4 Sistematika Pembahasan	4
2. TEORI PENUNJANG	5
2.1 <i>Steamflood</i>	5
2.2 Konsep dan Tahapan <i>Heat Control System</i>	6
2.3 Pengambilan Data <i>Surveillance</i> Secara Reguler	8
2.4 Analisa Pengembangan Daerah Panas	9
2.5 Penentuan Target Injeksi	10
2.5.1 Sebelum Injeksi <i>Steam</i>	11
2.5.2 Sebelum <i>Breakthrough</i>	12
2.5.3 Masa Transisi	13
2.5.4 Kondisi Matang	14
2.5.5 <i>Tail Out</i>	16
2.6 Memantau Kinerja Panas	16
2.7 Jenis-jenis <i>Surveillance Log</i>	16
2.7.1 <i>Spinner Log</i>	16
2.7.2 Krypton Log	19
2.7.3 <i>Temperature Log</i>	21
2.7.4 <i>Steam ID Log</i>	22
3. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tahapan Pelaksanaan Evaluasi	25
3.2 <i>Diagram Alir Analisis Panas</i>	26
3.3 <i>Kriteri Tingkat Kematangan - Maturity Criteria</i>	27
4. TINJAUAN LAPANGAN	29
4.1 Lokasi	29

4.2	Geologi	30
4.2.1	Struktur	30
4.2.2	Stratigrafi Geologi	30
4.3	Obyek Penelitian	32
4.3.1	Peta Kontur Struktur	33
4.3.2	Peta <i>Isopach</i>	34
4.3.3	Peta Porositas	35
4.3.4	Peta Permeabilitas	39
4.3.4	Peta Water Saturation (SW)	44
4.3.5	Tipical Sumur Produksi dan Sumur Injeksi	45
4.4	Peta Lokasi Sumur dan <i>Pattern</i> Pada Obyek Penelitian	47
4.5	Data Lapangan <i>Pattern</i> K547	49
4.5.1	Data Sumur <i>Pattern</i> K547	49
4.5.2	Grafik Produksi <i>Pattern</i> K547	50
4.5.3	Grafik Injeksi <i>Pattern</i> K547	55
4.5.5	Data <i>Spinner Pattern</i> K547	62
4.6	Data Lapangan <i>Pattern</i> K529	65
4.6.1	Data Sumur <i>Pattern</i> K529	65
4.6.2	Grafik Produksi <i>Pattern</i> K529	65
4.6.3	Grafik Injeksi <i>Pattern</i> K529	70
4.6.4	Data Logging <i>Pattern</i> K529	73
4.6.5	Data <i>Spinner Pattern</i> K529	74
4.7	Data Lapangan <i>Pattern</i> K526	76
4.7.1	Data Sumur <i>Pattern</i> K526	76
4.7.2	Grafik Produksi <i>Pattern</i> K526	77
4.7.3	Grafik Injeksi <i>Pattern</i> K526	79
4.7.4	Data Logging <i>Pattern</i> K526	81
4.7.5	Data <i>Spinner Pattern</i> K526	82
4.8	Data Lapangan <i>Pattern</i> L579	84
4.8.1	Data Sumur <i>Pattern</i> L579	84
4.8.2	Grafik Produksi <i>Pattern</i> L579	84
4.8.3	Grafik Injeksi <i>Pattern</i> L579	88
4.8.4	Data Logging <i>Pattern</i> L579	91
4.8.5	Data <i>Spinner Pattern</i> L579	94
4.9	Data Lapangan <i>Pattern</i> L576	96
4.9.1	Data Sumur <i>Pattern</i> L576	96
4.9.2	Grafik Produksi <i>Pattern</i> L576	97
4.9.3	Grafik Injeksi <i>Pattern</i> L576	98
4.9.4	Data Logging <i>Pattern</i> L576	99
4.9.5	Data <i>Spinner Pattern</i> L576	99
4.10	Data Lapangan <i>Pattern</i> L650	101
4.10.1	Data Sumur <i>Pattern</i> L650	101
4.10.2	Grafik Produksi <i>Pattern</i> L650	102
4.10.3	Grafik Injeksi <i>Pattern</i> L650	104
4.10.4	Data Logging <i>Pattern</i> L650	107
4.10.5	Data <i>Spinner Pattern</i> L650	108

4.11	Data Lapangan <i>Pattern</i> L556	110
4.11.1	Data Sumur <i>Pattern</i> L556	110
4.11.2	Grafik Produksi <i>Pattern</i> L556	111
4.11.3	Grafik Injeksi <i>Pattern</i> L556	113
4.11.4	Data Logging <i>Pattern</i> L556	115
4.11.5	Data <i>Spinner Pattern</i> L556	116
5.	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	117
5.1	Analisis <i>Pattern</i> K547	117
5.1.1	Analisis Temperature pada Sumur Produksi <i>Pattern</i> K547	117
5.1.2	Lapisan P2 <i>Pattern</i> K547	118
5.1.3	Lapisan P3 <i>Pattern</i> K547	120
5.1.4	Lapisan P4 <i>Pattern</i> K547	121
5.1.5	Lapisan P5 <i>Pattern</i> K547	122
5.1.6	Analisis Tingkat Kematangan <i>Pattern</i> K547	122
5.2	Analisis <i>Pattern</i> K529	124
5.2.1	Analisis Temperature pada Sumur Produksi <i>Pattern</i> K529	124
5.2.2	Lapisan P2 <i>Pattern</i> K529	125
5.2.3	Lapisan P3 <i>Pattern</i> K529	125
5.2.4	Lapisan P4 <i>Pattern</i> K529	126
5.2.5	Lapisan P5 <i>Pattern</i> K529	127
5.2.6	Analisis Tingkat Kematangan <i>Pattern</i> K529	127
5.3	Analisis <i>Pattern</i> K526	129
5.3.1	Analisis Temperature pada Sumur Produksi <i>Pattern</i> K526	129
5.3.2	Lapisan P2 <i>Pattern</i> K526	130
5.3.3	Lapisan P3 <i>Pattern</i> K526	131
5.3.4	Lapisan P4 <i>Pattern</i> K526	131
5.3.5	Lapisan P5 <i>Pattern</i> K526	132
5.3.6	Analisis Tingkat Kematangan <i>Pattern</i> K526	133
5.4	Analisis <i>Pattern</i> L579	134
5.4.1	Analisis Temperature pada Sumur Produksi <i>Pattern</i> L579	135
5.4.2	Lapisan P2 <i>Pattern</i> L579	136
5.4.3	Lapisan P3 <i>Pattern</i> L579	136
5.4.4	Lapisan P4 <i>Pattern</i> L579	137
5.4.5	Lapisan P5 <i>Pattern</i> L579	138
5.4.6	Analisis Tingkat Kematangan <i>Pattern</i> L579	139
5.5	Analisis <i>Pattern</i> L576	141
5.5.1	Analisis Temperature pada Sumur Produksi <i>Pattern</i> L576	141
5.5.2	Lapisan P2 <i>Pattern</i> L576	142
5.5.3	Lapisan P3 <i>Pattern</i> L576	143
5.5.4	Lapisan P4 <i>Pattern</i> L576	143
5.5.5	Lapisan P5 <i>Pattern</i> L576	144
5.5.6	Analisis Tingkat Kematangan <i>Pattern</i> L576	145
5.6	Analisis <i>Pattern</i> L650	146
5.6.1	Analisis Temperature pada Sumur Produksi <i>Pattern</i> L650	146
5.6.2	Lapisan P2 <i>Pattern</i> L650	147
5.6.3	Lapisan P3 <i>Pattern</i> L650	148

5.6.4	Lapisan P4 <i>Pattern</i> L650	148
5.6.5	Lapisan P5 <i>Pattern</i> L650	149
5.6.6	Analisis Tingkat Kematangan <i>Pattern</i> L650	151
5.7	Analisis <i>Pattern</i> L556	153
5.7.1	Analisis Temperature pada Sumur Produksi <i>Pattern</i> L556	153
5.7.2	Lapisan P2 <i>Pattern</i> L556	154
5.7.3	Lapisan P3 <i>Pattern</i> L556	154
5.7.4	Lapisan P4 <i>Pattern</i> L556	155
5.7.5	Lapisan P5 <i>Pattern</i> L556	156
5.7.6	Analisis Tingkat Kematangan <i>Pattern</i> L556	158
5.8	Analisis Bawah Permukaan	159
5.8.1	Analisis Penyebaran <i>Steam Pattern</i> K547	159
5.8.2	Analisis Penyebaran <i>Steam Pattern</i> K529	162
5.8.3	Analisis Penyebaran <i>Steam Pattern</i> K526	164
5.8.4	Analisis Penyebaran <i>Steam Pattern</i> L579	165
5.8.5	Analisis Penyebaran <i>Steam Pattern</i> L576	168
5.8.6	Analisis Penyebaran <i>Steam Pattern</i> L650	169
5.8.7	Analisis Penyebaran <i>Steam Pattern</i> L556	172
5.8.8	Analisis Porositas dan Permeabilitas terhadap Penyebaran <i>Steam</i> 174	
6.	KESIMPULAN DAN SARAN	176
6.1	Kesimpulan	176
6.2	Rekomendasi dan Saran	178
6.2.1	Rekomendasi	178
6.2.2	Saran	179
	DAFTAR REFERENSI	180

DAFTAR TABEL

1. Tabel 4.1 Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P2
2. Tabel 4.2 Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P3
3. Tabel 4.3 Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P4
4. Tabel 4.4 Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P5
5. Tabel 4.5 Luas Pattern pada Daerah Penelitian
6. Tabel 4.6 Sumur Pada Pattern K547
7. Tabel 4.7 *Spinner* Sumur Injeksi KA546 *Pattern* K547
8. Tabel 4.8 *Spinner* Sumur Injeksi KA547 *Pattern* K547
9. Tabel 4.9 *Spinner* Sumur Injeksi KC546 *Pattern* K547
10. Tabel 4.10 Sumur Pada *Pattern* K529
11. Tabel 4.11 *Spinner* Sumur Injeksi KA528 *Pattern* K529
12. Tabel 4.12 *Spinner* Sumur Injeksi KAC28 *Pattern* K529
13. Tabel 4.13 *Spinner* Sumur Injeksi KA529 *Pattern* K529
14. Tabel 4.14 Sumur Pada *Pattern* K526
15. Tabel 4.15 *Spinner* Sumur Injeksi KA526 *Pattern* K526
16. Tabel 4.16 *Spinner* Sumur Injeksi KC526 *Pattern* K526
17. Tabel 4.17 Sumur Pada *Pattern* L579
18. Tabel 4.18 *Spinner* Sumur Injeksi LA578 *Pattern* L579
19. Tabel 4.19 *Spinner* Sumur Injeksi LD579 *Pattern* L579
20. Tabel 4.20 *Spinner* Sumur Injeksi LE579 *Pattern* L579
21. Tabel 4.21 Sumur Pada *Pattern* L576
22. Tabel 4.22 *Spinner* Sumur Injeksi LB576 *Pattern* L576
23. Tabel 4.23 *Spinner* Sumur Injeksi LC576 *Pattern* L576
24. Tabel 4.24 Sumur Pada *Pattern* L650
25. Tabel 4.25 *Spinner* Sumur Injeksi LA559 *Pattern* L650
26. Tabel 4.26 *Spinner* Sumur Injeksi LB559 *Pattern* L650
27. Tabel 4.27 *Spinner* Sumur Injeksi LA650 *Pattern* L650
28. Tabel 4.28 *Spinner* Sumur Injeksi LB650 *Pattern* L650
29. Tabel 4.29 Sumur Pada *Pattern* L556
30. Tabel 4.30 *Spinner* Sumur Injeksi LB556 *Pattern* L556
31. Tabel 5.1 *Maturity Level pattern* K547
32. Tabel 5.2 *Maturity Level pattern* K529
33. Tabel 5.3 *Maturity Level pattern* K526
34. Tabel 5.4 *Maturity Level pattern* L579
35. Tabel 5.5 *Maturity Level pattern* L576
36. Tabel 5.6 *Maturity Level pattern* L650
37. Tabel 5.7 *Maturity Level pattern* L556
38. Tabel 5.8 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA547
39. Tabel 5.9 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA546
40. Tabel 5.10 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KC546

41. Tabel 5.11 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA528
42. Tabel 5.12 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KC528
43. Tabel 5.13 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA529
44. Tabel 5.14 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA526
45. Tabel 5.15 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KC526
46. Tabel 5.16 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA578
47. Tabel 5.17 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LD579
48. Tabel 5.18 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LE579
49. Tabel 5.19 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB576
50. Tabel 5.20 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LC576
51. Tabel 5.21 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA559
52. Tabel 5.22 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB559
53. Tabel 5.23 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA650
54. Tabel 5.24 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB650
55. Tabel 5.25 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA556
56. Tabel 5.26 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB556

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Skema Proses *Steamflood*
2. Gambar 2.2 Perkiraan Biaya untuk Proyek *Steamflood*
3. Gambar 2.3 Siklus *Heat Management* mulai kondisi sebelum matang, transisi sampai pada kondisi matang
4. Gambar 2.4 Ilustrasi perhitungan flow dengan *spinner logging*
5. Gambar 2.5 Prinsip Kerja *Krypton Log*
6. Gambar 2.6 *Krypton Log* Dalam Mendeteksi *Leak Packer*
7. Gambar 2.7 *Steam ID Log*
8. Gambar 3.1 *Heat Control System/Heat Management* Proses
9. Gambar 3.2 *Surveillance Flow Chart*
10. Gambar 3.3 Penentuan *Maturity Level Flow Chart*
11. Gambar 4.1 Peta Lokasi Lapangan Minyak “X”
12. Gambar 4.2 Typical Log Lapangan Minyak “X”
13. Gambar 4.3 Area-D Lapangan Minyak “X”
14. Gambar 4.4 Peta Kontur Struktur Pertama
15. Gambar 4.5 Peta Isopach Pertama
16. Gambar 4.6 Peta Porositas Pertama Lapisan P2
17. Gambar 4.7 Peta Porositas Pertama Lapisan P3
18. Gambar 4.8 Peta Porositas Pertama Lapisan P4
19. Gambar 4.9 Peta Porositas Pertama Lapisan P5
20. Gambar 4.10 Peta Permeability Pertama Lapisan P2
21. Gambar 4.11 Peta Permeability Pertama Lapisan P3
22. Gambar 4.12 Peta Permeability Pertama Lapisan P4
23. Gambar 4.13 Peta Permeability Pertama Lapisan P5
24. Gambar 4.14 Peta Saturasi Pertama
25. Gambar 4.15 Typical Sumur Produksi
26. Gambar 4.16 Typical Sumur Injeksi (a) Single Slimhole (b) Dual Slimhole
27. Gambar 4.17 Peta Lokasi Sumur pada Obyek Penelitian
28. Gambar 4.18 *Pattern* Obyek Penelitian
29. Gambar 4.19 Grafik Produksi Sumur KA535
30. Gambar 4.20 Grafik Produksi Sumur KB536
31. Gambar 4.21 Grafik Produksi Sumur KB537
32. Gambar 4.22 Grafik Produksi Sumur KA538
33. Gambar 4.23 Grafik Produksi Sumur KA539
34. Gambar 4.24 Grafik Produksi Sumur KA545
35. Gambar 4.25 Grafik Produksi Sumur KA548
36. Gambar 4.26 Grafik Produksi Sumur KA555
37. Gambar 4.27 Grafik Produksi Sumur KA556
38. Gambar 4.28 Grafik Produksi Sumur KA557
39. Gambar 4.29 Grafik Injeksi Sumur KA546
40. Gambar 4.30 Grafik Injeksi Sumur KA547
41. Gambar 4.31 Grafik Injeksi Sumur KC546
42. Gambar 4.32 Logging pada Sumur Observasi KC547
43. Gambar 4.33 Logging pada Sumur Observasi KC549

44. Gambar 4.34 Logging pada Sumur Observasi KC566
45. Gambar 4.35 Grafik Produksi Sumur KA527
46. Gambar 4.36 Grafik Produksi Sumur LA587
47. Gambar 4.37 Grafik Produksi Sumur LA588
48. Gambar 4.38 Grafik Produksi Sumur LA589
49. Gambar 4.39 Grafik Produksi Sumur LA680
50. Gambar 4.40 Grafik Injeksi Sumur KA528
51. Gambar 4.41 Grafik Injeksi Sumur KA529
52. Gambar 4.42 Grafik Injeksi Sumur KC528
53. Gambar 4.43 Grafik Injeksi Sumur KC529
54. Gambar 4.44 Logging pada Sumur Observasi KC620
55. Gambar 4.45 Grafik Produksi Sumur KA525
56. Gambar 4.46 Grafik Produksi Sumur LA585
57. Gambar 4.47 Grafik Produksi Sumur LA586
58. Gambar 4.48 Grafik Injeksi Sumur KA526
59. Gambar 4.49 Grafik Injeksi Sumur KC526
60. Gambar 4.50 Logging pada Sumur Observasi KD526
61. Gambar 4.51 Grafik Produksi Sumur LA567
62. Gambar 4.52 Grafik Produksi Sumur LB568
63. Gambar 4.53 Grafik Produksi Sumur LA569
64. Gambar 4.54 Grafik Produksi Sumur LA577
65. Gambar 4.55 Grafik Produksi Sumur LA660
66. Gambar 4.56 Grafik Produksi Sumur LB670
67. Gambar 4.57 Grafik Injeksi Sumur LA578
68. Gambar 4.58 Grafik Injeksi Sumur LB578
69. Gambar 4.59 Grafik Injeksi Sumur LD579
70. Gambar 4.60 Grafik Injeksi Sumur LE579
71. Gambar 4.61 Logging pada Sumur Observasi LC568
72. Gambar 4.62 Logging pada Sumur Observasi LC579
73. Gambar 4.63 Grafik Produksi Sumur LA565
74. Gambar 4.64 Grafik Produksi Sumur LA566
75. Gambar 4.65 Grafik Produksi Sumur LA575
76. Gambar 4.66 Grafik Injeksi Sumur LB576
77. Gambar 4.67 Grafik Injeksi Sumur LC576
78. Gambar 4.68 Grafik Produksi Sumur LA548
79. Gambar 4.69 Grafik Produksi Sumur LA558
80. Gambar 4.70 Grafik Produksi Sumur LA640
81. Gambar 4.71 Grafik Produksi Sumur LA641
82. Gambar 4.72 Grafik Produksi Sumur LA651
83. Gambar 4.73 Grafik Injeksi Sumur LA559
84. Gambar 4.74 Grafik Injeksi Sumur LB559
85. Gambar 4.75 Grafik Injeksi Sumur LA650
86. Gambar 4.76 Grafik Injeksi Sumur LB650
87. Gambar 4.77 Logging pada Sumur Observasi LC559
88. Gambar 4.78 Grafik Produksi Sumur LA545
89. Gambar 4.79 Grafik Produksi Sumur LA546
90. Gambar 4.80 Grafik Produksi Sumur LA547
91. Gambar 4.81 Grafik Produksi Sumur LA555

- 92. Gambar 4.82 Grafik Produksi Sumur LB557
- 93. Gambar 4.83 Grafik Injeksi Sumur LB556
- 94. Gambar 4.84 Logging pada Sumur Observasi LC544
- 95. Gambar 5.1 Perkembangan *steam Pattern* K547
- 96. Gambar 5.2 Perkembangan *steam Pattern* K529
- 97. Gambar 5.3 Perkembangan *steam Pattern* K526
- 98. Gambar 5.4 Perkembangan *steam Pattern* L579
- 100. Gambar 5.5 Perkembangan *steam Pattern* L576
- 101. Gambar 5.6 Perkembangan *steam Pattern* L650
- 102. Gambar 5.7 Perkembangan *steam Pattern* L556



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin menipisnya jumlah cadangan dan semakin besarnya jumlah permintaan minyak dan gas bumi sebagai sumber energi mengakibatkan kegiatan untuk memaksimalkan perolehan minyak dan gas bumi semakin intensif dilakukan, baik melalui eksplorasi untuk mencari cadangan baru, menambah jumlah sumur-sumur pengembangan maupun dengan melakukan kajian ulang terhadap lapangan-lapangan yang telah berproduksi.

Salah satu metode yang dikembangkan untuk mengoptimalkan pengangkatan minyak dari dalam bumi (reservoir) pada lapangan-lapangan yang telah berproduksi adalah dengan menginjeksi uap panas kedalam reservoir yang dikenal dengan teknologi *Steamflood*. Teknologi ini digunakan terhadap reservoir dengan kandungan minyak berat yaitu minyak bumi dengan API yang lebih kecil dari 35°, sebagaimana halnya dengan lapangan minyak "X" yang dijadikan tempat penelitian adalah penghasil minyak berat (API gravity 22°) dengan tingkat produksi yang mulai menurun.

Dalam pelaksanaan injeksi uap panas (*steam*) menggunakan sumur (*well*) khusus yang dikenal dengan sumur injeksi dan terpisah dari sumur produksi. *steam* yang diinjeksi kedalam formasi akan memanasi reservoir sekitar sumur dan akan membentuk zona *steam* dan akan terus berkembang sebagai akibat dari injeksi *steam* secara terus menerus.

Steam yang diinjeksi kedalam reservoir akan menurunkan tingkat viskositas minyak sehingga memudahkan untuk bergerak menjauhi zona *steam* dan terakumulasi di sekitar sumur-sumur produksi untuk selanjutnya diangkat kepermukaan dengan pompa angguk.

Injeksi *steam* yang tidak terkendali berakibat distribusi panas dalam formasi tidak merata. Pada awal injeksi *steam*, kita menginginkan injeksi sebanyak mungkin untuk mendapatkan target temperature reservoir yang lebih cepat. Setelah beberapa tahun penginjeksian *steam*, sebagian besar lapisan reservoir sudah panas. Injeksi panas yang terus berlanjut akan berakibat *steam* yang diinjeksi akan langsung diproduksi. Hal ini menimbulkan masalah di sumur-sumur produksi juga fasilitas-fasilitas produksi sehubungan dengan temperatur fluida produksi yang tinggi.

1.2 Tujuan Penelitian

Dengan aplikasi *heat control system* diharapkan untuk dapat:

1. Menentukan tingkat kematangan suatu lapisan reservoir dengan menggunakan integrasi data injeksi dan produksi. Data-data tersebut adalah *temperature wellhead* di sumur produksi, *logging spinner* di sumur injeksi, *logging temperature* dan *steam ID log* di sumur observasi.
2. Optimalisasi injeksi *steam* ke lapisan reservoir.

1.3 Batasan Lingkup Penelitian

- Penelitian terbatas pada penyebaran panas karena *steam* yang diinjeksi kedalam formasi Pertama di area-D dari lapangan minyak "X". Data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari sumur produksi, sumur injeksi dan sumur observasi. Dari sumur produksi sumur produksi diperoleh data temperature permukaan, tekanan permukaan dan data produksi minyak. Dari sumur injeksi diperoleh data laju injeksi *steam* dan prosentasi distribusi *steam* ke masing-masing lapisan. Dari sumur observasi diperoleh data temperature dan indikasi keberadaan *steam* pada masing-masing lapisan.
- Pembagian *pattern*, lokasi dan jumlah sumur produksi, sumur injeksi dan sumur observasi menggunakan konfigurasi yang sudah ada saat penelitian ini dilakukan.
- Parameter-parameter yang digunakan dalam analisis tingkat kematangan adalah temperature dan tekanan permukaan dari sumur produksi dan temperature reservoir dan *steam ID* dari sumur observasi, prosentasi distribusi dan laju

- injeksi *steam* dari sumur injeksi. Analisis keekonomian dan korelasi antara tingkat kematangan dengan parameter-parameter lain seperti permeabilitas, porositas diluar lingkup tesis ini.
- Penghitung luas sebaran *steam* dan penentuan waktu yang diperlukan untuk mencapai *breakthrough* menggunakan perangkat lunak *spreadsheet excell* yang sudah dimodifikasi dengan menggunakan formula yang dikembangkan oleh *Neuman*.
 - Penghitung laju injeksi *steam* yang diperlukan untuk mempertahankan tingkat kematangan menggunakan perangkat lunak *spreadsheet excell* yang sudah dimodifikasi dengan menggunakan formula yang dikembangkan oleh *Vogel*.
 - Perhitungan laju injeksi awal dan waktu *breakthrough* awal tidak dilakukan, karena penelitian ini dilakukan setelah beberapa tahun pelaksanaan injeksi *steam*.
 - Demi kemudahan dalam melakukan perhitungan beberapa parameter diseragamkan berdasarkan kondisi lapangan daerah penelitian. Demikian juga halnya parameter-parameter yang pengaruhnya tidak signifikan terhadap hasil akhir perhitungan. Parameter-parameter yang diseragamkan dalam perhitungan adalah:

Surface Parameter

- *Surface Steam Quality* 70%
- *Surface Line Pressure* 550 Psig

Reservoir Parameter

- *Steam Temperature* 370 degF
- *Dip of Overburden* 3 degrees
- *Initial Zone Temperature* 100 degF
- *Water Influx* 0 BWPD
- *Water Scavaging Heat Temp* 140 degF

Wellbore Loss Parameters

- *Depth* 600 feet
- *Injector* 1
- *Completion Type* casing
- *Percent Air Sand* 0%

Thermal Parameter

- <i>Thermal Conductivity</i>	27.6 BTU/D-ft-degF
- <i>Reservoir Heat Capacity</i>	35 BTU/ft ³ -degF

1.4 Sistematika Pembahasan

- Bab I Menyajikan pendahuluan yang berisi tentang latar belakang, tujuan, ruang lingkup penelitian.
- Bab II Membahas dasar teori yang mencakup teori tentang konsep *steam flooding*, *logging spinner* dan *logging temperature*.
- Bab III Menjelaskan diagram alir yang dalam pengambilan dan kriteria dalam menentukan tingkat kematangan.
- Bab IV Menjelaskan kondisi lapangan “X” yang meliputi tinjauan geologi, karakteristik reservoir dan fluida reservoir lapangan “X” dan data lapangan.
- Bab V Analisis dan pembahasan
- Bab VI Kesimpulan dan saran

BAB 2 TEORI PENUNJANG

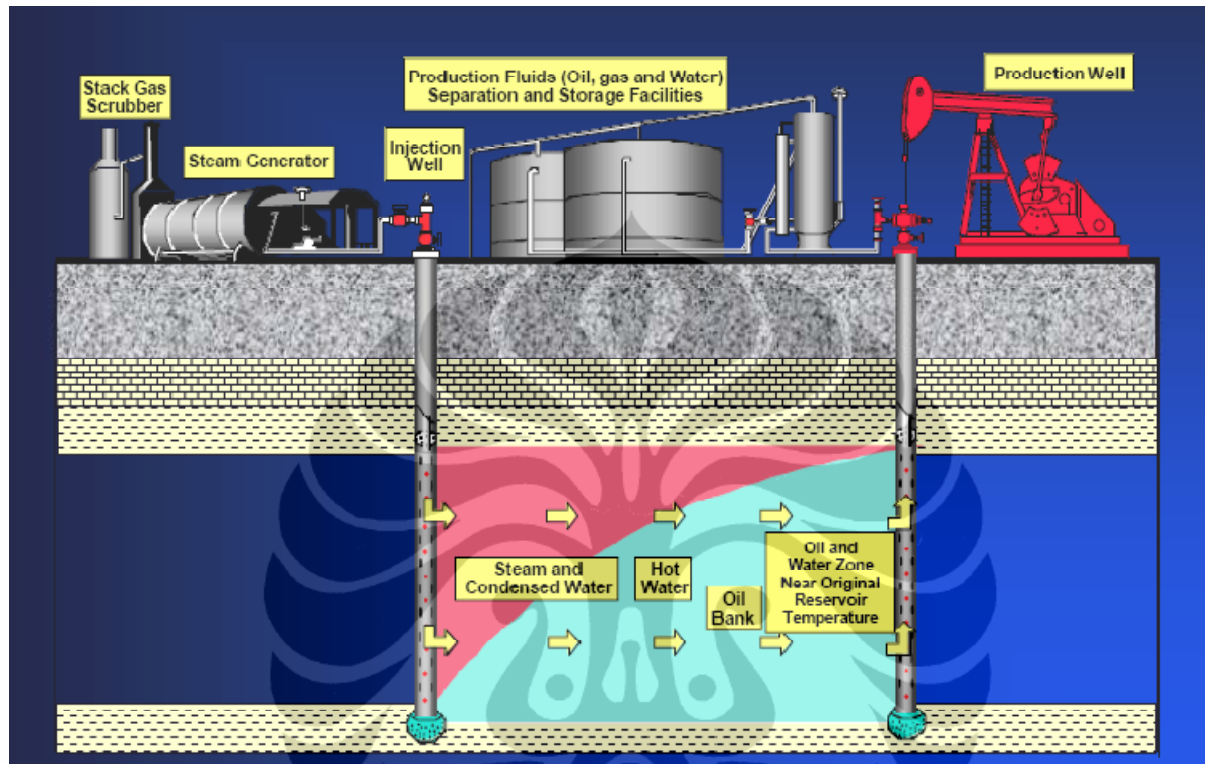
2.1 *Steamflood*

Steamflood merupakan salah satu teknik peningkatan perolehan minyak (*Enhanced Oil Recovery*) secara tersier. Dalam process *steamflood*, *steam* diinjeksikan secara terus menerus ke reservoir melalui sumur-sumur injeksi untuk mengurangi viskositas minyak berat. Berkurangnya viskositas akan menimbulkan tenaga untuk mendorong minyak yang jadi lebih mudah bergerak ke sumur-sumur produksi. Pada umumnya, kualitas *steam* yang diinjeksikan dari permukaan untuk suatu proyek *steamflood* berkisar antara 70-80% (70-80% uap air dan 30-20% air panas). Ketika *steam* diinjeksikan ke reservoir, *heat transfer* terjadi antara *steam* dengan formasi yang mengandung minyak, dan sebagian panas terserap ke lapisan batuan di atas (*overburden*) dan batuan di bawah formasi (*underburden*) yang mengandung minyak. Sebagai hasilnya, sebagian *steam* akan terkondensasi dan menghasilkan campuran *steam* dan air panas yang mengalir di reservoir.

Sebagaimana ditunjukkan di Gambar 2.1 skema process *steamflood*, mekanisme pendorong *steam* akan mendorong air dan minyak untuk membentuk suatu zona minyak (*oil bank*) di depan zona *steam*. Idealnya, diharapkan zona minyak ini akan tetap berada di depan, semakin membesar sampai akhirnya diproduksi di sumur produksi yang berdekatan. Tetapi di sebagian besar kasus, *steam* akan bergerak ke atas zona minyak dan mengalir ke sumur produksi sehingga terjadi *steam breakthrough* di sumur produksi.

Breakthrough adalah suatu keadaan dimana *steam* yang diinjeksi dari sumur injeksi telah mencapai sumur produksi. Setelah terjadi *steam breakthrough*, zona *steam* yang terbentuk di atas zona minyak akan memanasi lapisan minyak di bawahnya. Hal ini akan menyebabkan viskositas minyak menurun dan mobilitas minyak meningkat. Bersamaan dengan terproduksinya minyak yang sudah terpanaskan, zona *steam* akan mengembang secara vertikal ke bawah, hal ini yang

dinamakan dengan *gravity drainage*. *Gravity drainage* akan berlangsung terus sampai semua zona minyak terproduksi.

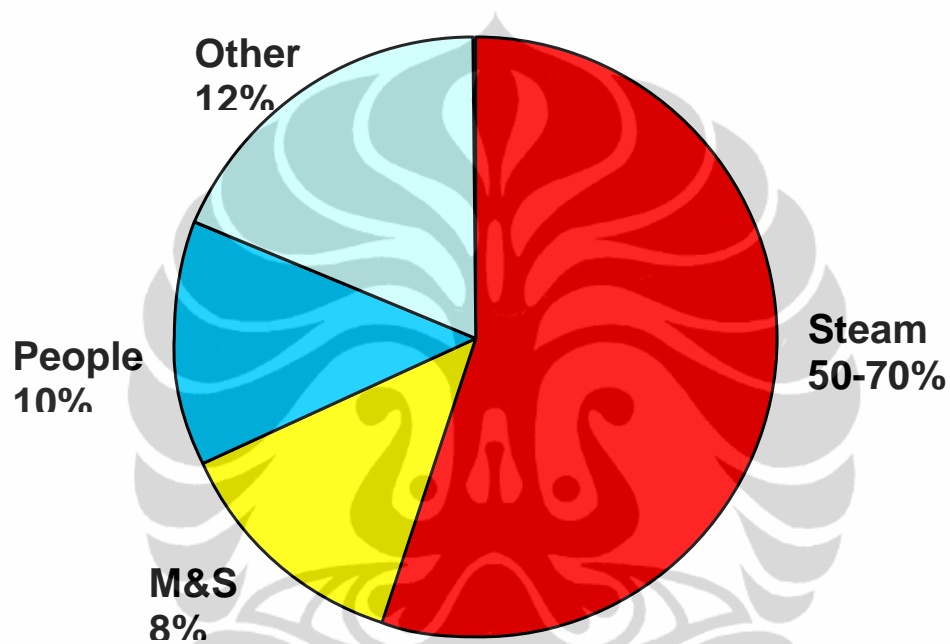


Gambar 2.1 Skema Proses *Steamflood*. Ternyata selama proses injeksi *steam* terbentuk zona-zona: *steam* dan air terkondensasi, air panas, minyak dan liquid dengan temperature reservoir.

2.2 Konsep dan Tahapan *Heat Control System*

Heat Control System adalah suatu proses identifikasi dan penggunaan panas secara optimal untuk memaksimalkan pengangkatan minyak berat dari dalam reservoir. *Heat control system* dalam operasional lebih dikenal dengan *Heat Management*. Proses tersebut meliputi analisa terhadap data *surveillance* dan penentuan jumlah *steam* yang harus diinjeksi pada setiap sumur injektor, sehingga akan berdampak pada pengangkatan minyak yang lebih ekonomis dengan menurunnya biaya produksi.

Pada prinsipnya *heat control system* digunakan untuk memaksimalkan perolehan minyak dengan menginjeksikan *steam* seminimal mungkin tetapi dengan pemanfaatan panas yang optimal. Optimalisasi pemanfaatan panas akan berdampak secara ekonomis terhadap penurunan biaya operasional untuk memproduksi *steam*. Karena biaya terbesar dalam suatu proses pengangkatan minyak di ladang dengan cadangan minyak berat adalah biaya bahan bakar untuk memproduksi *steam* tersebut, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Perkiraan Biaya untuk Proyek *Steamflood*. Memperlihatkan pengeluaran terbesar dalam membuat *steam*. Biaya terbesar dalam konversi air menjadi *steam* adalah biaya bahan bakar, baik dalam minyak atau gas.

Gambar 2.2 memberikan gambaran secara grafik perkiraan biaya operasional untuk memproduksi *steam*. Perkiraan tersebut berdasarkan *operational expenditure* pada setiap proyek *steamflood*. Biaya terbesar adalah biaya bahan bakar untuk produksi *steam* sebesar kurang lebih 70%. Biaya *maintenance* 10%, biaya untuk menggaji karyawan 10% dan biaya lain-lain kurang lebih 10%. Peningkatan efisiensi penggunaan *steam* dengan melakukan pengaturan injeksi panas (*heat control system*) akan mengurangi biaya operasional secara signifikan.

Tahapan-tahapan pelaksanaan *heat control system (heat management)* proses untuk perolehan hasil yang maksimal adalah:

1. Pengambilan data *surveillance* secara reguler
2. Analisa pengembangan daerah panas.
3. Penentuan target injeksi.
4. Memantau kinerja panas

2.3 Pengambilan Data *Surveillance* Secara Reguler

Pengambilan data *surveillance* secara reguler dimaksudkan untuk memastikan bahwa kualitas, proses, pengambilan, penyimpanan, pemeliharaan dan ketersediaan data sejalan dengan perencanaan bisnis perusahaan.

Pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan pada *surveillance* ini adalah:

- Melakukan kajian tahunan pekerjaan *surveillance* dan memperbaharunya baik pekerjaan maupun frekuensi pelaksanaannya.
- Menentukan area yang akan dilakukan *surveillance* sesuai dengan tingkat kematangan.
- Menjadwalkan dan mengontrol pelaksanaan *surveillance*.
- Melakukan analisa data *surveillance*

Jenis-jenis *surveillance log* yang umum dilakukan adalah:

1. Profil temperatur (di sumur observasi)
2. *Spinner / Krypton Survey* (di sumur injeksi)
3. *Steam ID Log* (di sumur observasi)

Profil *temperature log* dijadwalkan sesuai dengan perhitungan laju injeksi awal menggunakan rumus *Neuman* (Neuman, 1985) sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan 2.1. Sebagai contoh, pada suatu *pattern* jika laju injeksi awal didesain untuk 3 tahun waktu *Neuman* dan sumur observasi terletak di setengah jarak sumur injeksi ke sumur produksi, maka perkiraan waktu *steam* sampai di sumur observasi adalah $(\frac{1}{2})^2 \times 3$ tahun (36 bulan) = 9 bulan. Profil *temperature log* yang pertama direncanakan 9 bulan setelah injeksi dilakukan. Perencanaan survei berikutnya dilakukan secara reguler setiap tahun sampai *steam* tersebar secara

merata di *pattern* tersebut. Survei *steam ID* tidak diperlukan sebelum profil temperatur di sumur observasi menunjukkan indikasi temperature *steam*.

2.4 Analisa Pengembangan Daerah Panas

Apabila *steam chest* di suatu daerah atau zona sudah berkembang dengan baik maka kita dapat melakukan pengurangan laju injeksi *steam*. Laju injeksi diturunkan ke *maintenance rate* yang didapat dari perhitungan *Vogel* (Vogel, 1984). Untuk daerah yang *steam chest* berkembang secara tidak merata (ada lapisan reservoir yang *steam chest*-nya sudah berkembang, ada lapisan reservoir yang *steam chest*-nya belum berkembang) maka harus dilakukan pembagian sub area sebelum melakukan perhitungan laju injeksi.

Proses analisa pengembangan daerah panas adalah kualitatif proses yang bertujuan untuk menentukan tingkat kematangan dari suatu kegiatan *steamflood* atau *steam injection*.

Parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kematangan suatu kegiatan *steamflood*, adalah:

- Temperature reservoir yang diambil dari survey *Temperature Observation* (TO).
- Ketebalan dari *steam chest* yang diambil dari *Steam ID Log*.
- Indikasi *steam breakthrough* yang diambil dari *temperature wellhead*, tekanan *casing* dan *fluid cut*.

Untuk daerah yang *steam chest* berkembang secara tidak merata, yang perlu diperhatikan dalam melakukan pembagian sub-area adalah:

- kecenderungan (*trend*) laju produksi dan laju injeksi.
- Jumlah yang dibutuhkan untuk mencapai waktu *breaktrough*.
- Kualitas *steam* dan produksi *steam*
- Rasio antara *steam* dan minyak (*Steam Oil Ratio, SOR*).
- Perbandingan antara aktual dan ekspektasi berdasarkan perencanaan

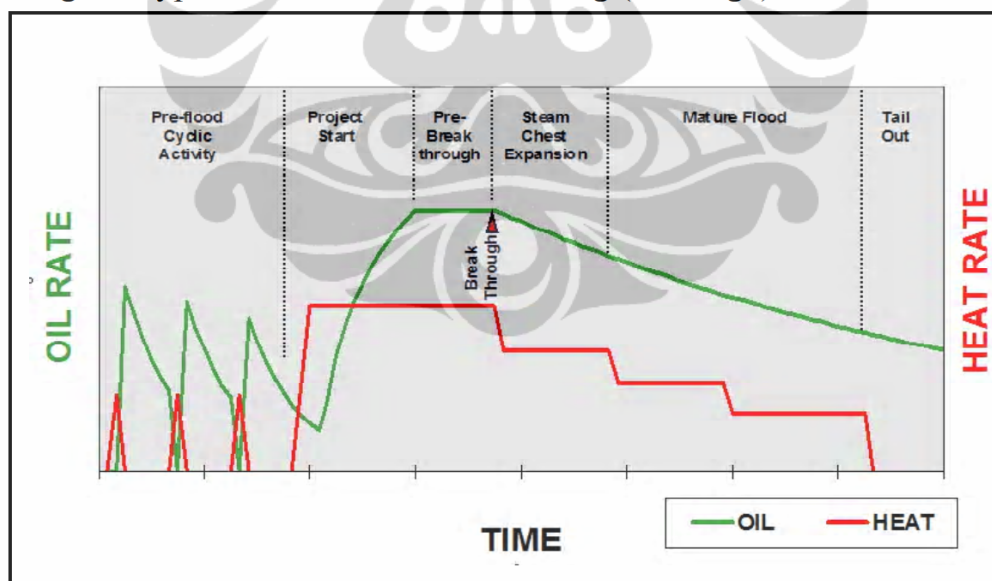
2.5 Penentuan Target Injeksi

Analisa terhadap data yang ada dan pengetahuan terhadap siklus *steamflood* merupakan acuan dalam penentuan target injeksi. Siklus *steam* injeksi terdiri atas lima tahapan, yaitu:

1. Sebelum injeksi *steam*.
2. Sebelum *breakthrough*
3. Masa transisi
4. Kondisi matang atau semua area sudah tertutupi steam
5. *Tailout*

Setiap tahapan dibedakan oleh indikasi keberadaan *steam chest* dan pengembangan *steam chest*. Untuk lapangan dengan reservoir berlapis (*multi-layer*), masing-masing lapisan reservoir dapat mempunyai tahapan siklus *steamflood* yang berbeda satu sama lain.

Semua tahapan tersebut diatas dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 3 Siklus *Heat Management/Heat Control System* (Zahedi,). Proses kontrol terdiri dari beberapa tahapan: sebelum injeksi, mulai injeksi, kondisi *breakthrough*, kondisi matang dan penghentian injeksi.

2.5.1 Sebelum Injeksi *Steam*

Merencanakan kompleksi sumur sedemikian rupa sehingga *steam* yang akan diinjeksi dapat menyebar dengan baik dan melakukan antisipasi adanya hal di luar perencanaan.

- Run dan evaluasi *open hole logs*
Pada setiap *pattern* di setiap injektor untuk mengetahui saturasi minyak, permeabilitas dan kemenerusan sand.
- *Binning* atau pengelompokan wilayah
Dilakukan di wilayah yang mempunyai karakteristik geologi yang sama. Pada masing-masing wilayah didesain konfigurasi injeksi yang mirip satu sama lain dan perencanaan *steamflood* yang sama disetiap *pattern* dilakukan sedemikian rupa sehingga informasi yang diperoleh dari *pattern* yang mempunyai sumur observasi dapat digunakan ke *pattern-pattern* berdekatan yang tidak mempunyai sumur observasi.
- Antisipasi masalah
Memperhatikan perbedaan permeabilitas yang dapat mempengaruhi penyebaran *steam* secara vertical maupun areal.
- Perencanaan *Injeksi Uap pada Sumur Produksi*
Harus dilakukan lebih awal untuk mengantisipasi kesulitan-kesulitan yang timbul pada daerah dengan permeabilitas rendah.
- Perencanaan *surveillance*
sudah harus dipersiapkan dari awal untuk memonitor jika ada *steam* yang *breakthrough* terlalu cepat.

Laju injeksi awal (laju *Neuman*) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 (Neuman, 1985), sebagai berikut:

$$Q = \frac{Area}{\sqrt{\frac{t \alpha}{\pi}}} \left(\frac{7758 \ k \ \Delta T}{\rho_w \ h_{fg} \ (1 - f_p)} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- Q = inisial laju injeksi - Btu/D [J/d]
- k = konduktifitas panas - Btu/ft-°F-D [J/m.K.d],
- ΔT = kenaikan temperature - °F [K],
- t = waktu - hari
- ρ_w = densitas air - lb/cu ft [kg/m³]
- h_{fg} = kalor laten evaporasi - BTU/lb [J/kg]
- f_p = steam quality - dimensionless
- α = diffusitas panas - sq ft/D [m²/hari]

2.5.2 Sebelum *Breakthrough*

Target laju injeksi tidak berubah dari laju *Neuman* yang dihitung pada tahap sebelum injeksi. Hal ini bertujuan untuk membentuk *steam chest* yang menutupi reservoir pada *patern* dimana *steam* diinjeksikan. Proses *heat control system* bertujuan untuk memantau pertumbuhan *steam chest* dan mengambil tindakan untuk memastikan *steam chest* berkembang merata secara areal maupun secara vertikal. Data yang diperlukan untuk keperluan analisa tersebut diperoleh dari *surveillance* di sumur observasi, sumur injeksi dan sumur produksi (*well head & casing*).

➤ Analisa pada sumur obeservasi

Analisa data *log temperature* untuk memperkirakan temperature dari *steam zone*. Ketebalan *steam zone* yang sebenarnya dapat diketahui setelah melakukan pengukuran menggunakan *steam ID Log*.

➤ Analisa pada sumur injeksi

Dilakukan dengan mengevaluasi *log spinner/Krypton*. Di lapangan yang mempunyai reservoir yang berlapis, biasanya injeksi dilakukan secara bersama-sama (*commingle*) ke seluruh lapisan reservoir yang potensial. *Log spinner/Krypton* digunakan untuk mendapatkan proporsi *steam* injeksi yang masuk ke masing-masing lapisan reservoir pada sumur injeksi. Bagian penting analisa panas pada tahapan sebelum *breakthrough* adalah menghitung besarnya area penyebaran *steam* untuk setiap lapisan reservoir dan setiap *pattern*. Ini dilakukan dengan menggunakan rumus *Neuman* dan laju injeksi *steam* per lapisan yang didapatkan dari *Krypton/spinner* survei. Dari perhitungan ini, kita dapat memprediksi kapan *steam* mencapai sumur observasi dan sumur produksi, dengan asumsi *steam* yang diinjeksikan bergerak secara radial (asumsi dalam rumus *Neuman*)

➤ Analisa data sumur produksi

Data yang dianalisa adalah data tekanan dan temperatur yang diperoleh dari pengukuran temperatur pada kepala sumur dan tekanan pada *casing* yang diambil secara rutin setiap bulan. Tren kenaikan temperatur kepala sumur dan kenaikan tekanan mengindikasikan panas atau *steam* telah mendekati sumur produksi.

Pada tahapan ini proses *binning* juga tetap dilakukan untuk mengevaluasi dan mencocokkan antara data geologi dengan data yang diperoleh dari data *Temperature Sumur observasi (TOW)*.

2.5.3 Masa Transisi

Masa transisi adalah masa dimana *breakthrough* mulai terjadi di sebagian sumur produksi, tetapi belum semua sumur produksi mengalami *breakthrough*. Pada masa transisi penentuan laju injeksi harus dilakukan dengan hati-hati. Penurunan laju injeksi dapat mengurangi *breakthrough steam* ke sumur produksi yang sudah panas, tetapi di sisi lain, penurunan laju injeksi ini akan memperpanjang waktu yang diperlukan untuk *breakthrough* di sebagian sumur yang masih dingin. Secara umum, pada waktu awal masa transisi, dimana hanya sebagian kecil sumur

yang mengalami *breakthrough*, laju injeksi *Neuman* tetap dipertahankan. Hal ini diiringi dengan program injeksi *steam* di sumur-sumur produksi yang masih dingin.

Setelah beberapa lama dan sebagian besar sumur produksi telah mengalami *steam breakthrough*, laju injeksi mulai diturunkan ke laju *maintenance*. Program injeksi *steam* di sumur produksi tetap diaplikasikan ke sumur-sumur yang masih dingin.

2.5.4 Kondisi Matang

Suatu *pattern* dikatakan sudah matang apabila beberapa kondisi sudah terpenuhi seperti *peak temperature* pada sumur produksi sudah 200-300 °F minimal selama tiga bulan, tekanan pada casing meningkat diatas 50 psi, *Neuman area* diatas 90%, pada sumur observasi sudah terbentuk *steam chest* dan 2/3 sumur produksi sudah mengalami *breakthrough*. Parameter-parameter penentuan tingkat kematangan dijelaskan di bagian metodologi.

Sesaat setelah matang dan *steam chest* telah terbentuk, sistem pemanasan akan didominasi oleh proses konduksi. Pergerakan minyak terjadi karena adanya *gravity drainage*. Pada tahap ini, laju injeksi *steam* tidak mempengaruhi produksi minyak. Karenanya, laju injeksi harus diturunkan pada laju minimum yang diperlukan untuk mempertahankan *steam chest*. Perkembangan *steam chest* secara vertikal dapat diamati dari dua data yang diperoleh di sumur observasi: data temperatur dan data indikasi *steam* dari *Steam ID log*.

Minimal laju injeksi yang diperlukan untuk mempertahankan *steam chest* dihitung berdasarkan panas yang diperlukan untuk mengatasi kehilangan panas ke lapisan atas *steam-chest (overburden)* dan kehilangan panas ke lapisan bawah *steam-chest (underburden)*. Persamaan 2.2 untuk menghitung kehilangan panas yang dinyatakan dalam bentuk:

$$\text{Kehilangan panas} = \frac{43560 \times k \times A \left[\left(\frac{\delta T}{\delta Z} \right)_{\text{overburden}} + \left(\frac{\delta T}{\delta Z} \right)_{\text{underburden}} \right]}{10^6 \cos \left[\text{dip} \times \left(\frac{2\pi}{360} \right) \right]} \text{ MMBTU/hari}$$

Dimana:

43560 = konversi dari *acre* ke kaki kubik

10⁶ = konversi MMBTU

$\left(\frac{2\pi}{360} \right)$ = konversi dari derajat ke radian

k = konduktivitas panas (27/6 BTU/day ft °F)

A = area thermal *overburden* dan *underburden* (*Acre*)

Dip = kemiringan lapisan *overburden* atau *underburden* (derajat)

$\frac{\delta T}{\delta Z}$ = perubahan temperature terhadap kedalaman (°F/ft)

Dengan demikian minimal laju injeksi *steam* (laju *maintenance*) yang diperlukan untuk mempertahankan *steam chest* dinyatakan dalam persamaan 2.3 (Vogel, 1984) berikut:

$$\text{Laju } maintenance = \frac{\text{kehilangan panas}}{10^6 \times \left[f_p \times h_{fg-surface} + h_{f-surface} - h_{f-reservoir} \right]} \text{ BSPD}$$

Dimana:

f_p = kualitas steam - tidak berdimensi

$h_{fg-surface}$ = kalor laten evaporasi - BTU/lb [J/kg]

$h_{f-surface}$ = entalpi fasa cair - BTU/lb [J/kg]

$h_{f-reservoir}$ = entalpi fasa uap - BTU/lb [J/kg]

2.5.5 Tail Out

Tail out dimulai ketika laju *maintenance* sudah tidak ekonomis lagi atau ketika laju *maintenance* secara praktikal sudah tidak dapat dicapai. Pada tahapan ini, injeksi *steam* dihentikan dan minyak yang tersisa akan diproses dengan *gravity drainage*.

2.6 Memantau Kinerja Panas

Monitor pencapaian target injeksi dan tren produksi injeksi setelah mengimplementasikan target injeksi baru dilakukan setiap minggu secara reguler. Implementasi target injeksi dilakukan mingguan menyesuaikan dengan koordinasi antar lini terkait dalam proses *heat management*. Penyesuaian target baru akan ditinjau ulang berdasarkan tren produksi untuk meminimalkan kehilangan produksi.

2.7 Jenis-jenis Surveillance Log

Jenis-jenis *surveillance log* yang umum dilakukan adalah:

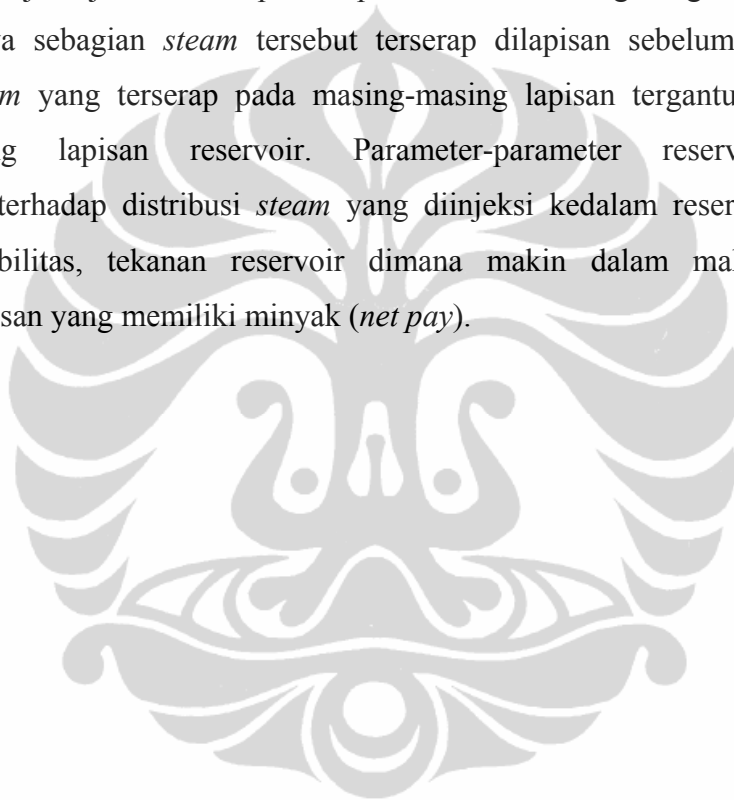
- *Spinner/Krypton Survey* (di sumur injeksi)
Spinner/Krypton Survey dilakukan di 50% dari semua sumur injeksi di Lapangan “X” setiap tahunnya.
- Profil temperatur (di sumur observasi)
Profil temperatur Survei dilakukan di 100% sumur observasi yang menunjukkan adanya *steam chest* setiap tahunnya.
- *Steam ID Log* (di sumur observasi)
Steam ID Log dilakukan di 75% sumur observasi yang telah menunjukkan adanya *steam chest* setiap tahunnya.

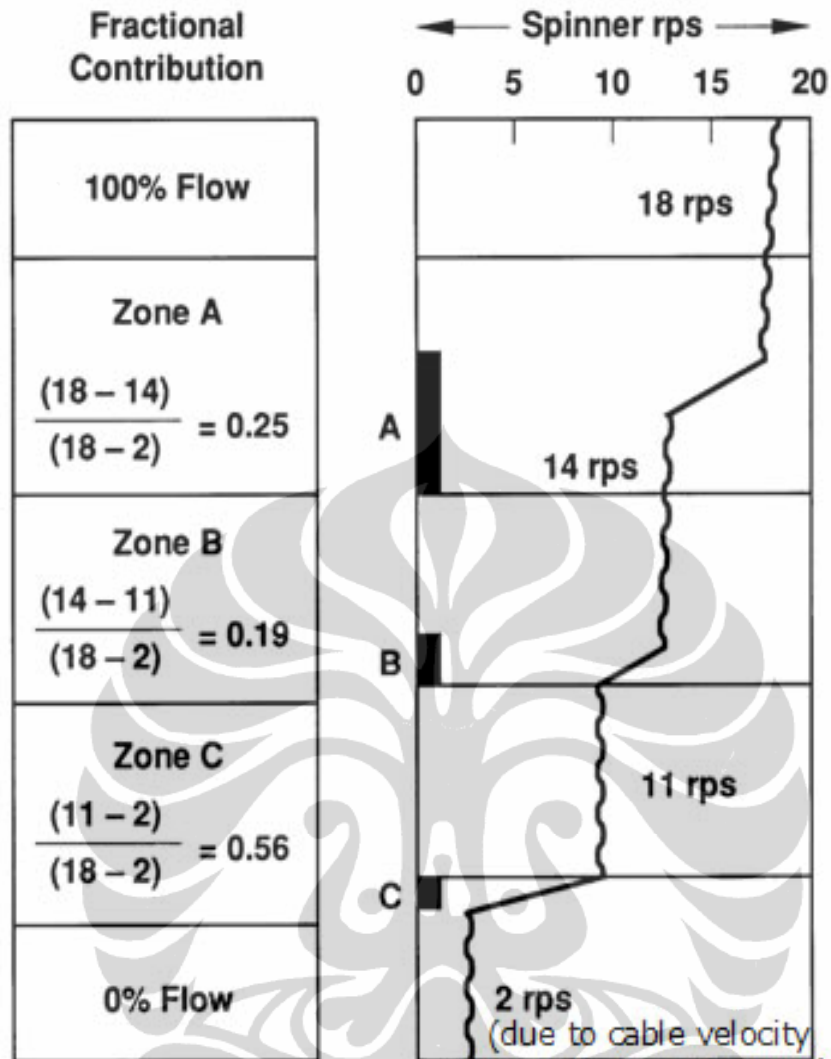
2.7.1 Spinner Log

Spinner berguna untuk menentukan persentase *steam* yang masuk ke dalam masing-masing interval perforasi. Survei *spinner* dilakukan secara menerus dari kepala sumur ke dasar sumur. Survei *spinner* didasarkan pada prinsip perputaran (rotasi) alat *spinner*. Rotasi alat *spinner* diasumsikan linear terhadap laju alir

injeksi *steam*. Persentase *steam* yang masuk ke dalam masing-masing interval perforasi kemudian dihitung berdasarkan prosentasi berkurangnya rotasi alat *spinner* setiap melewati interval perforasi tersebut. Cara perhitungan tersebut diilustrasikan dengan Gambar 2.4.

Dari ilustrasi Gambar 2.4. terlihat bahwa prosentasi jumlah injeksi *steam* yang masuk ke masing-masing lapisan direpresentasikan jumlah putaran *spinner*. Putaran *spinner* akan berkurang pada lapisan berikutnya sebagai akibat pengurangan laju injeksi *steam* pada lapisan tersebut. Pengurangan ini terjadi karena adanya sebagian *steam* tersebut terserap dilapisan sebelumnya. Besar kecilnya *steam* yang terserap pada masing-masing lapisan tergantung kondisi masing-masing lapisan reservoir. Parameter-parameter reservoir yang berpengaruh terhadap distribusi *steam* yang diinjeksi kedalam reservoir antara lain: permeabilitas, tekanan reservoir dimana makin dalam makin tinggi, ketebalan lapisan yang memiliki minyak (*net pay*).



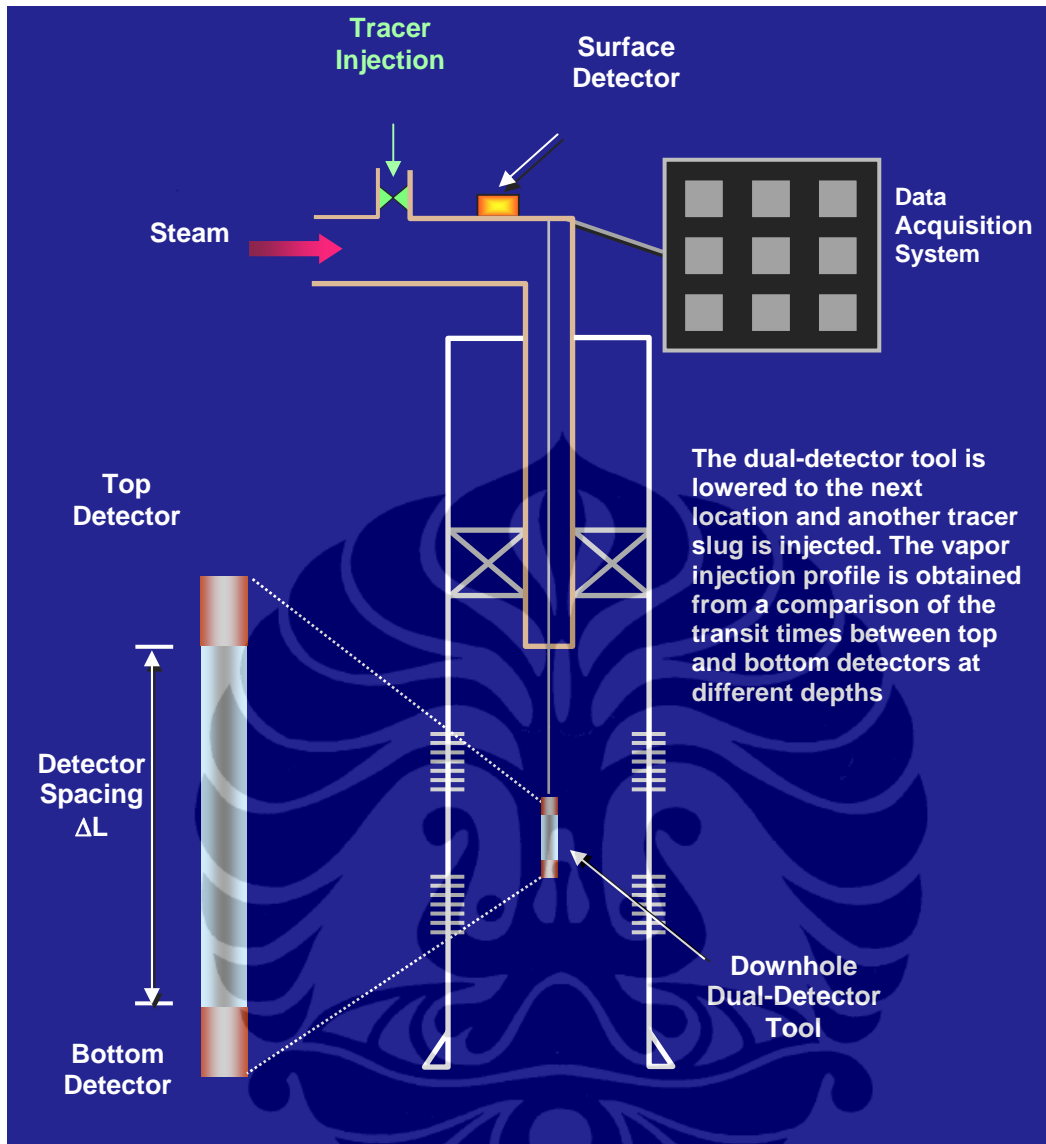


Gambar 2.4 Ilustrasi perhitungan *steam flow* dengan *spinner logging*. Putaran spin menunjukkan prosentasi *steam* yang masuk ke masing-masing lapisan (Halliburton, 2008).

2.7.2 Krypton Log

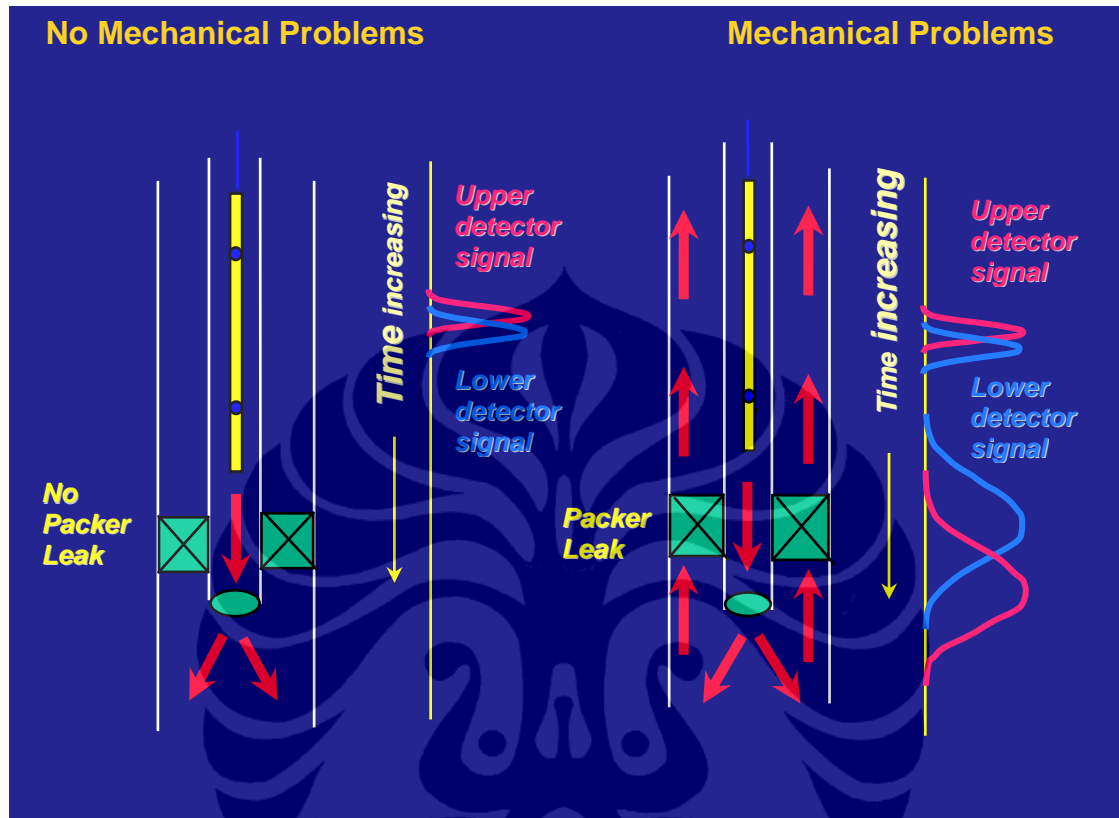
Survey *Krypton* mempunyai fungsi yang sama dengan *spinner*, yaitu untuk menentukan prosentase *steam* yang masuk ke dalam masing-masing interval perforasi. Keuntungan dari survei *Krypton* dibandingkan dengan survei *spinner* adalah dapat digunakan untuk menentukan apakah *packer* yang dipasang di sumur injeksi, bocor atau tidak dan juga bisa digunakan untuk menentukan *thief zone* di belakang *casing*.

Gas radioaktif *Krypton* diinjeksikan di *wellhead* ke *steam* yang akan dialirkan ke sumur injeksi. Sebuah deteksi permukaan (*surface detector*) digunakan untuk memastikan kalau gas *Krypton* telah diinjeksikan dengan baik. Sebuah detektor ganda yang terdiri dari dua detektor (*top detector* dan *bottom detector*) diturunkan ke kedalaman tertentu di sumur. Waktu transit gas *Krypton* yang diperlukan untuk melewati *top detector* dan *bottom detector* kemudian dicatat. Laju alir *steam* di kedalaman tersebut adalah panjang detektor dibagi dengan waktu transit. Detektor ganda diturunkan ke kedalaman berikutnya, dan injeksi gas *Krypton* diulangi kembali. Prosentase *steam* yang masuk ke dalam masing-masing interval perforasi dapat ditentukan dari perbandingan laju alir *steam* di masing-masing kedalaman.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja *Krypton Log*. Gas Krypton yang diinjeksi bersama *steam* dan waktu perjalanan antara *top detector* sampai *bottom detector* merepresentasikan laju injeksi *steam* (Halliburton, 2008).

Gambar 2.6 mengilustrasikan kemampuan survei *Krypton* untuk menentukan kebocoran *packer* yang dipasang disumur injeksi.



Gambar 2.6 *Krypton Log* Dalam Mendeteksi *Leak Packer*. Signal gelombang yang dihasilkan lebih besar apabila ada kebocoran pada *packer* (Halliburton, 2008).

2.7.3 *Temperature Log*

Profil temperatur survey adalah *surveillance log* yang paling umum dilakukan di Lapangan “X”. Profil temperatur survey dilakukan bersamaan dengan log lain (*Steam ID* misalnya) atau dilakukan sendiri di sumur-sumur observasi.

Hasil yang didapat dari profil temperatur survey berguna untuk:

- Menentukan temperatur di masing-masing lapisan reservoir
- Menentukan ada tidaknya *steam chest* di masing-masing lapisan reservoir. *Steam chest* terbentuk apabila terdapat profil temperatur yang lurus di atas 210 °F

- Menentukan gradien temperatur ($\frac{dT}{dz}$) untuk perhitungan kehilangan panas dari *steam chest* ke lapisan atas (*overburden*) dan lapisan bawah (*underburden*) pada perhitungan laju *maintenance*.
- Mengidentifikasi lapisan reservoir yang masih panas secara kualitatif
- Data pendukung untuk menentukan migrasi *steam*

2.7.4 *Steam ID Log*

Steam ID Log adalah *log Neutron-Density* yang dilakukan di sumur yang bercasing (*cased-hole*). *Steam ID Log* digunakan secara kualitatif untuk menentukan adanya indikasi *steam chest* dan pertumbuhan *steam chest* secara vertikal di sumur injeksi. *Steam ID Log* yang didapat dibandingkan dengan *log Neutron-Density* pada keadaan *open-hole*. Adanya penyilangan (*cross-over*) antara *Log Neutron* dan *Log Density* (yang sebelumnya tidak terdapat di *open-hole log*) di *Steam ID Log* mengindikasikan adanya *steam*. Pertumbuhan *steam chest* didapat dengan membandingkan ketebalan zona *cross-over* antara *Steam ID Log* di suatu sumur injektor dengan *Steam ID Log* pada tahun-tahun berikutnya.

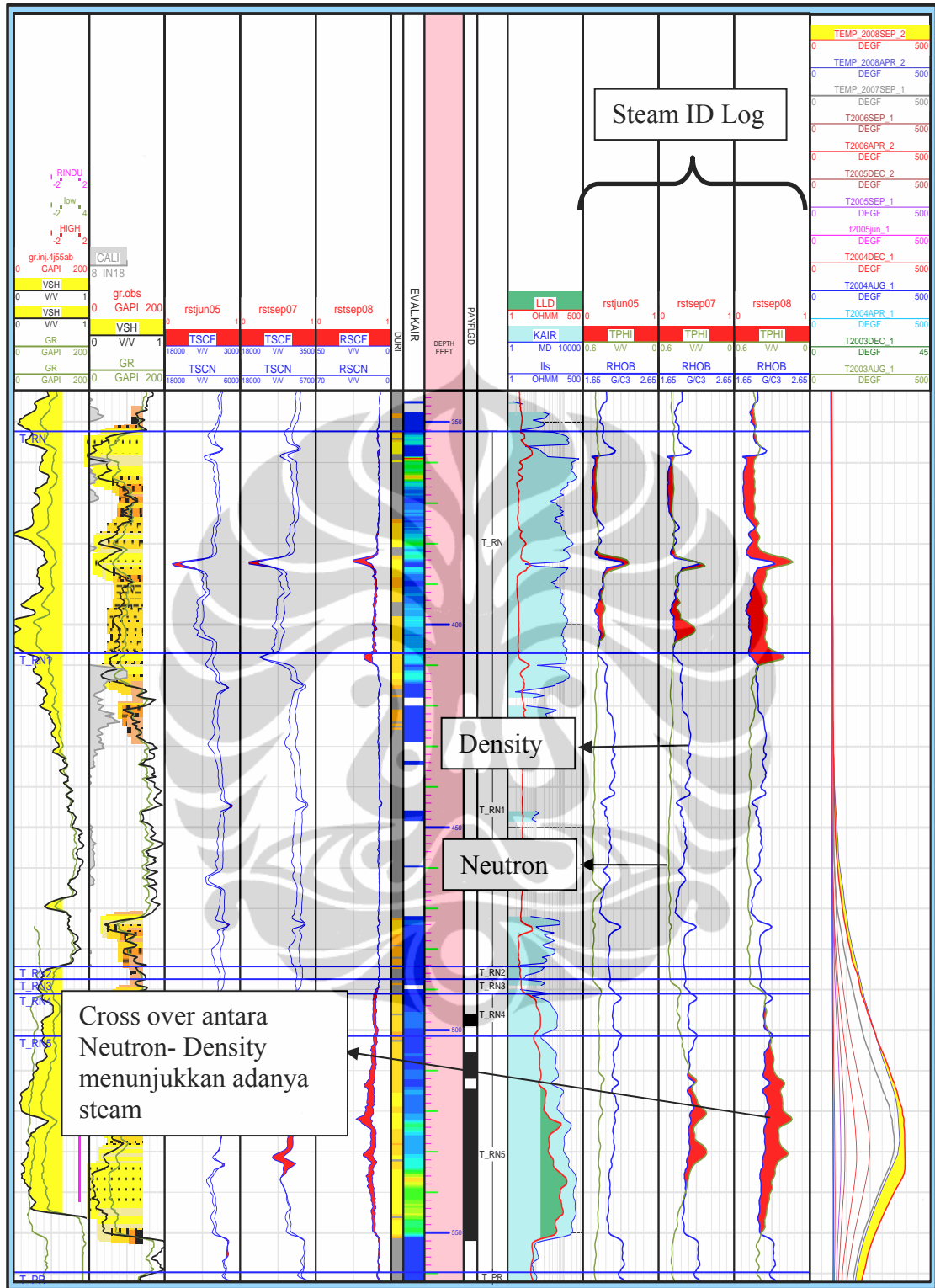
Gambar 2.8 menunjukkan hasil log dari beberapa jenis logging. Kolom paling kanan adalah hasil pengukuran temperature (*log temperature*) untuk beberapa periode pengambilan data. Temperature yang tinggi dapat dikorelasikan dengan keberadaan *steam* di sumur tersebut.

Keberadaan *steam* diindikasikan oleh *cross over* antara *log density* dan *log neutron*. *Log neutron* direpresentasikan oleh kurva warna hijau sedangkan kurva warna biru merepresentasikan *log density*. Indikasi adanya *steam* ditunjukkan oleh *cross over* kedua log tersebut, dimana kurva warna hijau berada disebelah kanan dan kurva warna biru berada disebelah kiri.

Log Neutron dikakukan untuk mengetahui konsentrasi kandungan atom *Hidrogen* dalam formasi dan secara tidak langsung dapat menafsirkan porositas batuan. Dalam hal *steam ID log*, *log Neutron* berfungsi untuk mengetahui adanya *steam* dalam formasi. Karena secara kimia *steam* terbentuk dari unsur *Hidrogen* dan *Oksigen*. Atom *Hidrogen* adalah unsur yang paling efektif dalam memperlambat

neutron karena hidrogen memiliki massa yang sama dengan neutron. Jadi *log neutron* akan mencerminkan banyaknya atom hidrogen didalam formasi. Dari Gambar 2.7 terlihat bahwa *log neutron* (kurva warna hijau) akan bergerak ke kanan atau mengecil apabila ada *steam* dalam formasi tersebut. Hal disebabkan jumlah partikel *neutron* yang diterima oleh detektor relatif sedikit. Hal ini menunjukkan energi neutron yang dipancarkan sebagian besar tidak diterima oleh detektor karena dihambat oleh unsur hidrogen yang terkandung dalam senyawa *steam* (H₂O). Demikian pula sebaliknya, kurva log akan berada disebelah kiri apabila tidak terdapat *steam* dalam formasi.

Log Density menggunakan unsur radioaktif yaitu *gamma ray* untuk mengukur porositas dari suatu lapisan. Pengukuran dilakukan dengan mengukur intensitas energi yang menembus formasi dan membentur elektron-elektron dalam formasi. Akibat benturan ini, energi sinar gamma yang ditangkap oleh detektor mengalami pengurangan. Makin lemah energi yang diterima detektor, menunjukkan formasi makin padat karena makin banyak elektron-elektron dalam formasi tersebut. Hal ini menunjukkan porositasnya makin kecil. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.7, *density log* bersama-sama dengan *neutron log* digunakan untuk mendeteksi adanya *steam* dalam reservoir.

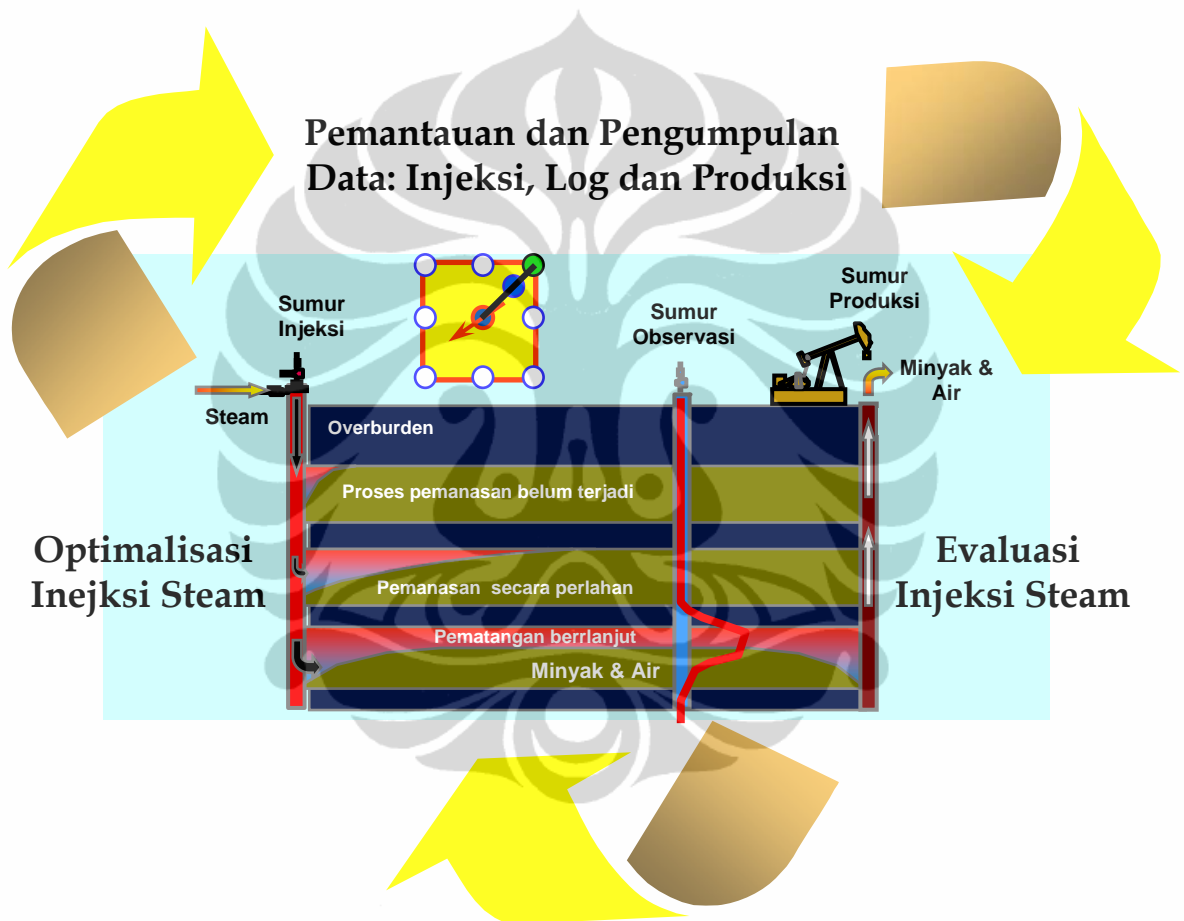


Gambar 2.7 *Steam ID Log*. Merupakan perpaduan dua log: *Neutron log* dan *Density log*, untuk mendeteksi keberadaan *steam*. Log temperature mengindikasikan temperature formasi pada kedalaman tertentu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

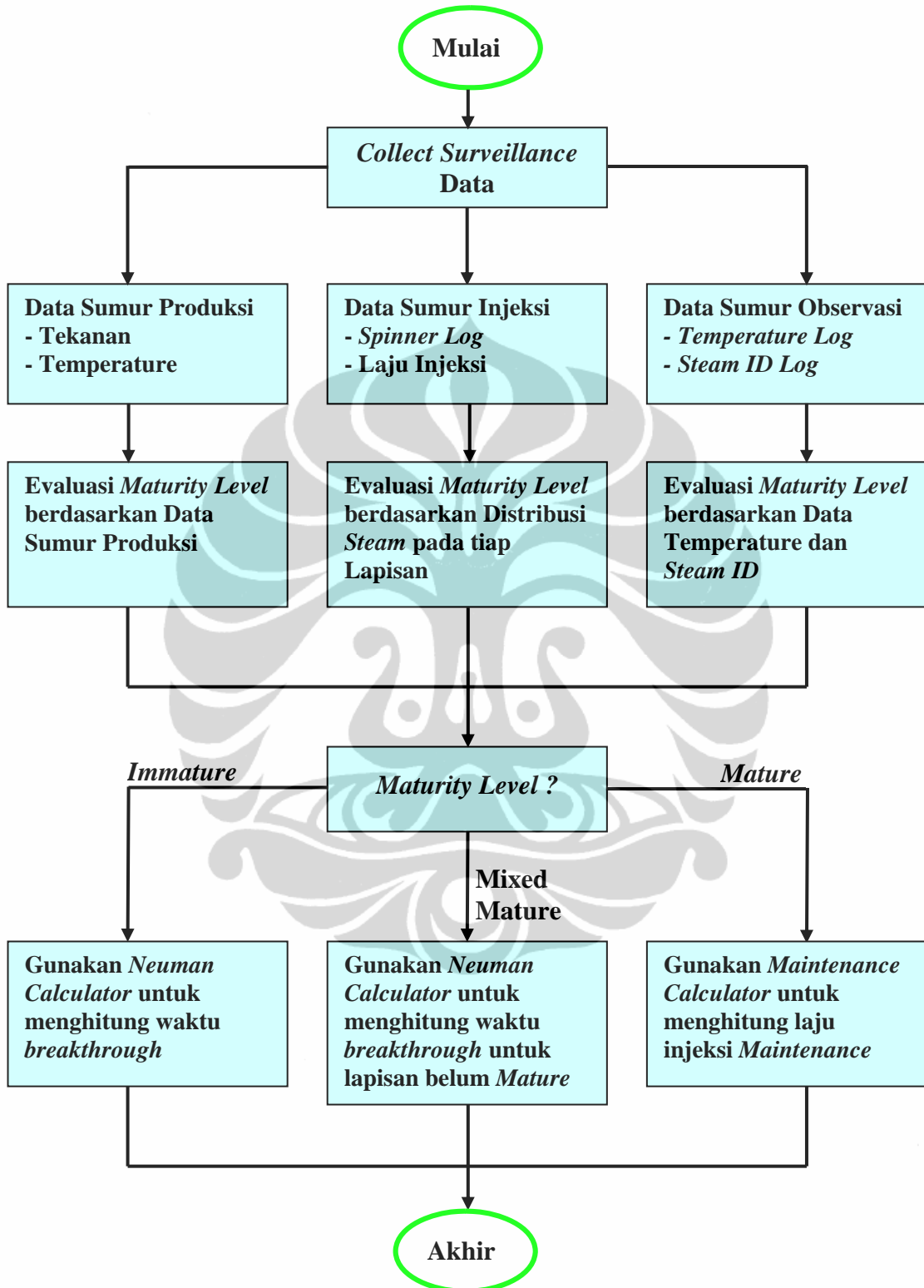
3.1 Tahapan Pelaksanaan Evaluasi

Secara garis besar tahapan evaluasi terbagi atas tiga bagian yang meliputi: pengumpulan dan pemantauan data (*Collecting and Monitoring Data*), Evaluasi kinerja *steamflood* (*Evaluation of Steamflood Performance*) dan pengaturan untuk mengoptimalkan kinerja *steamflood* (*adjustments to optimize performance*).



Gambar 3.1 *Heat Control System Process*. Memperlihatkan tahapan evaluasi pelaksanaan *steamflood* yang dimulai dengan pengambilan data untuk dievaluasi yang selanjutnya dilakukan optimalisasi sesuai dengan rekomendasi hasil evaluasi.

3.2 Diagram Alir Analisis Panas



Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa Panas. Aliran kerja ini digunakan dalam menentukan tingkat kematangan reservoir/formasi.

3.3 Kriteria Tingkat Kematangan - Maturity Criteria

Suatu *pattern* dikatakan matang (*mature*) apabila semua lapisan (P2, P3, P4 dan P5) pada *pattern* tersebut sudah matang secara lateral. Kriteria penentuan tingkat kematangan (*maturity level*) adalah sebagai berikut (CPI, 2008):

Steam Breakthrough atau mature apabila sumur produksi:

- Temperature sudah mencapai 240-300 °F dan temperature tersebut stabil minimal 3 bulan.
- Tekanan casing meningkat lebih dari 50 psi.

Definisi Maturity – Pattern (Areal / Lateral) ditentukan dengan menggunakan kombinasi data dari sumur injeksi, sumur observasi dan sumur produksi. Kriteria yang digunakan adalah:

Sumur Injeksi

- *Neuman area* lebih dari 90% berdasarkan data *Krypton* atau *spinner*

Sumur Observasi

- Sudah terbentuk *steam chest* dengan konfirmasi menggunakan *steam ID log*.

Sumur Produksi

Immature apabila:

- Sumur produksi belum panas
- *Neuman area* masih rendah (dibawah 50%)
- Sumur observasi masih dingin

Breakthrough awal (*early breakthrough*) apabila seperempat (1/4) sumur produksi sudah panas.

- 9 spot : 2 sudah *breakthrough*
- 7 spot : 2 sudah *breakthrough*
- 5 spot : 1 sudah *breakthrough*

Matang (*mature*) apabila dua pertiga ($2/3$) sumur produksi sudah *breakthrough*.

- 9 spot : 5 sudah *breakthrough*
- 7 spot : 4 sudah *breakthrough*
- 5 spot : 3 sudah *breakthrough*

Definisi Maturity – Vertical ditentukan oleh tingkat kematangan masing-masing layer.

Immature apabila:

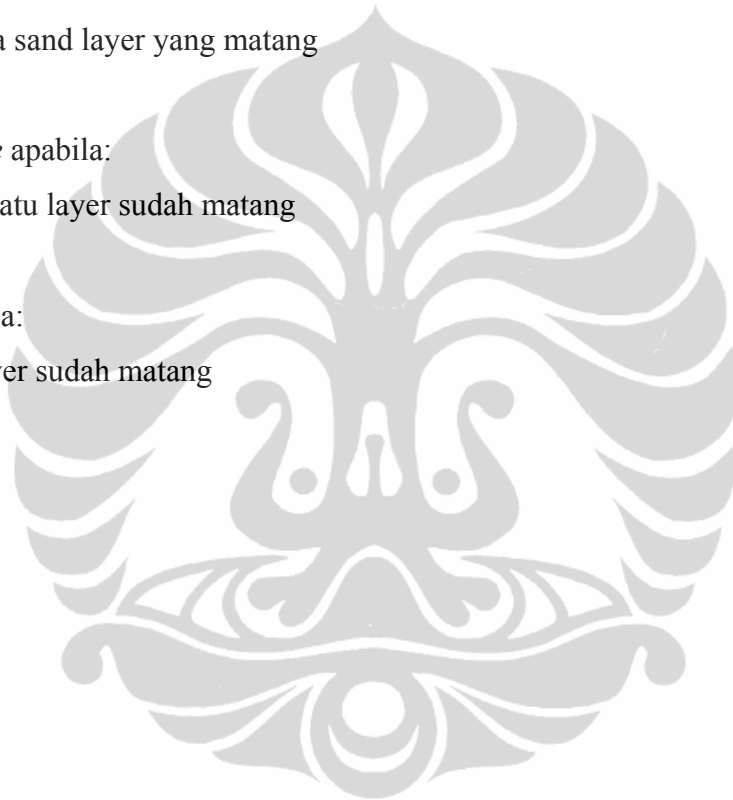
- Belum ada sand layer yang matang

Mixed Mature apabila:

- Minimal satu layer sudah matang

Mature apabila:

- Semua layer sudah matang

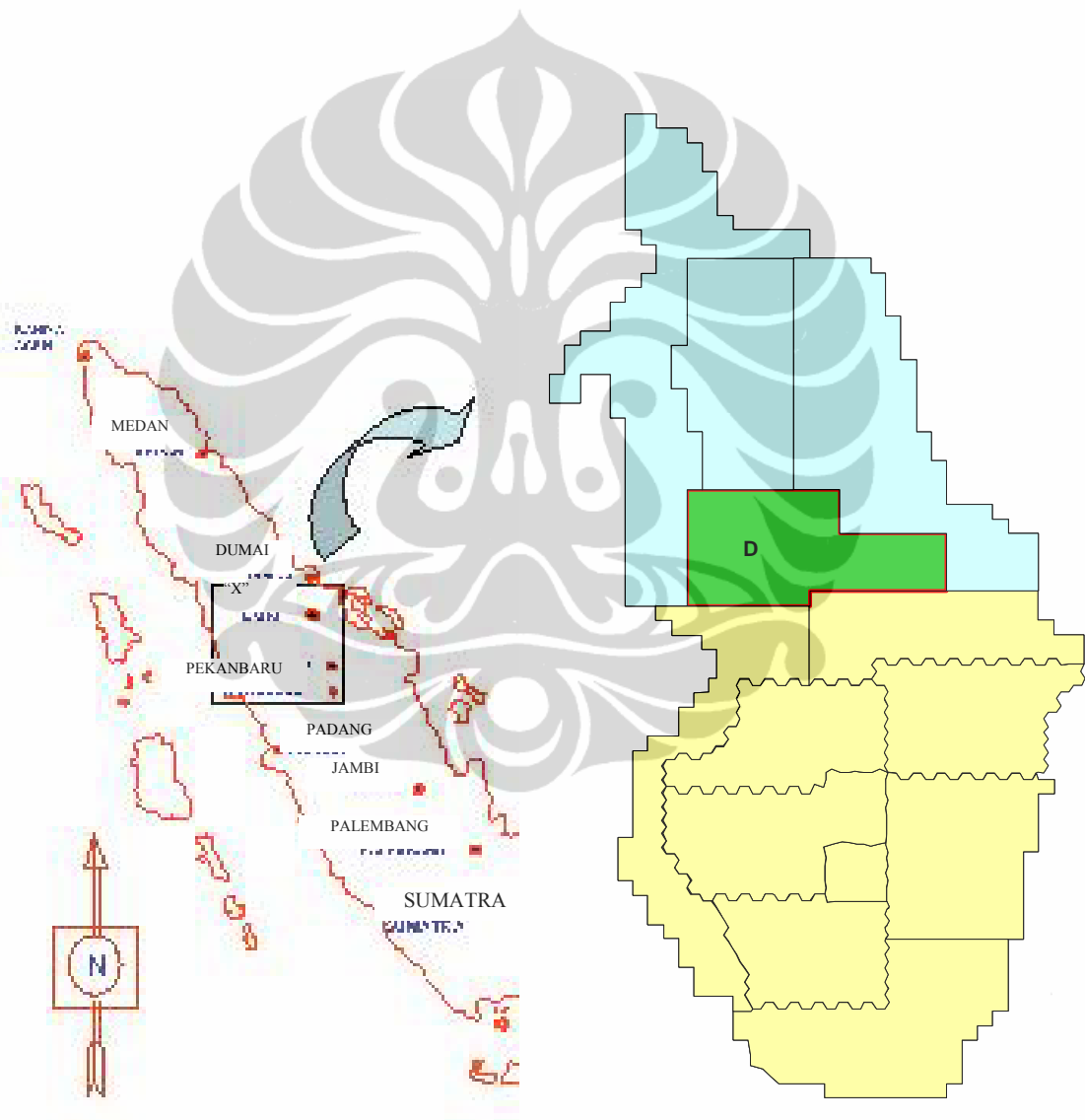


BAB 4

TINJAUAN LAPANGAN

4.1 Lokasi

Lapangan Minyak “X” terletak di Propinsi Riau, Indonesia, kurang lebih 120 km kearah barat laut dari Pekanbaru, ibukota Propinsi Riau. Daerah penelitian berlokasi di Area D lapangan “X” seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Lapangan Minyak “X”, yang terletak di pulau Sumatra dan merupakan ladang minyak dengan *steamflood* terbesar di dunia

4.2 Geologi

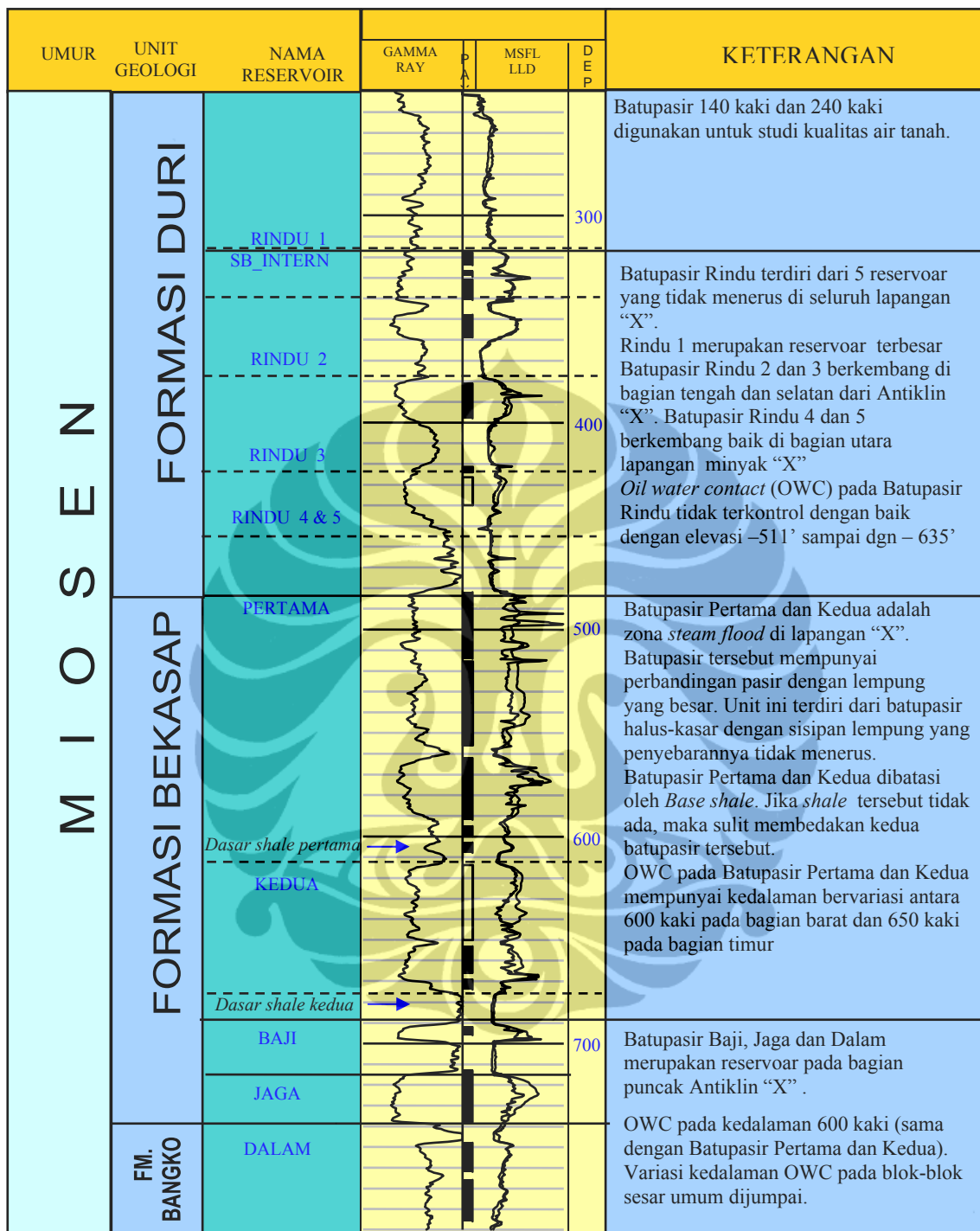
Berdasarkan pemetaan yang dilakukan pada tahun 1938 disimpulkan bahwa struktur di lapangan "X" adalah antiklin. Dari hasil studi tersebut ditetapkan pemboran di dekat Sebang (daerah sebelah selatan "X") dan diperoleh minyak pada kedalaman 370 kaki.

4.2.1 Struktur

Menurut peneliti terdahulu, struktur di lapangan "X" berupa antiklin yang mempunyai panjang sekitar 18 km dan lebar 9 km. Sayap bagian timur di lapangan ini berupa homoklin dengan kemiringan 3° – 5° , sedangkan di bagian tengah dan barat strukturnya lebih kompleks karena adanya sesar yang berarah barat-timur. Sesar Sebang yang merupakan sesar geser kanan regional di lapangan ini membatasi antara pola struktur yang ada di sayap barat dengan sayap timur sekaligus juga sebagai batas lapangan. Struktur sesar menjadi kompleks yang disebabkan oleh interaksi antara tektonik translasi dan ekstensi. Sesar-sesar tersebut mempunyai dip antara 65° sampai vertikal dengan pergeseran vertikal semu antara 10–100 meter (batas sepuluh kaki merupakan batas minimal yang dapat dipetakan). Pada umumnya sesar mempunyai pergeseran antara 60–120 kaki. Pembentukan struktur, migrasi minyak dan penjebakannya (trapping) terjadi pada Miosen Akhir – Pliosen Awal.

4.2.2 Stratigrafi Geologi

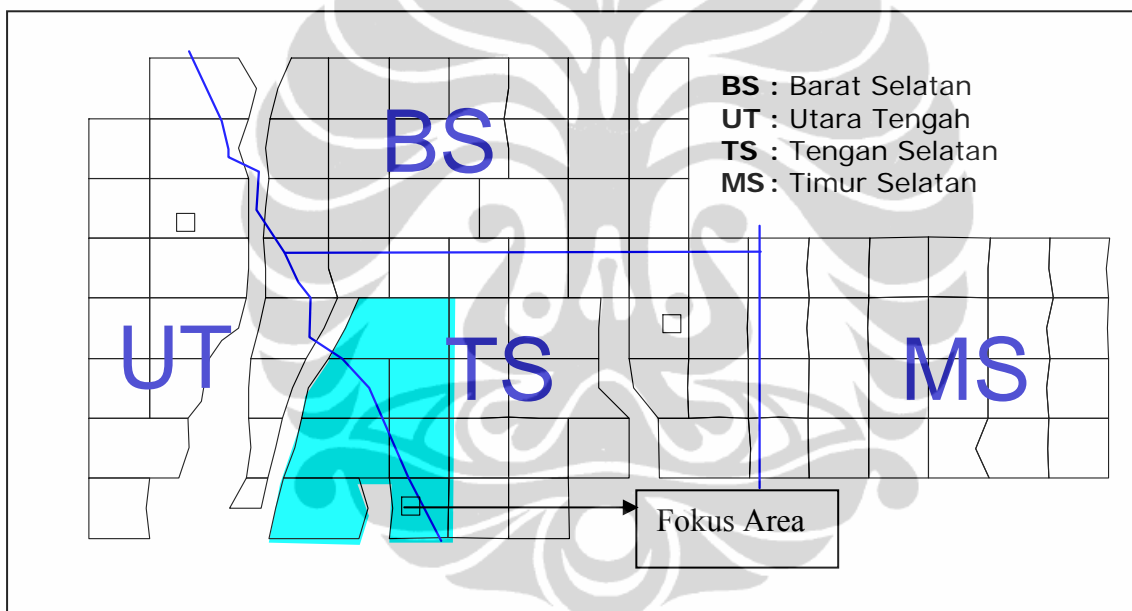
Interval reservoir utama di lapangan "X" adalah lapisan pasir Rindu, Pertama dan Kedua. Reservoir tambahan adalah lapisan pasir Baji, Jaga dan Dalam. Gambar 4.2 menampilkan typical log untuk lapangan Minyak "X".



Gambar 4.2 Typical Log Lapangan Minyak "X", obyek penelitian berada pada formasi Pertama dengan kedalaman antara 500-600 feet.

4.3 Obyek Penelitian

Secara spesifik obyek penelitian akan dibatasi kuadran TS dan sekitarnya seperti Gambar 4.3. Obyek penelitian terletak di Area-D dari lapangan minyak “X” sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.3. Area-D terdiri atas 4 (empat) kuadran yaitu kuadran TS, BS, MS dan UT. Lapisan reservoir yang berkembang di Area-D adalah Rindu dan Pertama sand. Rindu yang berkembang adalah R1 & R5, Pertama yang berkembang adalah P2, P3, P4 & P5. Area-D mempunyai sumur (injeksi dan produksi) yang terpisah untuk reservoir Rindu dan Pertama. Area-D mulai didevelop awal tahun 2000-an. Mulai diproduksi sekitar pertengahan 2001 dan diinjeksi secara *commingle* sekitar awal 2002.



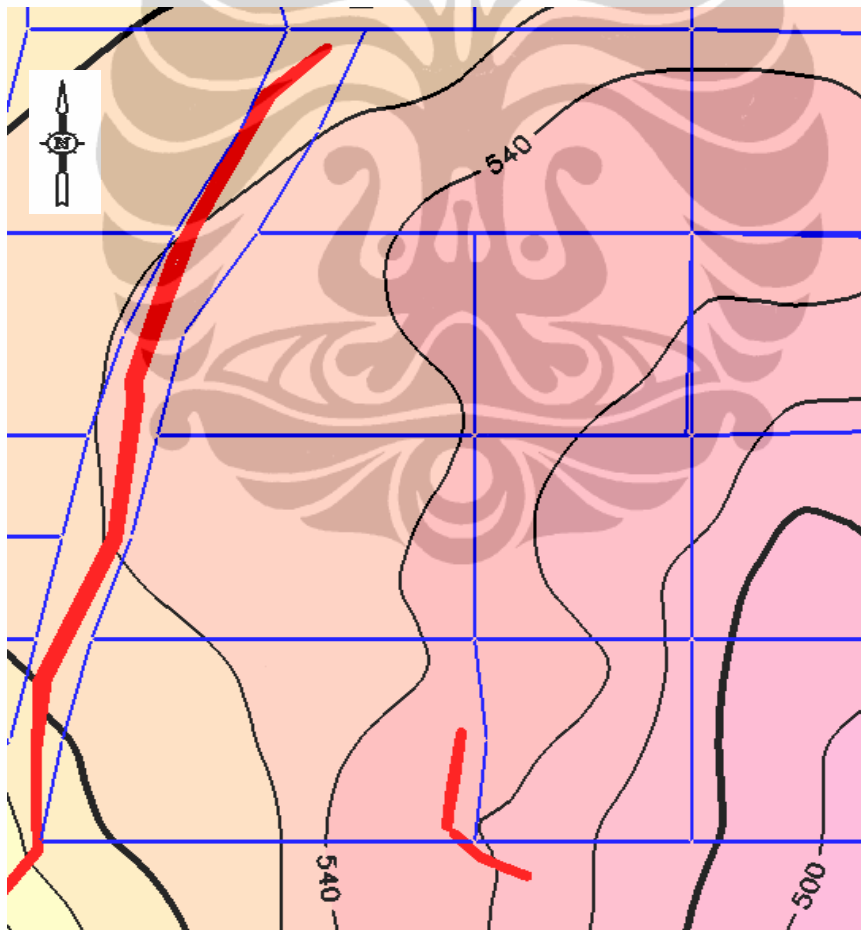
Gambar 4.3 Area-D Lapangan Minyak “X”, fokus penelitian adalah sebanyak 7 *pattern* pada kuadran TS dan UT (daerah berwarna biru).

Secara umum, bentuk *pattern* di Area-D adalah inverted 9 spot, yaitu bentuk *pattern* 9 titik berukuran 15.5 *Acre* dengan satu sumur injeksi ditengah dan dikelilingi oleh 8 sumur produksi. Ada sebagian kecil bentuk *pattern* yang tidak beraturan (bukan 9 titik, berbentuk lebih besar atau tidak berbentuk bujursangkar) yang dibuat untuk menghindari *fault* yang cukup banyak terdapat di Area-D.

Secara spesifik evaluasi *heat control system/heat management* pada penelitian ini akan dibatasi pada fokus area (ditandai dengan warna biru pada Gambar 4.3) untuk lapisan reservoir Pertama di kuadran TS.

4.3.1 Peta Kontur Struktur

Peta kontur struktur atau peta struktur berkontur merupakan peta yang menggambarkan posisi dan konfigurasi dari suatu lapisan terhadap datum tertentu. Datum yang dipakai dalam pembuatan peta kontur struktur adalah muka air laut, dimana tiap-tiap sumur digantung pada kedalaman yang sama. Dengan demikian, peta ini akan memperlihatkan arah penyebaran lapisan batuan dan daerah-daerah yang terkena gejala struktur seperti sesar.



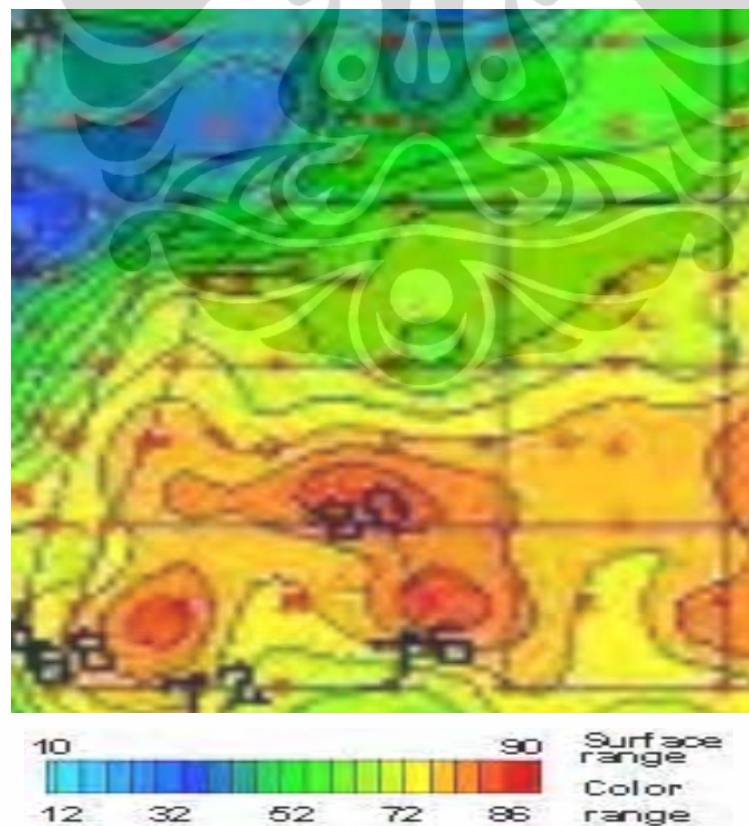
Gambar 4.4 Peta Kontur Struktur Daerah Penelitian. Struktur daerah penelitian berbentuk antiklin dengan puncak diselatan pada kedalaman 500Ft dan makin ke Utara makin curam dengan kedalam 550 ft

Dari Gambar 4.4 memperlihatkan struktur daerah penelitian. Kontras warna makin transparan menunjukkan tingkat kedalaman. Makin transparan menunjukkan makin dalam daerah tersebut. Daerah penelitian merupakan bagian dari struktur antiklin yang terdiri dari beberapa lapisan formasi yaitu Rindu, Pertama, Kedua, Baji, Jaga dan Dalam. Daerah penelitian terletak pada formasi Pertama dengan kedalaman antara 500 ft sampai 600 ft.

Sebelah Barat daerah penelitian, terdapat fault yang ditandai dengan garis warna merah pada Gambar 4.4. Struktur daerah penelitian berbentuk antiklin dengan puncak di sebelah timur. Makin dekat ke arah fault makin dalam.

4.3.2 Peta *Isopach*

Peta isopach adalah peta yang menggambarkan ketebalan-ketebalan dari suatu lapisan atau seri/kumpulan lapisan yang dinyatakan dengan garis-garis kontur dan menggambarkan perubahan secara lateral dari sedimen-sedimen yang diendapkan pada waktu bersamaan.

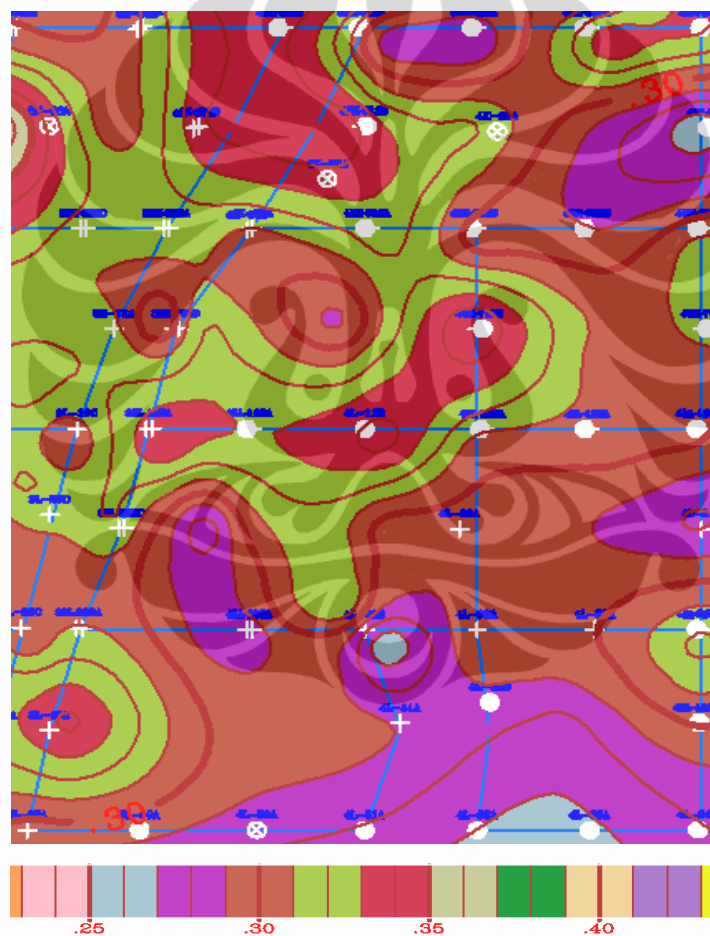


Gambar 4.5 Peta Isopach Pertama.

Dari Gambar 4.5 terlihat bahwa dibagian Selatan daerah penelitian merupakan daerah yang mempunyai kandungan batupasir yang paling bagus daripada daerah lainnya. Peta ini menggunakan skala 10-90%

4.3.3 Peta Porositas

Peta porositas adalah peta yang memperlihatkan kemampuan batuan dalam menyerap dan menyimpan suatu jenis fluida dalam persen. Porositas masing-masing lapisan P2, P3, P4 dan P5 pada formasi Pertama bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar berikut.

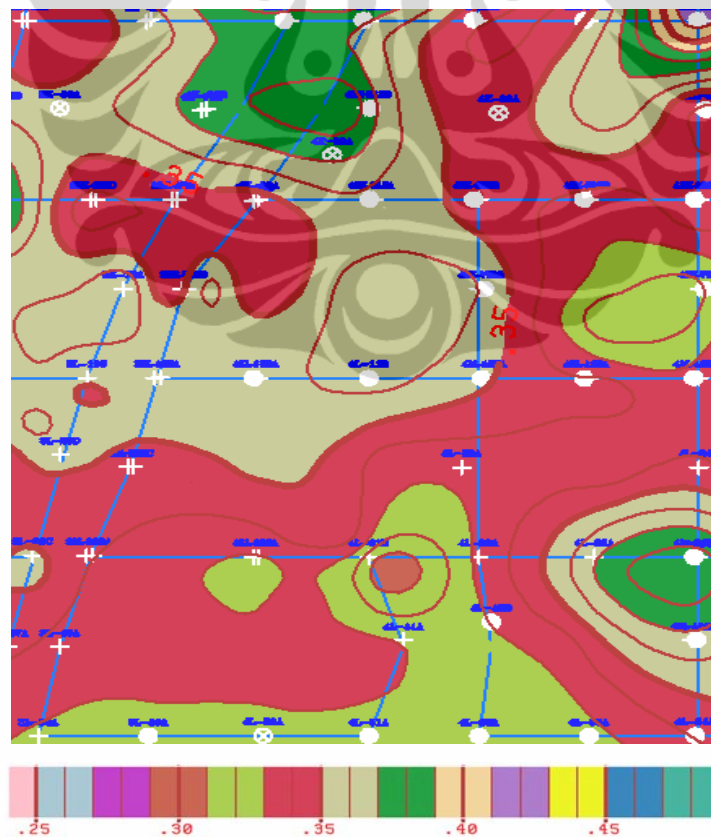


Gambar 4.6 Peta Porositas Pertama Lapisan P2. Pada lapisan ini porositas batuan berkisar antara 28% sampai 35%.

Porositas rata-rata formasi Pertama lapisan kedua (P2) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6 berada pada interval antara 28% sampai 35%. Penyebaran porositas pada masing-masing *pattern* dilapisan P2 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.1. Porositas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P2

No.	<i>Pattern</i>	Porositas Rata-rata
1.	K547	28% - 35%
2.	K529	30% - 35%
3.	K526	31% - 35%
4.	L579	29% - 35%
5.	L576	29% - 33%
6.	L650	29% - 34%
7.	L556	28% - 32%

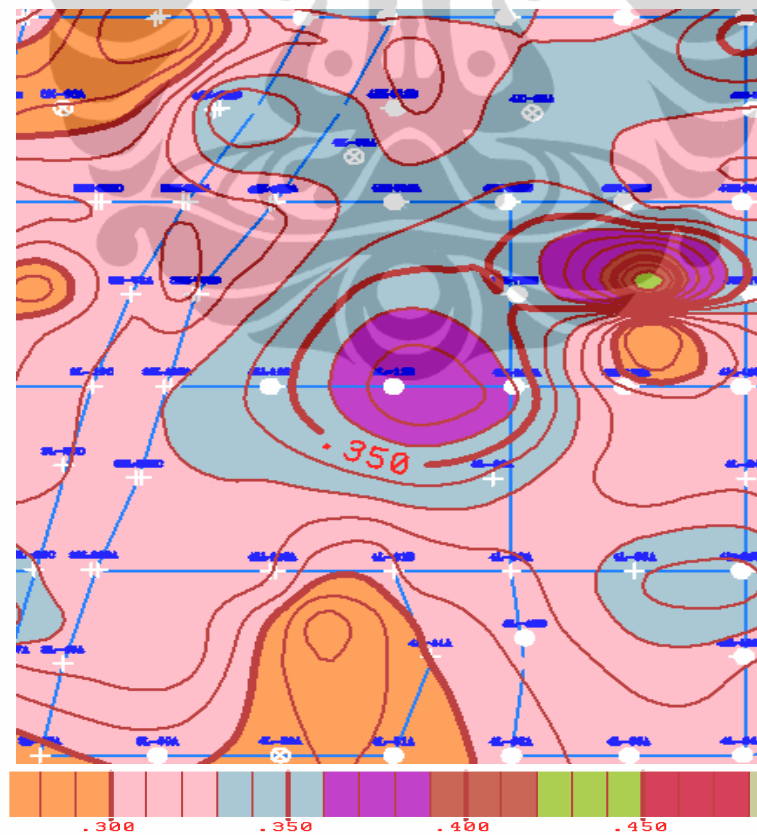


Gambar 4.7 Peta Porositas Pertama Lapisan P3. Pada lapisan ini porositas batuan berkisar antara 32% sampai 39%.

Porositas rata-rata formasi Pertama lapisan ketiga (P3) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7 bervariasi antara 33% sampai 38%. Penyebaran porositas pada masing-masing *pattern* dilapisan P3 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.2. Porositas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P3

No.	<i>Pattern</i>	Porositas Rata-rata
1.	K547	35% - 38%
2.	K529	35% - 37%
3.	K526	32% - 37%
4.	L579	33% - 37%
5.	L576	35% - 38%
6.	L650	33% - 35%
7.	L556	31% - 38%

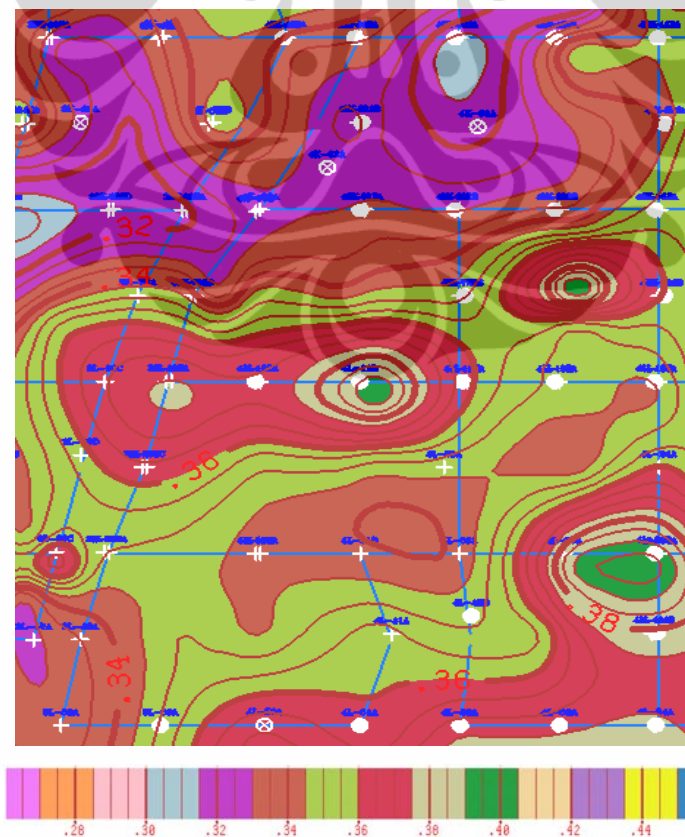


Gambar 4.8 Peta Porositas Pertama Lapisan P4. Pada lapisan ini porositas batuan berkisar antara 30% sampai 39%.

Porositas rata-rata formasi Pertama lapisan keempat (P4) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8 berada pada interval antara 30% sampai 43%. Penyebaran porositas pada masing-masing *pattern* dilapisan P4 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.3. Porositas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P4

No.	<i>Pattern</i>	Porositas Rata-rata
1.	K547	32% - 35%
2.	K529	32% - 38%
3.	K526	30% - 40%
4.	L579	32% - 38%
5.	L576	32% - 35%
6.	L650	30% - 33%
7.	L556	30% - 35%



Gambar 4.9. Peta Porositas Pertama Lapisan P5. Pada lapisan ini porositas batuan berkisar antara 31.5% sampai 39.5%.

Porositas rata-rata formasi Pertama lapisan kelima (P5) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9 berada pada interval antara 31% sampai 40%. Penyebaran porositas pada masing-masing *pattern* dilapisan P5 ditunjukkan pada tabel berikut.

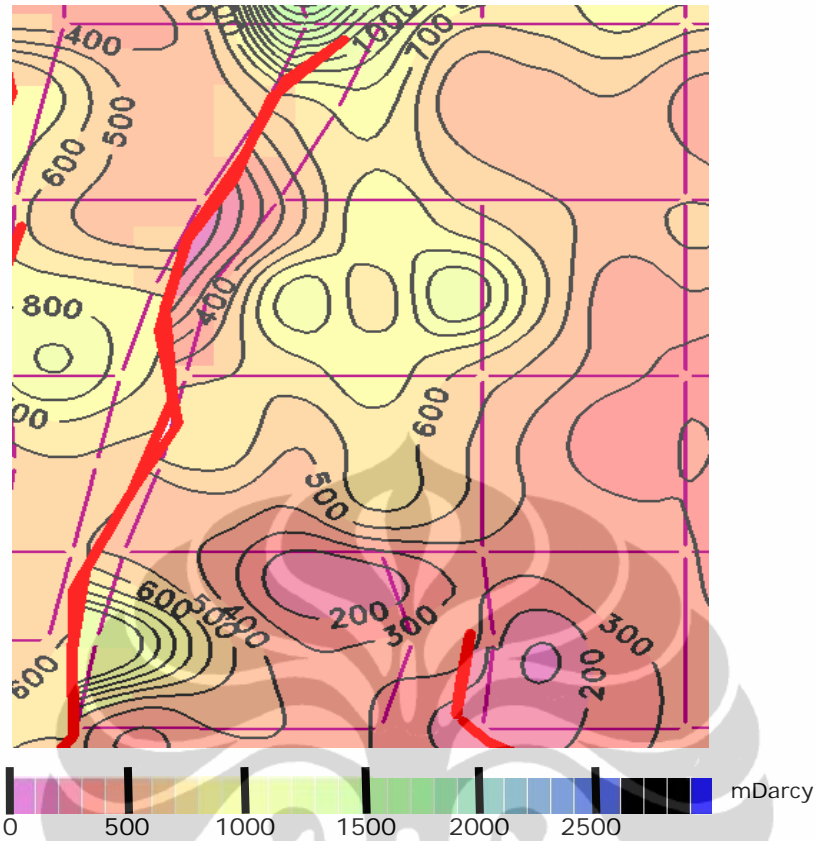
Tabel 4.4. Porositas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P5

No.	<i>Pattern</i>	Porositas Rata-rata
1.	K547	31% - 35%
2.	K529	33% - 37%
3.	K526	35% - 40%
4.	L579	35% - 40%
5.	L576	35% - 40%
6.	L650	35% - 37%
7.	L556	36% - 40%

4.3.4 Peta Permeabilitas

Peta permeabilitas adalah peta yang memperlihatkan tingkat kemampuan suatu batuan dalam meloloskan fluida dalam satuan milidarcy. Tingkat permeabilitas lapisan pada masing-masing lapisan akan berpengaruh ke injection rate pada lapisan tersebut. Demikian juga halnya dengan waktu pembentukan *steam chest*. Makin kecil permeabilitas lapisan makin sedikit *steam* yang dapat dilewatkan sehingga makin lama waktu yang diperlukan untuk pembentukan *steam chest*.

Gambar berikut menunjukkan permeabilitas rata-rata daerah penelitian pada formasi Pertama lapisan kedua (P2), lapisan ketiga (P3), lapisan keempat (P4) dan lapisan kelima (P5).

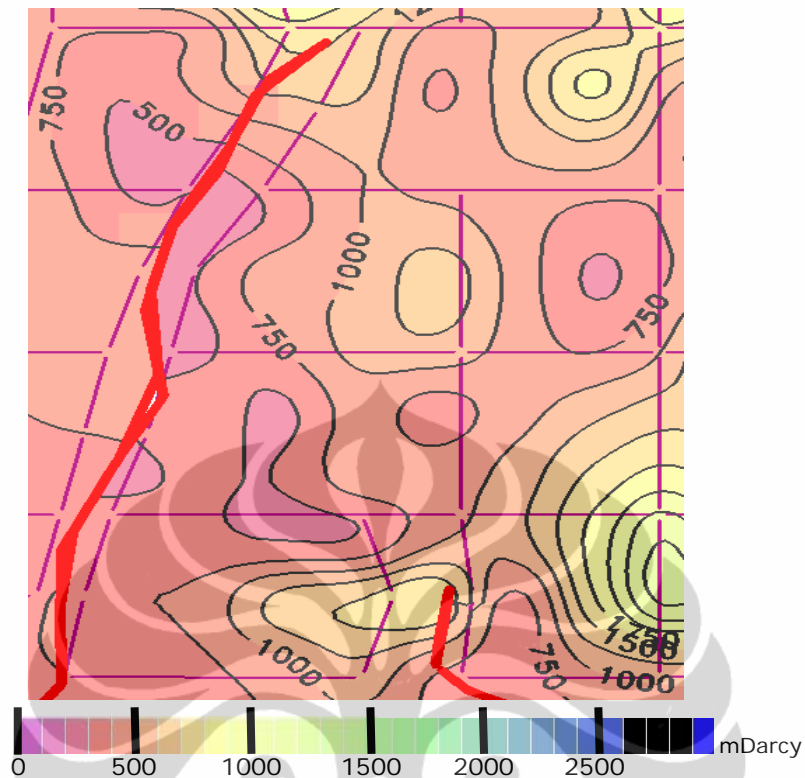


Gambar 4.10 Peta Permeability rata-rata formasi Pertama lapisan kedua (P2). Permeabilitas rata-rata pada lapisan ini berkisar antara 200 mDarcy sampai 700mDarcy.

Dari Gambar 4.10, terlihat bahwa permeabilitas rata-rata formasi Pertama lapisan kedua (P2) bervariasi antara 200 sampai 800 miliDarcy. Permeabilitas rata-rata daerah penelitian dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.5. Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P2

No.	Pattern	Permeabilitas Rata-rata (miliDarcy)
1.	K547	600 - 800
2.	K529	500 - 800
3.	K526	300 - 800
4.	L579	300 - 800
5.	L576	300 - 600
6.	L650	200 - 600
7.	L556	200 - 400

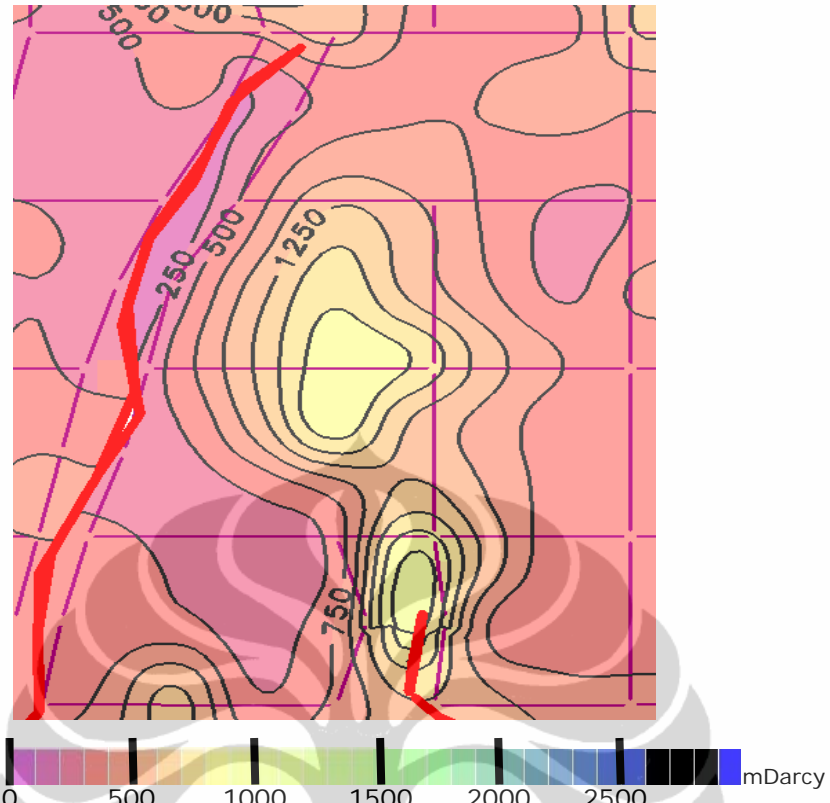


Gambar 4.11 Peta Permeability rata-rata formasi Pertama lapisan ketiga (P3). Permeabilitas rata-rata pada lapisan ini berkisar antara 500-1000 mDarcy

Dari Gambar 4.11, terlihat bahwa permeabilitas rata-rata formasi Pertama lapisan ketiga (P3) bervariasi antara 200 sampai 1500 miliDarcy. Permeabilitas rata-rata daerah penelitian dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.6. Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P3

No.	Pattern	Permeabilitas Rata-rata (miliDarcy)
1.	K547	300 - 900
2.	K529	200 - 750
3.	K526	100 - 600
4.	L579	100 - 500
5.	L576	500 - 1000
6.	L650	300 - 800
7.	L556	300 - 1250

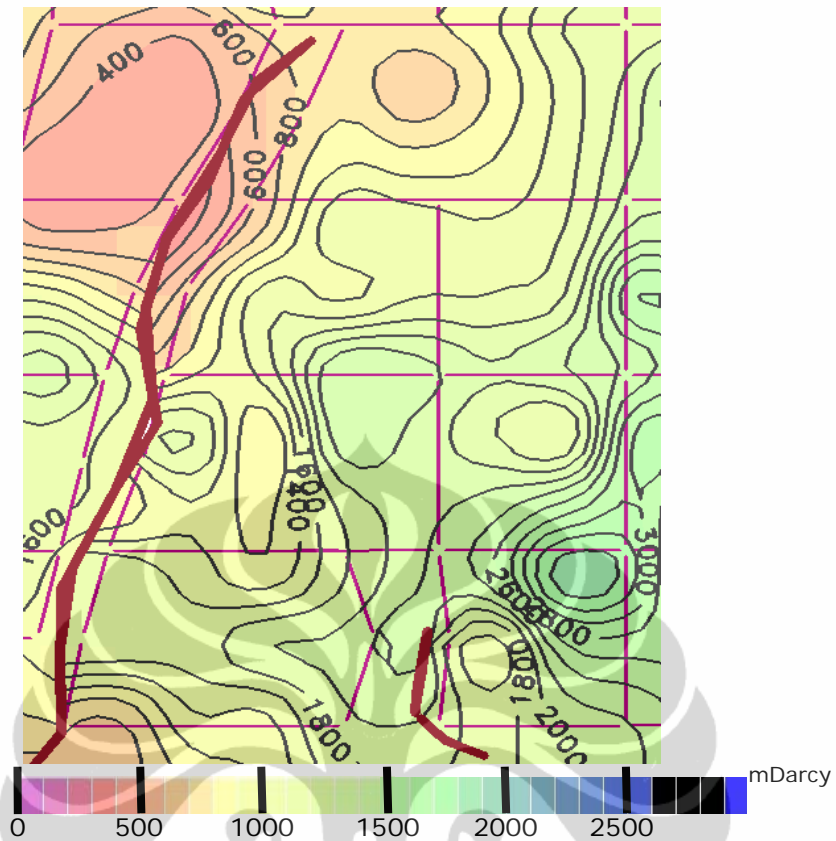


Gambar 4.12 Peta Permeability rata-rata formasi Pertama lapisan keempat (P4). Permeabilitas rata-rata pada lapisan ini berkisar antara 200 mDarcy sampai 1000mDarcy

Dari Gambar 4.12, terlihat bahwa permeabilitas rata-rata formasi Pertama lapisan keempat (P4) bervariasi antara 200 sampai 1500 miliDarcy. Permeabilitas rata-rata daerah penelitian dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.7. Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P4

No.	Pattern	Permeabilitas Rata-rata (miliDarcy)
1.	K547	400 - 1500
2.	K529	400 - 700
3.	K526	200 - 600
4.	L579	200 - 600
5.	L576	400 - 1000
6.	L650	200 - 800
7.	L556	400 - 1250



Gambar 4.13 Peta Permeability rata-rata formasi Pertama lapisan kelima (P5). Permeabilitas rata-rata pada lapisan ini berkisar antara 500 mDarcy sampai 1800mDarcy.

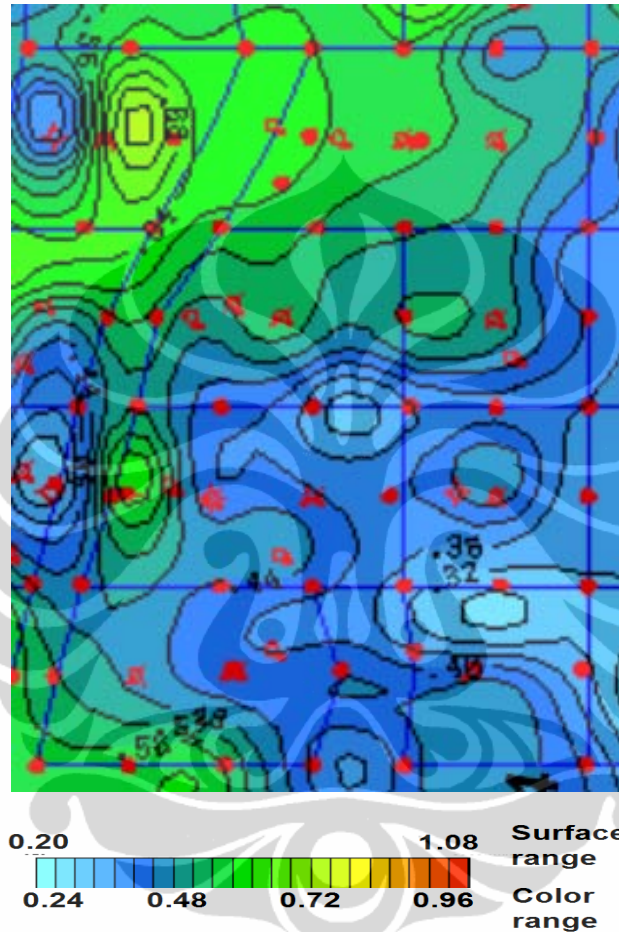
Dari Gambar 4.13 terlihat bahwa permeabilitas rata-rata formasi Pertama lapisan kelima (P5) bervariasi antara 200 sampai 1500 miliDarcy. Permeabilitas rata-rata daerah penelitian dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.8. Permeabilitas rata-rata pada formasi Pertama lapisan P5

No.	Pattern	Permeabilitas Rata-rata (miliDarcy)
1.	K547	400 - 1500
2.	K529	400 - 700
3.	K526	200 - 600
4.	L579	200 - 600
5.	L576	400 - 1000
6.	L650	200 - 800
7.	L556	400 - 1250

4.3.4 Peta Water Saturation (SW)

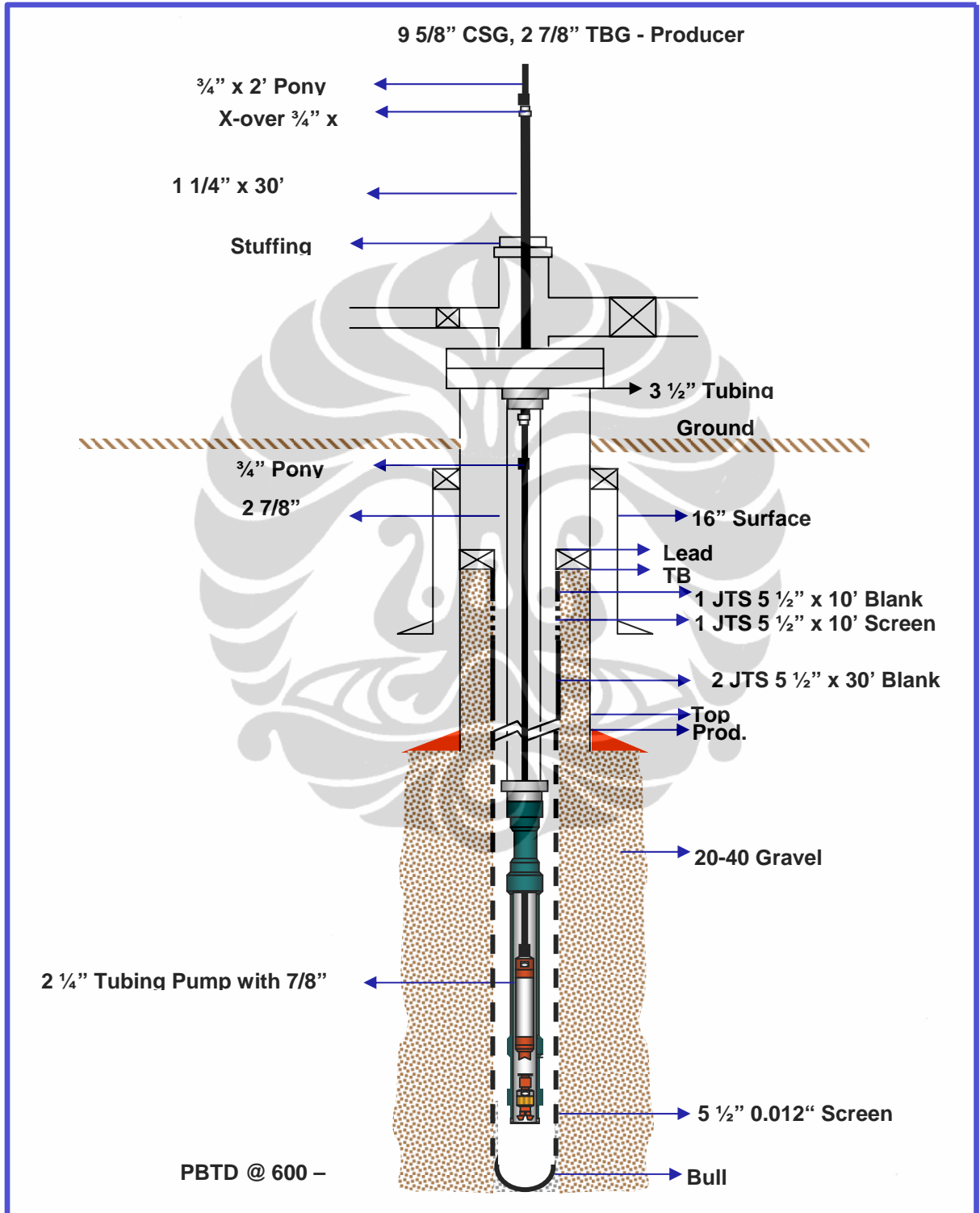
Peta saturasi air adalah peta yang memperlihatkan seberapa tingkat kemampuan batuan dalam persen untuk menyimpan air didalam batuan.



Gambar 4.14 Peta Saturasi Air Pertama. Tingkat saturasi air pada obyek penelitian berada pada kisaran antara 24% sampai 60%.

4.3.5 Typical Sumur Produksi dan Sumur Injeksi

Sumur produksi dikompleksi secara *open-hole gravel pack* di-seluruh lapisan pertama.



Gambar 4.15 Typical Sumur Produksi, yang digunakan dalam mengangkat minyak lengkap dengan bagian-bagian-nya.

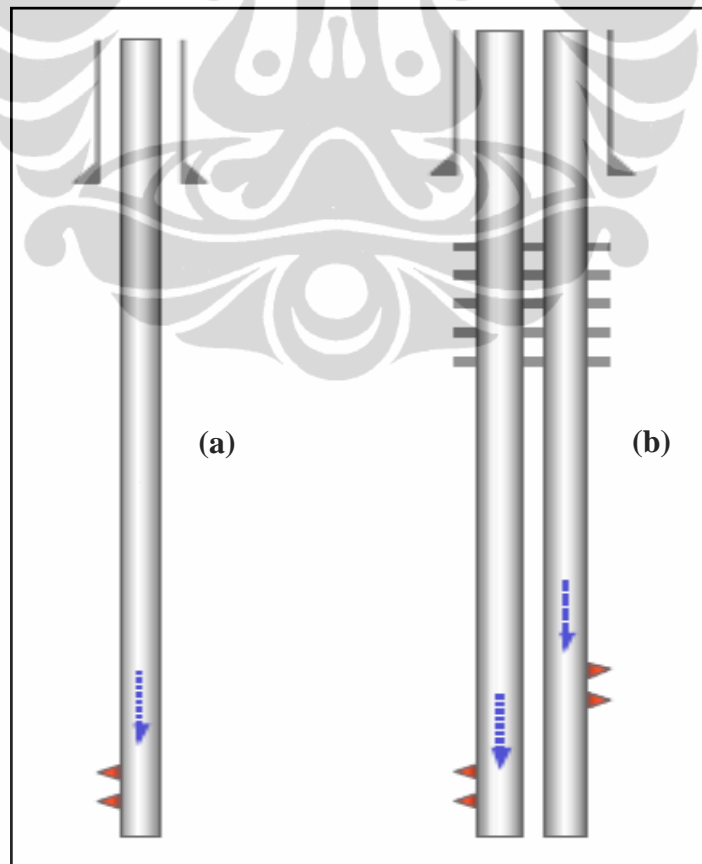
Sumur injeksi dikompleksi menggunakan *casing*. Secara umum terdapat 2 tipe sumur injeksi di-fokus area:

- *Single Slimhole*

3.5" tubing yang disemenkan ke dalam lubang bor (dengan 7" casing di atasnya) dan diperforasi di lapisan yang diinginkan

- *Dual Slimhole*

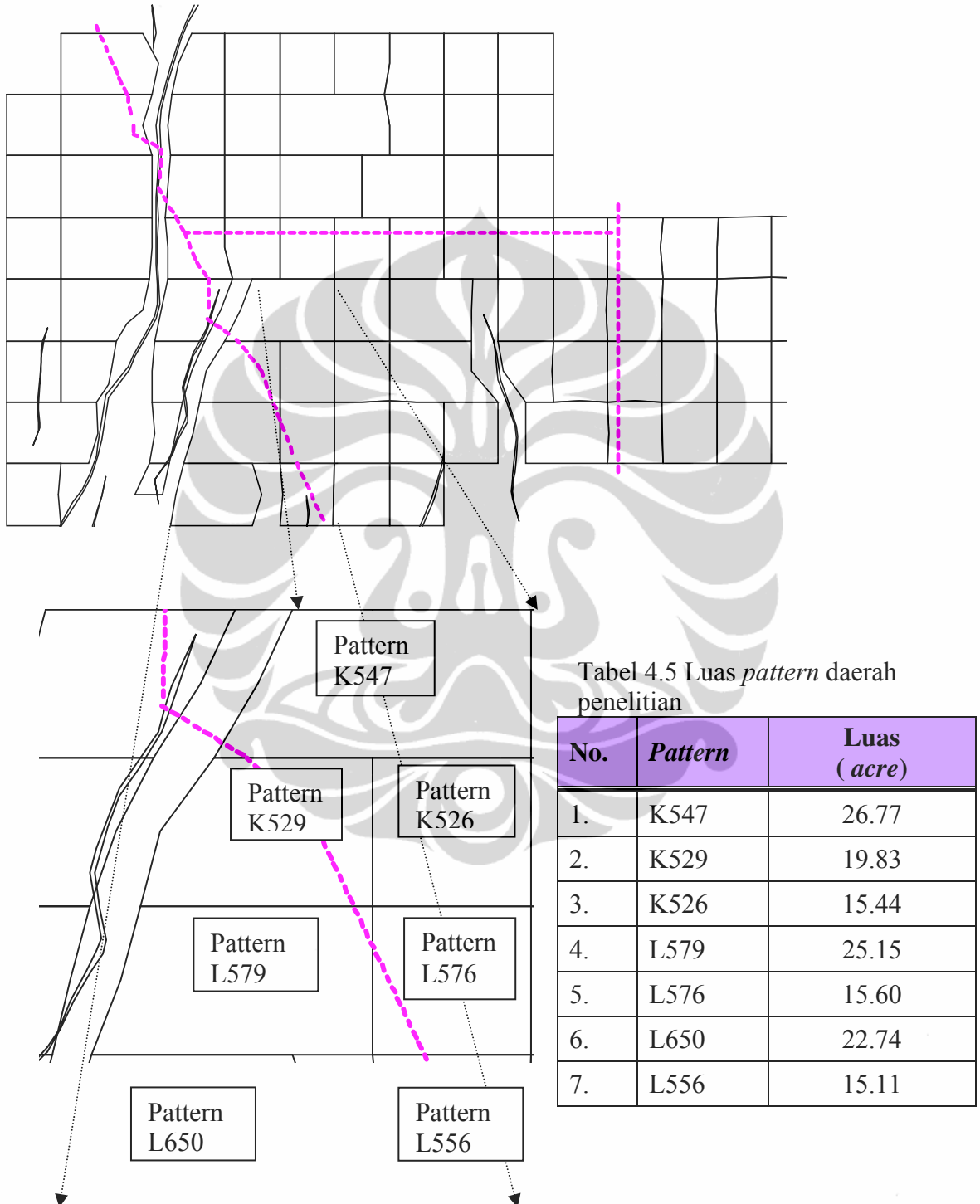
Dua buah 3.5" tubing yang disemenkan ke dalam lubang bor (dengan 9-5/8" casing di atasnya) dan diperforasi dengan ketentuan sebagai berikut: satu *string* digunakan untuk injeksi ke lapisan dengan permeabilitas tinggi, satu *string* digunakan untuk injeksi ke lapisan dengan permeabilitas rendah. Hal ini bertujuan untuk menghindari injeksi secara *commingle* ke lapisan dengan permeabilitas tinggi dan rendah secara bersamaan. Pada sistem injeksi secara *commingle* ke lapisan dengan permeabilitas tinggi dan rendah secara bersamaan, *steam* akan cenderung masuk ke lapisan dengan permeabilitas tinggi saja.



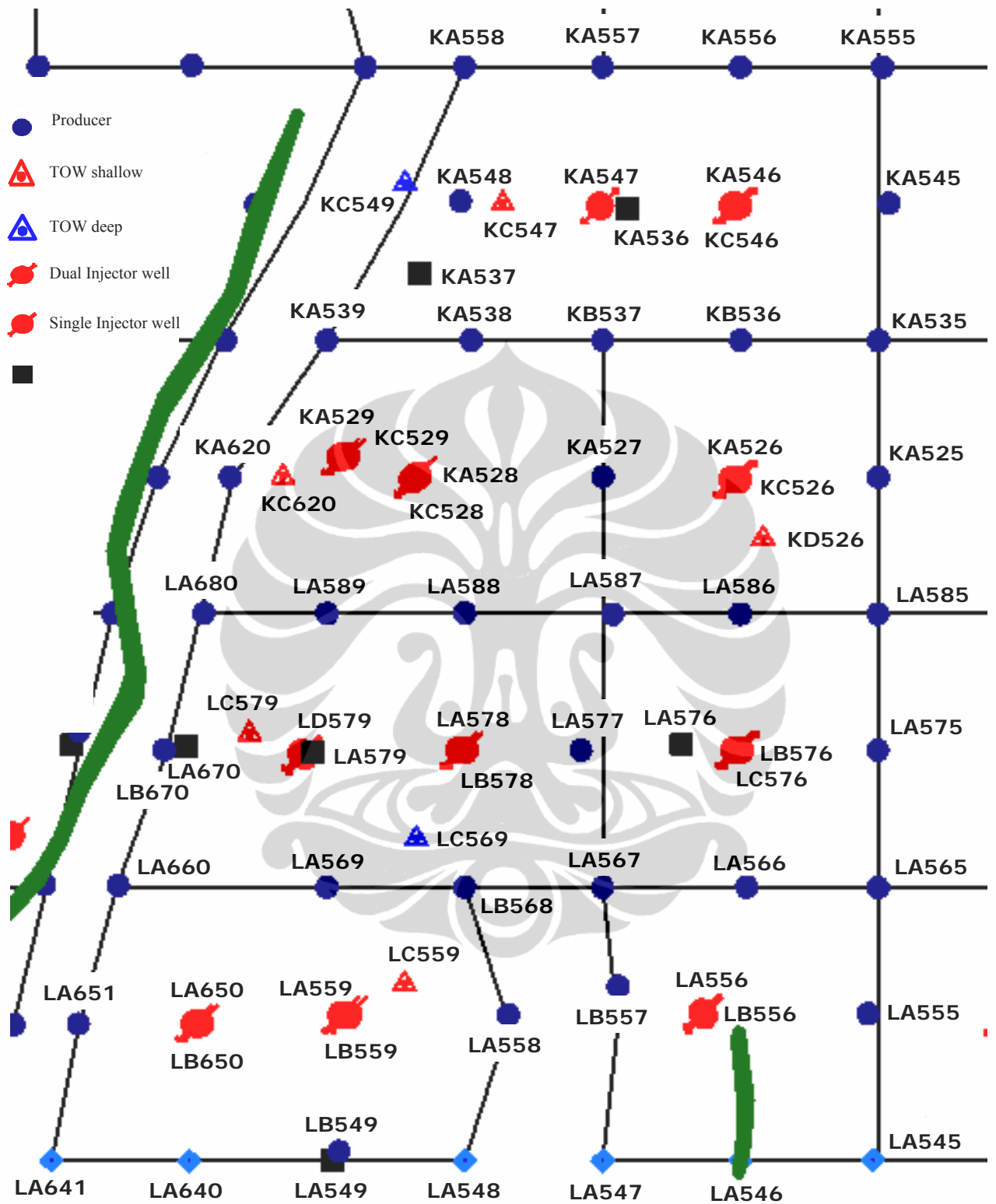
Gambar 4.16 Typical Sumur Injeksi (a) *Single Slimhole* (b) *Dual Slimhole*

4.4 Peta Lokasi Sumur dan *Pattern* Pada Obyek Penelitian

Peta lokasi sumur dan pemagian *pattern* daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.17 Peta *Pattern* pada Obyek Penelitian, berikut luas dari masing-masing *pattern* dalam *acre*.



Gambar 4.18 *Pattern* Obyek Penelitian, memperlihatkan lokasi dan nama sumur yang berada dalam obyek penelitian, meliputi: sumur injeksi, sumur produksi dan sumur observasi.

4.5 Data Lapangan *Pattern* K547

4.5.1 Data Sumur *Pattern* K547

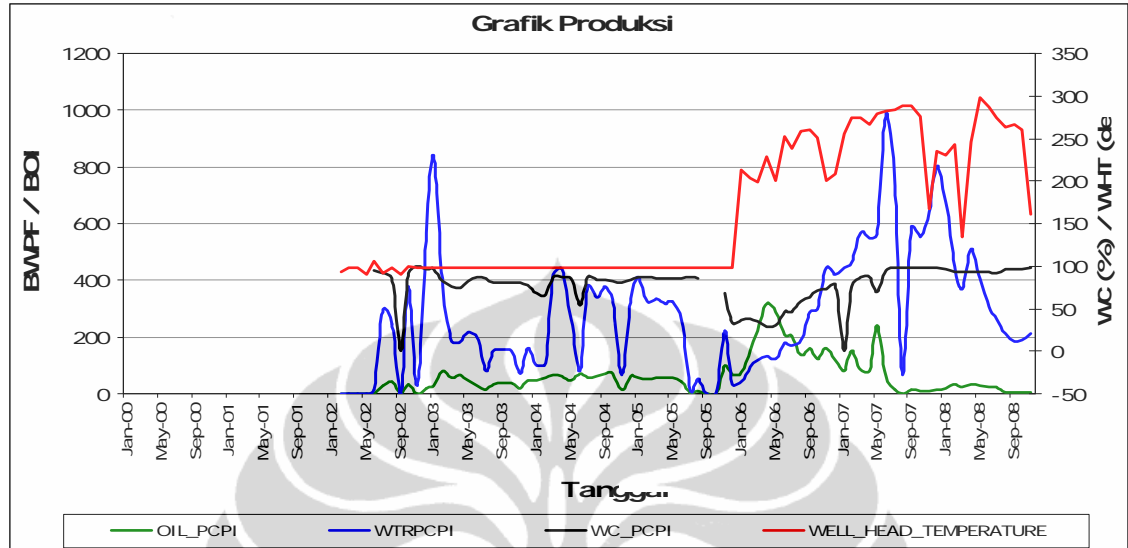
Sumur-sumur ada dalam *pattern* K547 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Sumur pada *Pattern* K547, yang menunjukkan daftar sumur yang menjadi bagian *pattern* tersebut.

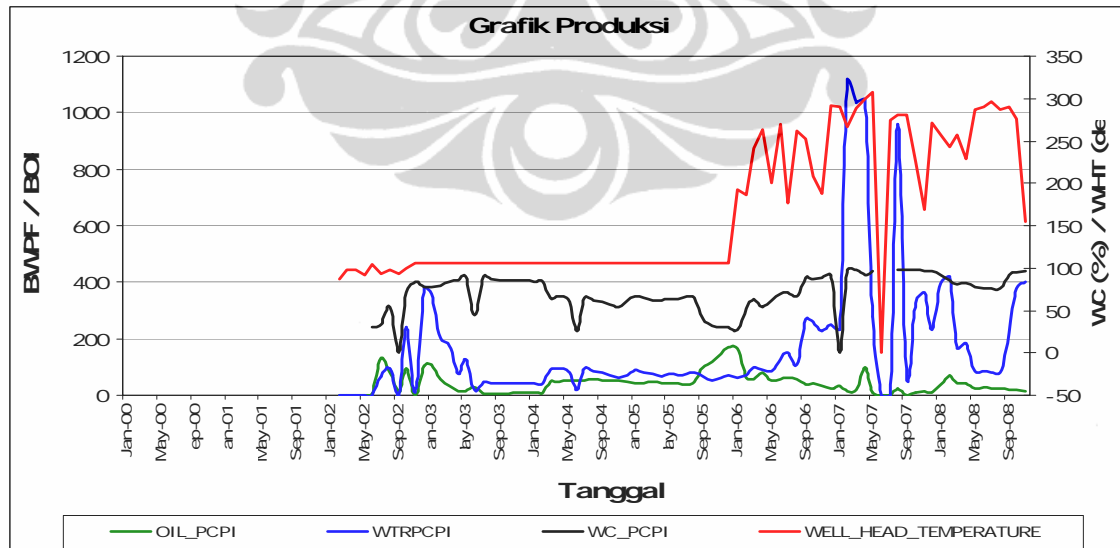
No.	<i>Pattern</i>	Nama Sumur	Jenis Sumur	Formasi
1.	K547	KA535	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
2.	K547	KB536	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
3.	K547	KB537	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
4.	K547	KA538	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
5.	K547	KA539	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
6.	K547	KA545	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
7.	K547	KA548	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
8.	K547	KA555	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
9.	K547	KA556	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
10.	K547	KA557	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
11.	K547	KA546	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
12.	K547	KC546	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
13.	K547	KA547	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
14.	K547	KC547	Sumur Observasi	RPK
15.	K547	KC549	Sumur Observasi	RPK
16.	K547	KC566	Sumur Observasi	RPK

4.5.2 Grafik Produksi *Pattern* K547

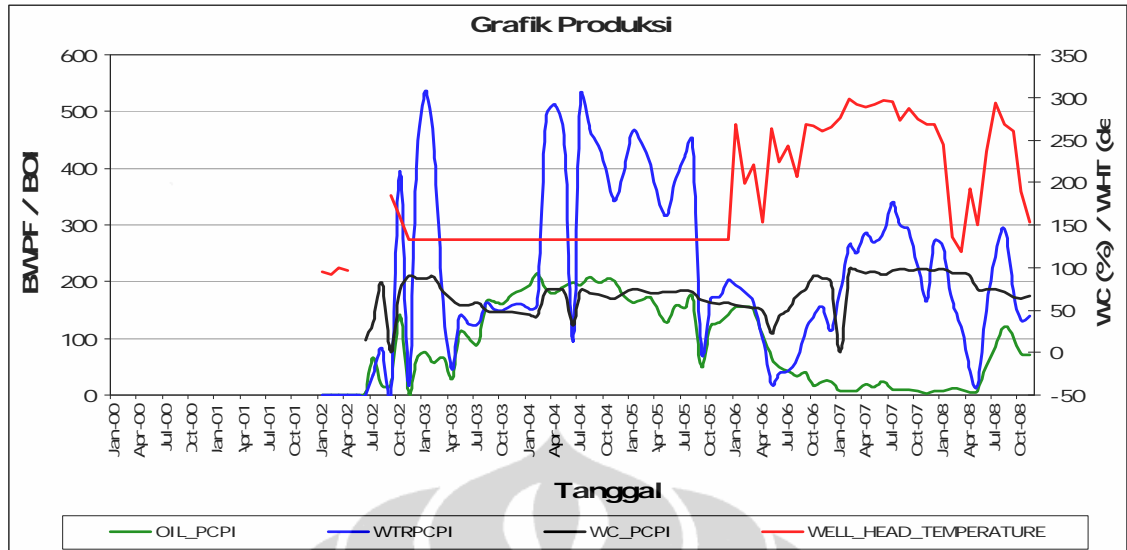
Data produksi (air dan minyak), temperature wellhead, ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar-gambar berikut.



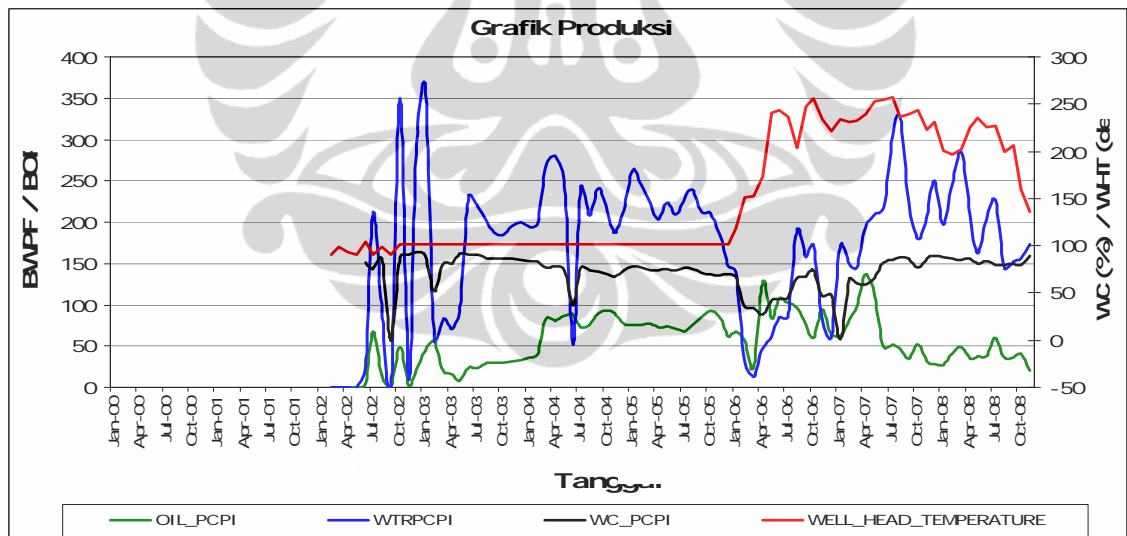
Gambar 4.19 Grafik Produksi Sumur KA535. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* mulai pada kenaikan temperature dan produksi minyak tahun Januari 2006. Penurunan produksi minyak secara drastis mulai September 2008.



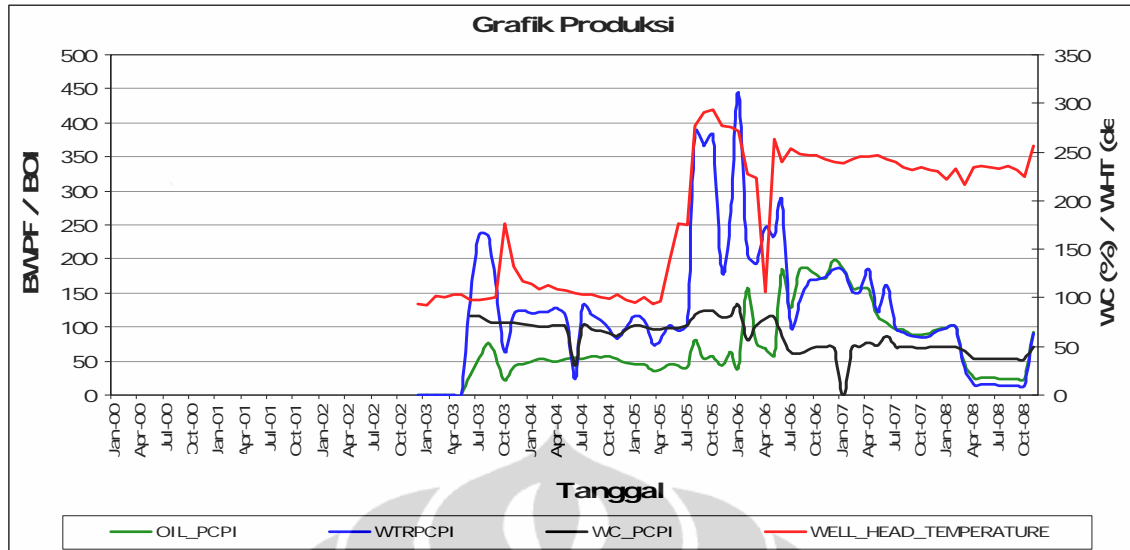
Gambar 4.20 Grafik Produksi Sumur KB536. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* mulai pada kenaikan temperature pada tahun Januari 2006. Pada sumur ini, kenaikan temperature tidak berdampak banyak pada produksi minyak.



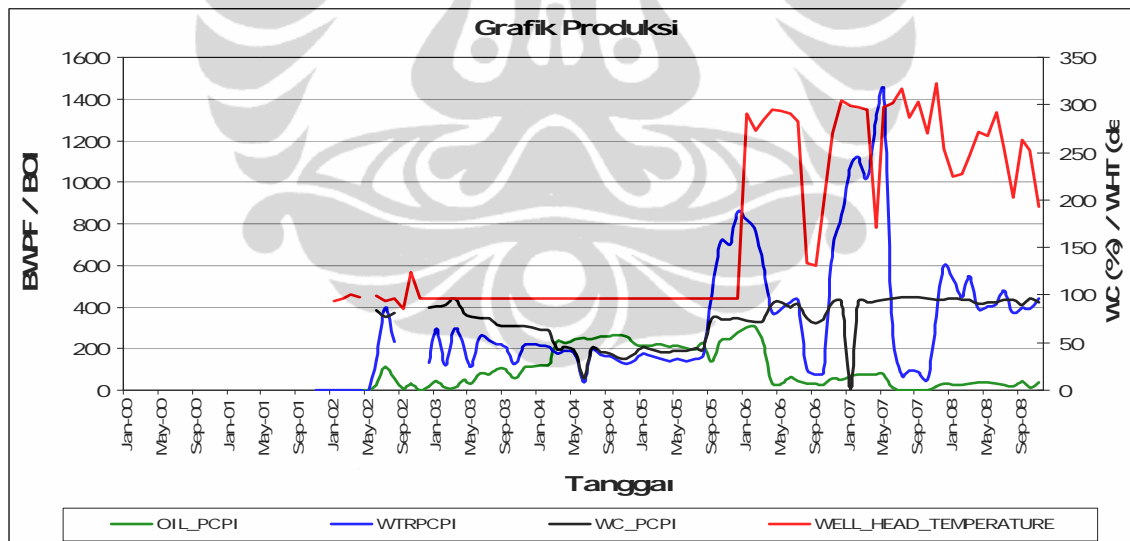
Gambar 4.21 Grafik Produksi Sumur KB537. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* mulai pada kenaikan temperature pada tahun Januari 2006. Pada sumur ini, produksi minyak malah turun pada saat temperature naik. Produksi minyak mulai kembali naik pada pertengahan 2008.



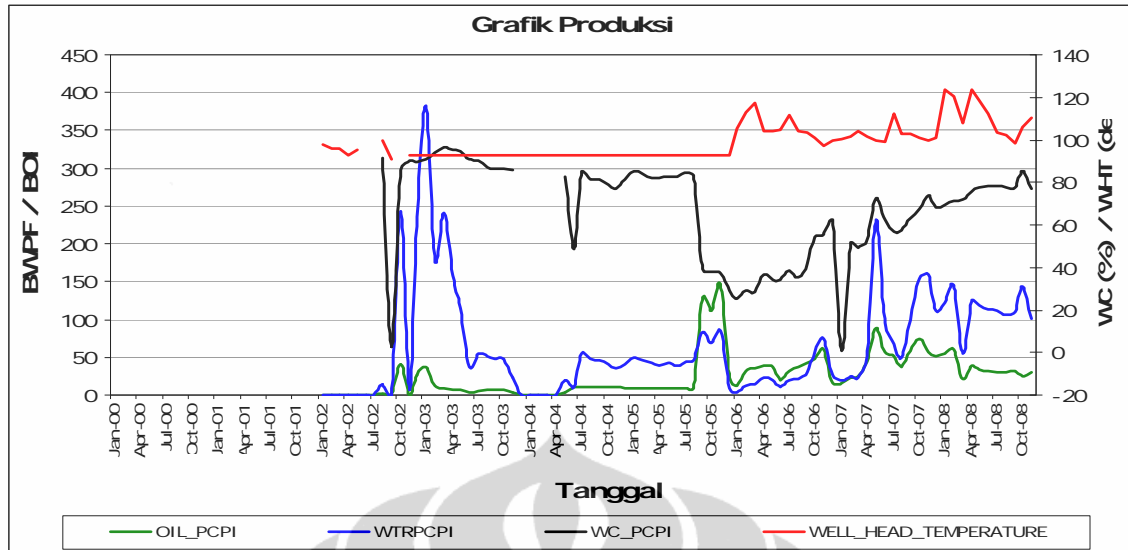
Gambar 4.22 Grafik Produksi Sumur KA538. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terasa pada tahun Januari 2006. Kenaikan temperature tidak berdampak terhadap produksi minyak dimana produksi minyak sudah cukup tinggi sebelum terjadi kenaikan temperature. Penurunan produksi minyak mulai terjadi pertengahan tahun 2007.



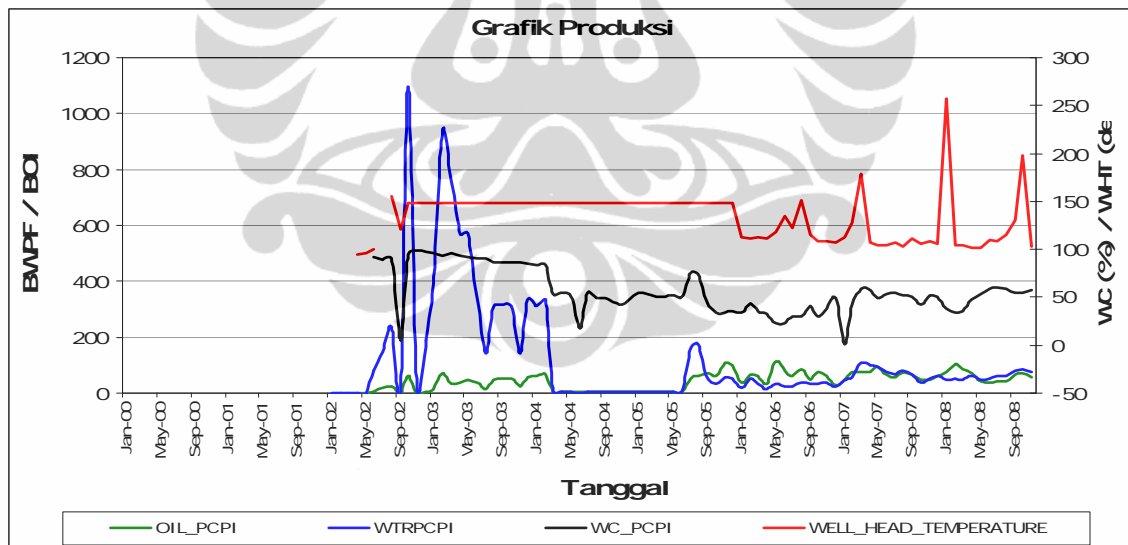
Gambar 4.23 Grafik Produksi Sumur KA539. Sumur ini mulai produksi tahun 2003, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terasa pada tahun Januari 2005. Kenaikan temperature pada Oktober 2003 adalah pengaruh injeksi *steam* secara langsung pada sumur produksi atau Huff & Puff.



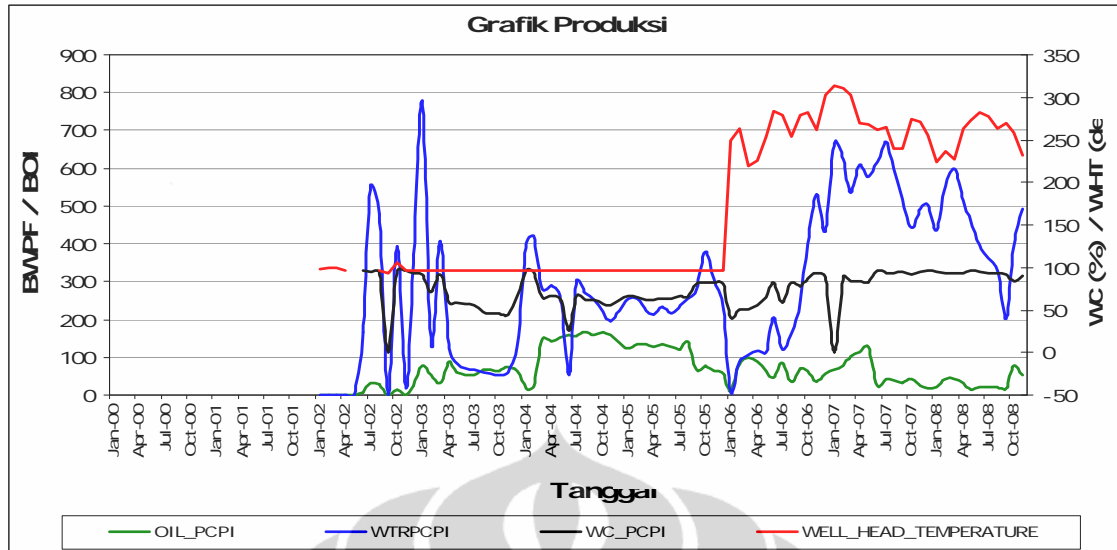
Gambar 4.24 Grafik Produksi Sumur KA545. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terasa pada tahun Januari 2006. Dampak kenaikan temperature terhadap kenaikan produksi minyak hanya berlangsung beberapa bulan selanjutnya produksi minyak turun kembali.



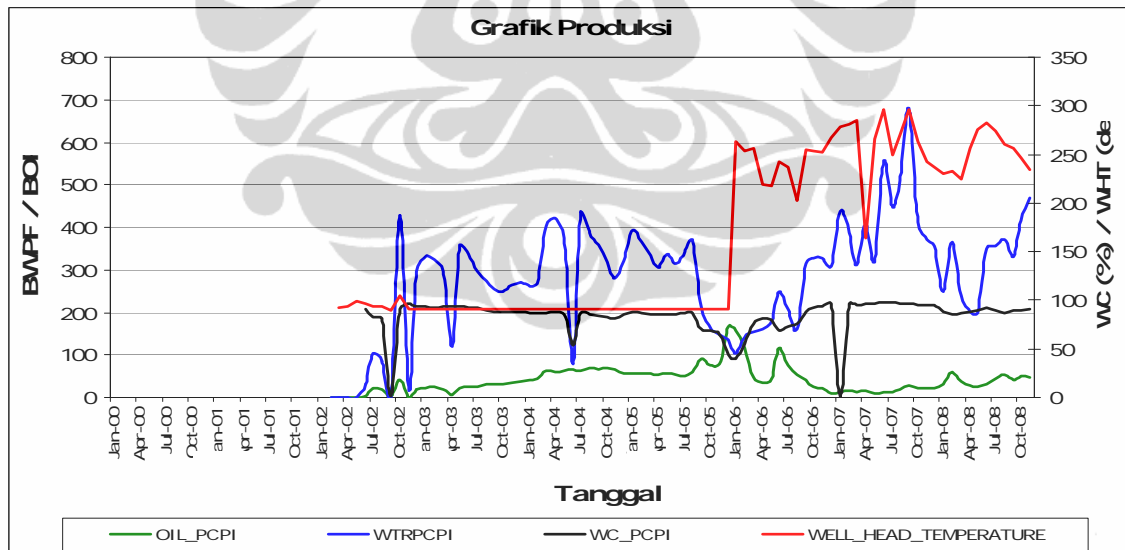
Gambar 4.25 Grafik Produksi Sumur KA548. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature belum terasa sampai pada tahun Januari 2008. Hal ditunjukkan dengan temperature wellhead yang berbeda jauh dengan temperature reservoir.



Gambar 4.26 Grafik Produksi Sumur KA555. Sumur ini mulai produksi tahun 2002 dan sempat terhenti Maret 2004 sampai Juni 2006. Pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature dan kenaikan produksi minyak belum terasa di sumur ini.



Gambar 4.27 Grafik Produksi Sumur KA556. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terasa pada tahun Januari 2006. Kenaikan temperature tidak berdampak terhadap kenaikan produksi minyak. Hal terlihat bahwa produksi minyak lebih besar dibanding dengan produksi minyak setelah temperature naik.



Gambar 4.28 Grafik Produksi Sumur KA557. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terasa pada tahun Januari 2006. Kenaikan temperature tidak berdampak terhadap kenaikan produksi minyak.

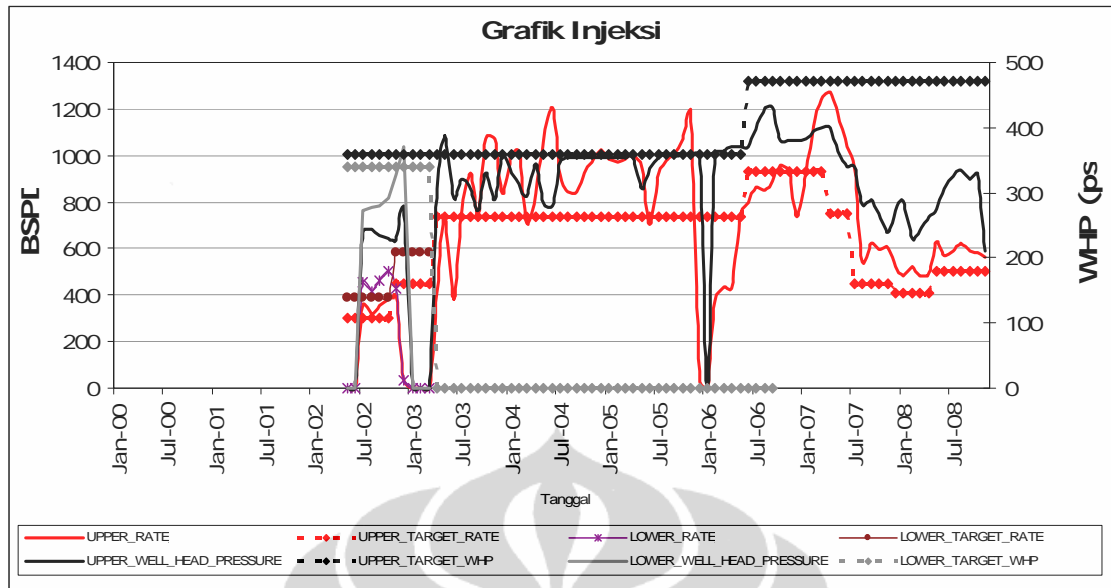
Dari Gambar 4.19 sampai 4.28 terlihat bahwa data produksi dari sumur produksi KA535 dimulai Juni 2002. Minyak direpresentasikan dengan warna hijau, temperature warna merah, air dengan warna hitam dan *water cut* warna hitam. Dari kurva tersebut diatas hanya diperhatikan hubungan antara produksi minyak dengan temperature yang terukur pada kepala sumur.

Sebagaimana ditunjukkan pada semua grafik tersebut diatas, terlihat bahwa diawal produksi temperature yang terukur dikepala sumur adalah konstan pada temperature kurang lebih 100 °F. Temperature yang terbaca pada kepala sumur adalah temperature original formasi dimana pengaruh *steam* belum dirasakan di sumur produksi. Perubahan temperature yang signifikan terjadi pada sebagian besar sumur produksi mulai Januari 2006 yang mencapai kurang lebih 200 °F. Temperature 200 °F menunjukkan *steam* sudah *breakthrough* pada sumur-sumur tersebut. Perubahan temperature tersebut adalah akibat dari *steam* yang diinjeksi ke dalam formasi. Untuk mengetahui temperature yang terukur berasal dari lapisan mana, harus dianalisa distribusi *steam* yang diinjeksi kedalam formasi.

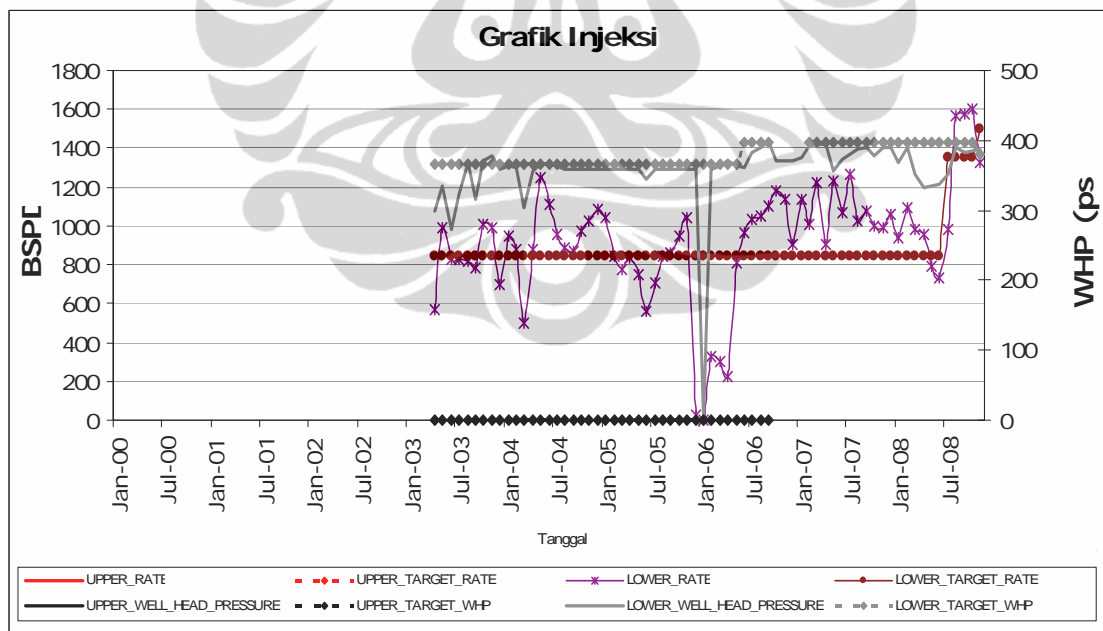
Pengaruh kenaikan temperature terhadap produksi minyak, baru terasa beberapa bulan setelah *breakthrough*. Kemudian produksi minyak akan turun kembali walaupun temperature tetap tinggi yaitu diatas 200 °F. Penurunan produksi tersebut bukan sebagai indikasi kalau cadangan minyak sudah habis, karena data tersebut tidak bisa dipastikan minyak yang sampai ke permukaan berasal dari lapisan formasi yang mana.

4.5.3 Grafik Injeksi *Pattern* K547

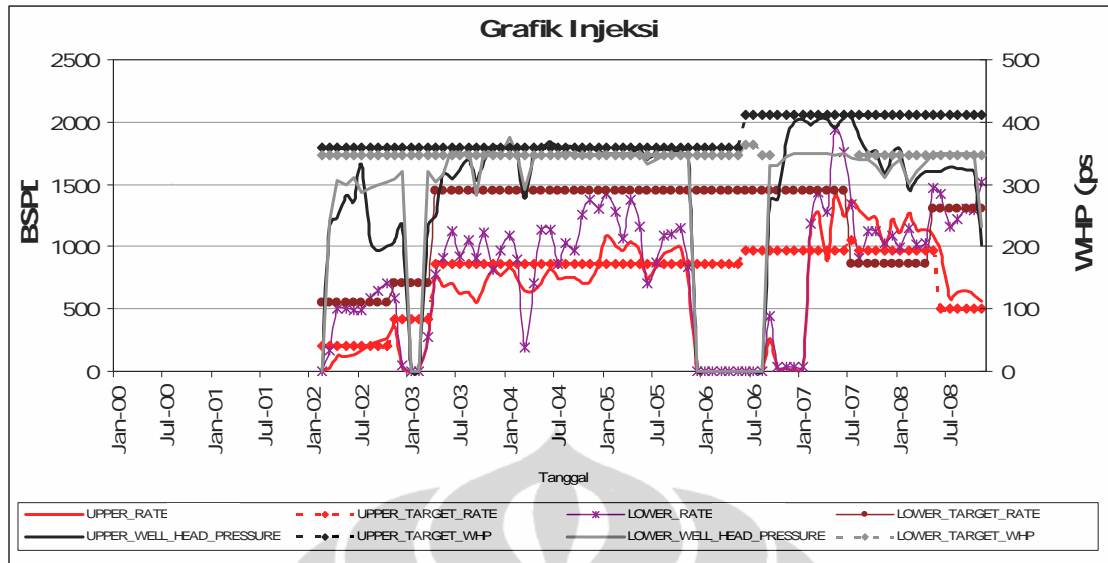
Pattern K547 terdapat dua sumur injeksi, satu tipe dual hole (KA546 dan KC546) dan satu tipe single hole (KA547). Data injeksi *steam* pada masing-masing sumur injeksi *pattern* K547 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.29 Grafik Injeksi pada Sumur Injeksi KA546. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi bervariasi antara 360-470 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 300-900BSPD.



Gambar 4.30 Grafik Injeksi pada Sumur Injeksi KC546. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Batas maksimum tekanan injeksi bervariasi antara 360-400 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 840-1350BSPD.



Gambar 4.31 Grafik Injeksi pada Sumur Injeksi KA547. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*) dan bagian atas (*overburden*). Untuk upper (*underburden*), batas maksimum tekanan injeksi bervariasi antara 360-400 psi dan target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 200-950BSPD. Untuk lower (*overburden*), batas maksimum tekanan injeksi bervariasi antara 350 psi dan target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 550-1450BSPD.

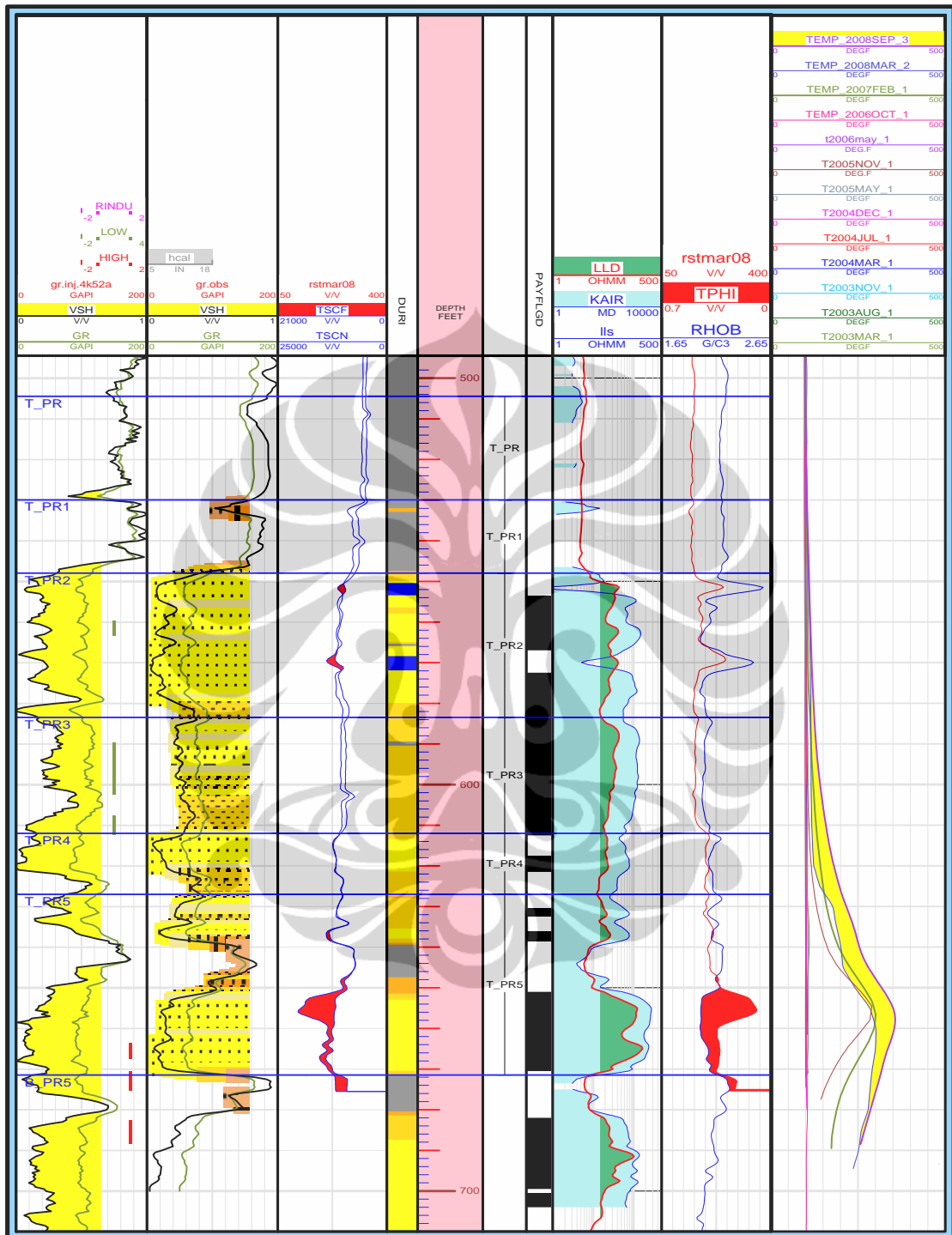
Gambar 4.29 sampai 4.31, menunjukkan target yang ditunjukkan dengan kurva titik-titik dan hasil pembacaan dengan kurva berbentuk garis. Target dan pembacaan *steam* rate kurva berwarna merah dan ungu. Target dan pembacaan wellhead pressure kurva berwarna hitam dan abu-abu. Target dalam kurva tersebut diatas bukan sebagai nilai yang harus dicapai tetapi menunjukkan batasan nilai yang tidak boleh dilampaui.

Injeksi *steam* pada sumur KA546 ditujukan ke upper (*overburden*) dari lapisan formasi. *Steam* target rate berbeda-beda yaitu pada interval 300 BSPD sampai 500 BSPD dalam rentang waktu antara tahun 2002 sampai tahun 2008. Injection rate dan tekanan wellhead fluktuatif. Bulan Januari-Maret 2003 dan January 2006 injeksi *steam* terhenti, hal ini diindikasikan dengan jumlah injection rate sebesar 0 BSPD atau tidak ada injeksi *steam*.

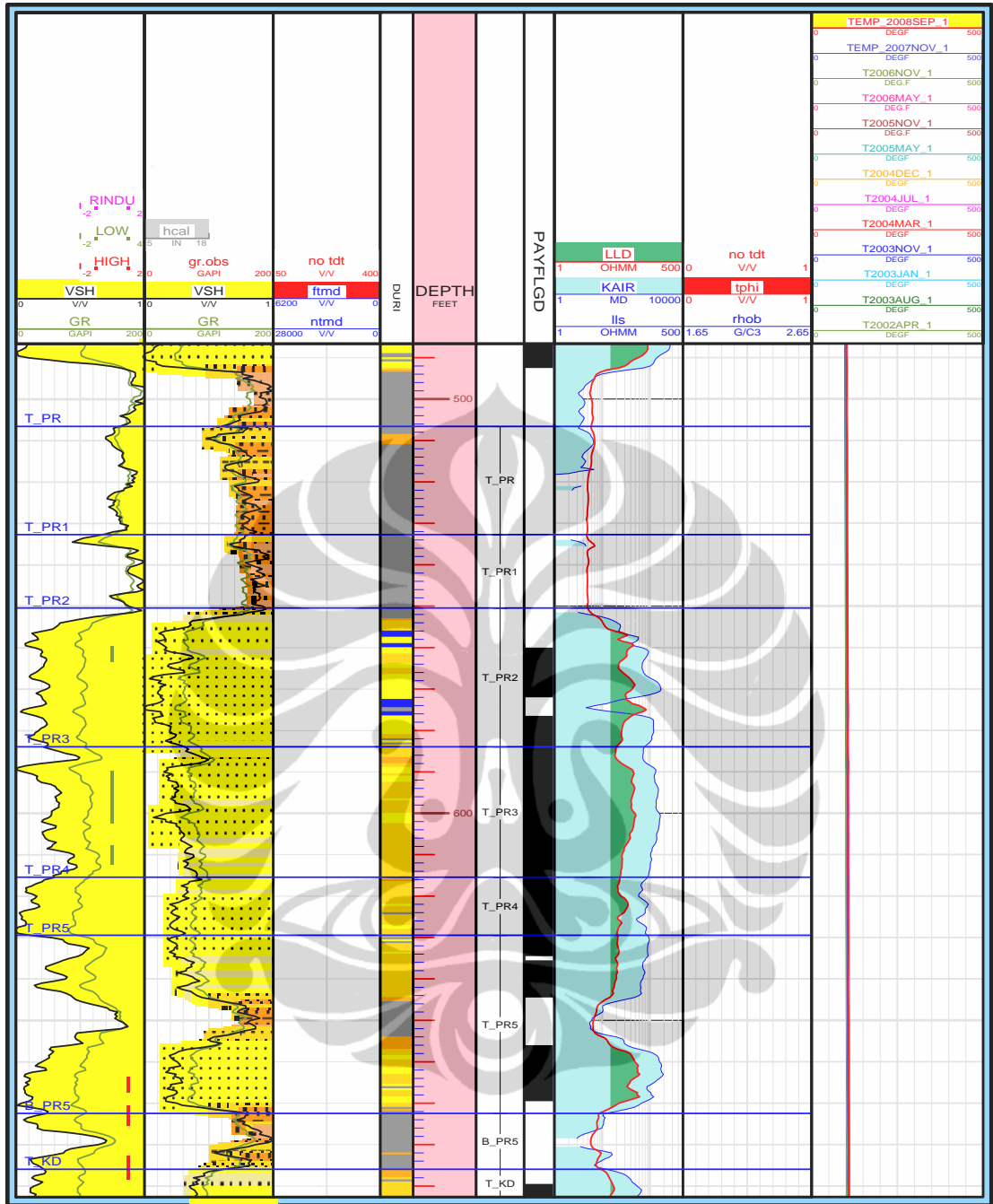
Injeksi *steam* pada sumur KC546 ditujukan ke upper (*overburden*) dari lapisan formasi. *Steam* target rate berbeda-beda yaitu pada interval 300 BSPD sampai 500 BSPD dalam rentang waktu antara tahun 2002 sampai tahun 2008. Injection rate dan tekanan wellhead fluktuatif. Bulan Januari-Maret 2003 dan January 2006 injeksi *steam* terhenti, hal ini diindikasikan dengan jumlah injection rate sebesar 0 BSPD.



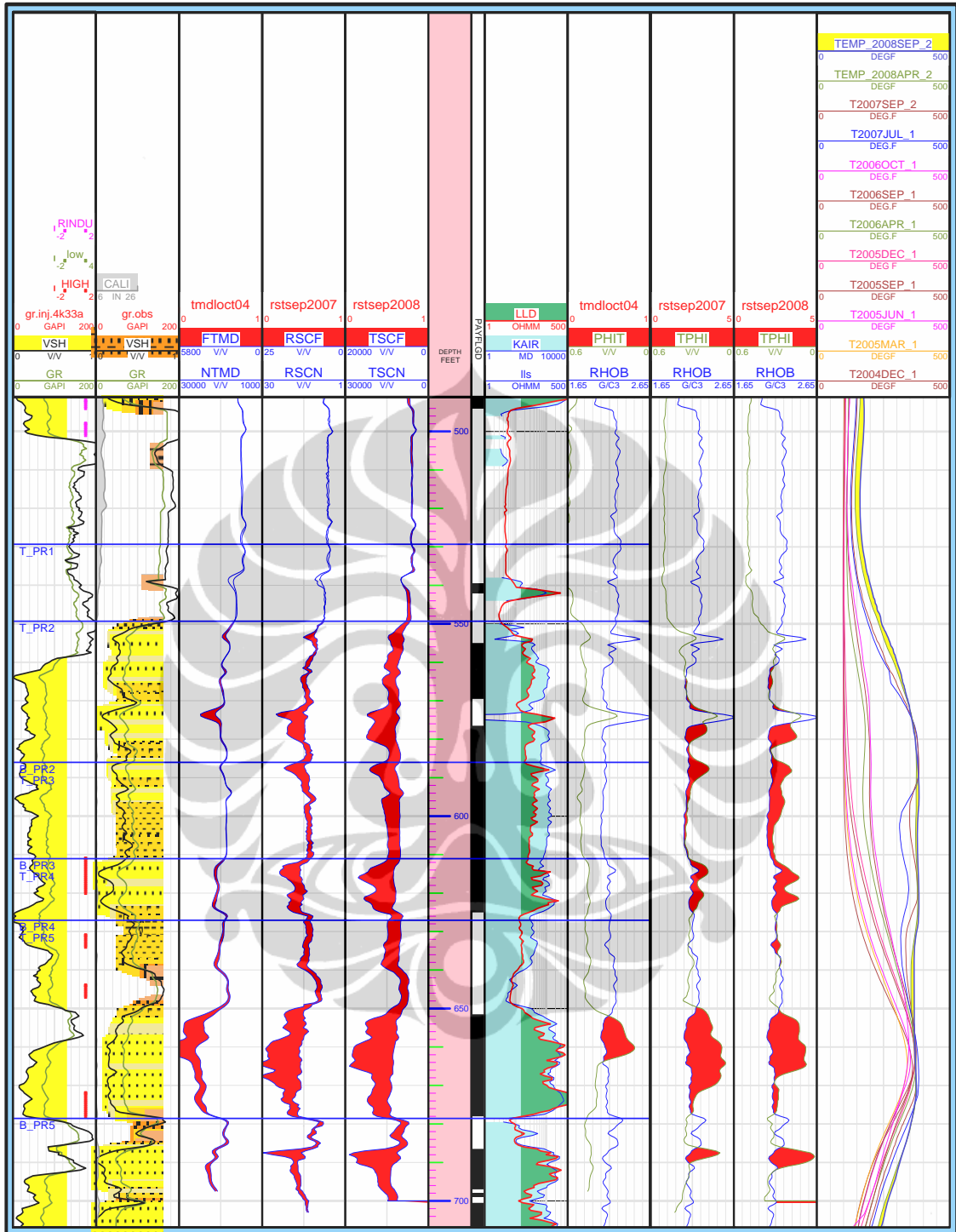
4.5.4 Data Logging Pattern K547



Gambar 4.32 Logging pada sumur observasi KC547. Temperature pada lapisan P5 sudah mulai berkembang sebagai diperlihatkan oleh log temperature pada kolom paling kanan. Hal ini seiring dengan keberadaan *steam* di lapisan tersebut pada kedalaman 650-670ft sebagaimana diperlihatkan oleh *Steam ID log*, kolom kedua dari kanan.



Gambar 4.33 Logging pada sumur observasi KC549. Temperature pada sumur ini tetap 110 °F sebagaimana ditunjukkan pada log paling kanan. Temperature tersebut merupakan temperature original reservoir.



Gambar 4.34 Logging pada sumur observasi KC566. Sumur observasi ini terletak diluar *pattern* K547 bagian Utara dan kasus ini digunakan sebagai pembanding dalam evaluasi tingkat kematangan *pattern* K547.

Data logging pada *pattern* K547 diambil dari tiga sumur observasi KC566, KC547 dan KC549. Sumur observasi KC566 terletak di sebelah Utara di luar *pattern* K547. Sumur observasi KC549 terletak disebelah Barat *pattern* K547 dan berbatasan dengan fault. Keberadaan sumur observasi tersebut adalah untuk memantau kemungkinan *steam* masuk ke fault yang berakibat *steam* injection tidak efisien. Dari data di sumur KC549, *steam ID log* tidak mengindikasikan adanya *steam*. Hal ini seiring dengan indikasi temperature yang tidak mengalami perubahan.

Dari sumur observasi KC547 terlihat bahwa *steam* terlihat pada kedalaman 650ft sampai 670ft pada lapisan P5. Keberadaan *steam* ini ditunjukkan oleh cross over log neutron (kurva merah) dengan log density (kurva biru), dimana apabila terdeteksi adanya *steam* maka log neutron akan mengecil demikian juga halnya dengan log density yang mengecil. *Steam ID log* baru dimulai pada tahun 2008, yaitu setelah temperature mulai mencapai 350 °F.

Kenaikan temperature di lapisan P3, P4 dan P5 tanpa adanya *steam* di daerah tersebut adalah karena adanya perpindahan panas batuan reservoir secara konduksi. Walaupun temperature pada lapisan P5 belum matang karena pertumbuhan temperature masih terus berlangsung.

Sumur observasi KC566 walupun temperature yang terukur di sumur tersebut sudah menunjukkan kematangan, namun hasil tersebut harus dipastikan dengan analisa distribusi *steam*.

4.5.5 Data Spinner Pattern K547

Pengambilan data *spinner* pada *pattern* K547 dilakukan di tiga sumur injeksi (KA546, KA547 dan KC546). Logging dilaksanakan setiap tahun mulai tahun 2003 sampai 2008. Hasil pengukuran pada masing-masing sumur injeksi diperlihatkan dalam tabel-tabel berikut.

Tabel-tabel hasil pengukuran memperlihatkan prosentasi distribusi *steam* yang diinjeksikan ke masing-masing lapisan. *Steam* pada sumur KA546 diinjeksi ke

lapisan P5. KA547 ditujukan ke lapisan P2, P3, P4, P5 dan K. Demikian juga halnya dengan sumur injeksi KC546 diarahkan kelapisan P2, P3, P4, P5 dan K.

Tabel 4.7 *Spinner* Sumur Injeksi KA546 *Pattern* K547. Nampak bahwa *steam* yang diinjeksi ke lapisan P5 bagian bawah (*underburden*).

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	04 Feb 2004	04 Nov 2004	12 Jul 2005	08 Dec 2006	
1.	PK-High	P5	665	671	7	20.8%	25.0%	34.9%	31.8%	29.6%
2.	PK-High	P5	675	678	4	35.8%	37.4%	15.7%	25.9%	20.0%
3.	PK-High	K	681	687	7	43.4%	37.6%	49.4%	42.3%	50.4%

Tabel 4.8 *Spinner* Sumur Injeksi KC546 *Pattern* K547. Nampak bahwa *steam* yang diinjeksi ke lapisan P2, P3, P4 dan P5 bagian atas (*overburden*).

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	07 Jul 2003	31 Oct 2003	23 Oct 2003	27 May 2005	17 Mar 2006	22 Jul 2008
1.	PK-Low	P2	558	564	7	31.5%	20.2%	22.9%	22.9%	21.3%	24.4%
2.	PK-Low	P3	590	602	13	24.3%	15.3%	27.2%	27.2%	30.5%	42.4%
3.	PK-Low	P4	610	614	5	36.1%	31.8%	34.6%	34.6%	22.4%	19.8%
4.	PK-Low	P5	627	632	6	8.2%	32.6%	15.3%	15.3%	25.8%	13.4%

Sumur injeksi KA546 dan KC546 terletak dalam satulubang sumur, namun menggunakan tubing yang berbeda dalam menginjeksikan *steam* kedalam reservoir. Sumur KA546 digunakan untuk menginjeksi *steam* hanya ke lapisan P5, sedangkan *steam* yang diinjeksi melalui sumur KC546 didistribusi ke lapisan P2, P3, P4 dan P5.

Zona high pada table tersebut diatas menunjukkan zona dengan tekanan yang lebih tinggi pada lapisan tersebut akibat perbedaan kedalaman. Makin dalam maka tekanan pada reservoir tersebut makin tinggi. Zona high berada pada daerah *underburden* dari suatu lapisan. Demikian halnya dengan zona low adalah bagian dari lapisan dengan tekanan yang lebih rendah atau dikenal dengan *overburden*.

Dari Table 4.7 terlihat bahwa *steam* diinjeksi hanya ke formasi Pertama P5 dan Kedua. Persentase distribusi hampir merata ke kedua lapisan tersebut, yaitu ke lapisan bawah masing-masing formasi. Sedangkan dari Tabel 4.8 *steam* dari sumur KC547 diinjeksi formasi Pertama.

Tabel 4.9 *Spinner* Sumur Injeksi KA547 *Pattern* K547. Dari tabel terlihat bahwa *steam* yang diinjeksi ke lapisan P2, P3, P4 bagian atas (*overburden*) dan lapisan P5 bagian bawah (*underburden*).

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	21 Aug 2003	04 Feb 2004	04 Nov 2004	12 Jul 2005	08 Dec 2006	
1.	PK-Low	P2	560	563	4	23.8%	15.2%	15.1%	14.1%	5.2%	9.0%
2.	PK-Low	P3	590	595	6	45.7%	58.4%	38.7%	64.4%	58.1%	54.0%
3.	PK-Low	P4	608	612	5	30.5%	26.4%	46.2%	21.5%	36.7%	37.0%
4.	PK-High	P5	664	667	4	31.4%	28.7%	21.3%			
5.	PK-High	P5	672	675	4	21.4%	26.4%	34.7%			
6.	PK-High	K	683	688	6	47.2%	44.9%	44.0%			

Dari Table 4.9 terlihat bahwa *steam* yang diinjeksi ke formasi Pertama dan Kedua sampai tahun 2004. Setelah tahun 2004 *steam* diinjeksikan hanya ke formasi Pertama lapisan P2, P3 dan P4. Pengalihan distribusi *steam* dari lapisan P5 dan Kedua dapat dilakukan dengan menutup lubang (holes) pada lapisan tersebut. Dari tiga lapisan (P2, P3, P4) persentase distribusi *steam* lebih banyak ke lapisan P3, kemudian ke P4 dan P2.

4.6 Data Lapangan *Pattern* K529

4.6.1 Data Sumur *Pattern* K529

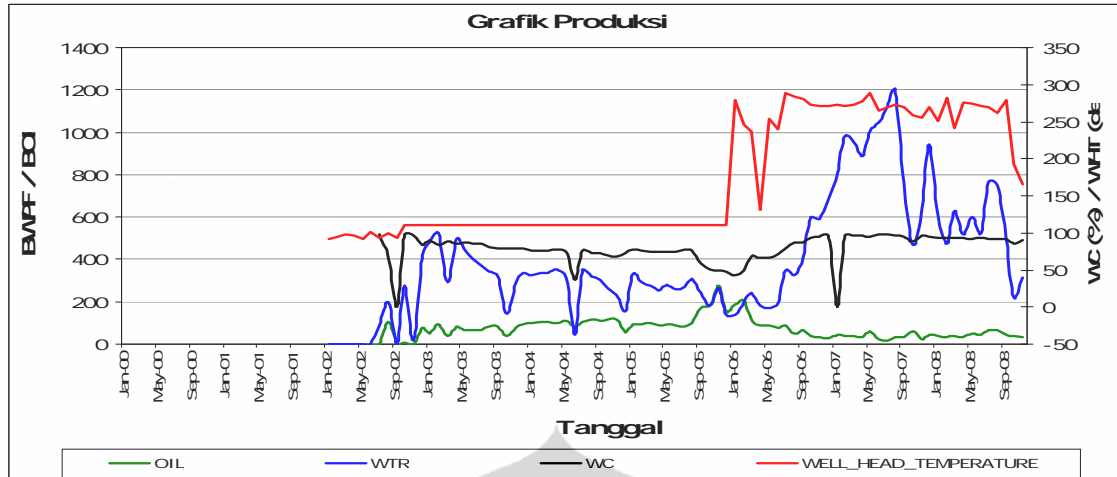
Sumur-sumur yang ada dalam *pattern* K529 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Sumur pada *Pattern* K529

No.	<i>Pattern</i>	Nama Sumur	Jenis Sumur	Formasi
1.	K529	KA527	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
2.	K529	KB537	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
3.	K529	KA538	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
4.	K529	KA539	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
5.	K529	LA587	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
6.	K529	LA588	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
7.	K529	LA589	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
8.	K529	LA680	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
9.	K529	KA620	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
10.	K529	KA528	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
11.	K529	KA529	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
12.	K529	KC528	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
13.	K529	KC529	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
14.	K529	KC620	Sumur Observasi	RPK

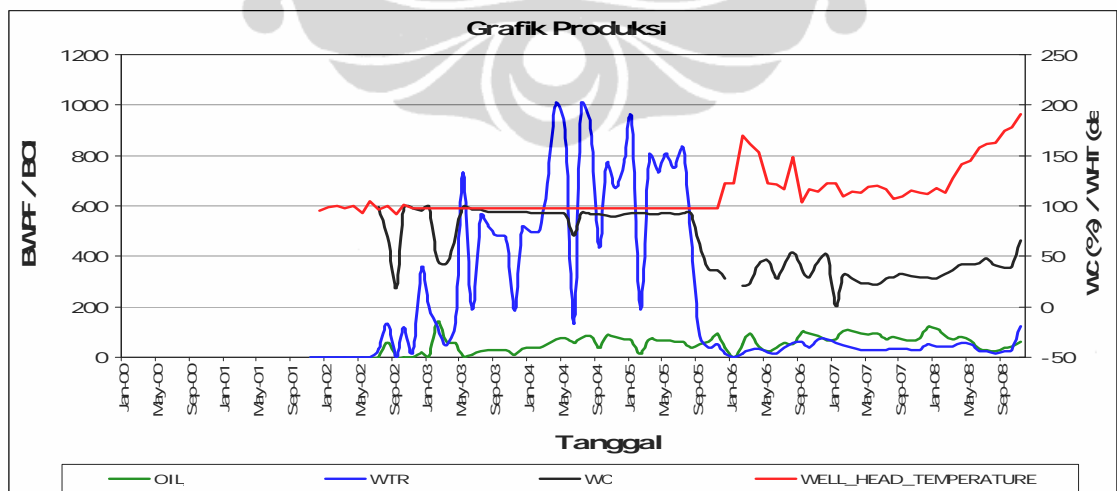
4.6.2 Grafik Produksi *Pattern* K529

Data produksi (air dan minyak), temperature wellhead, ditampilkan dalam bentuk kurva pada grafik berikut. Grafik sumur KB537, KA538 dan KA539 sudah ditampilkan pada bab sebelumnya.



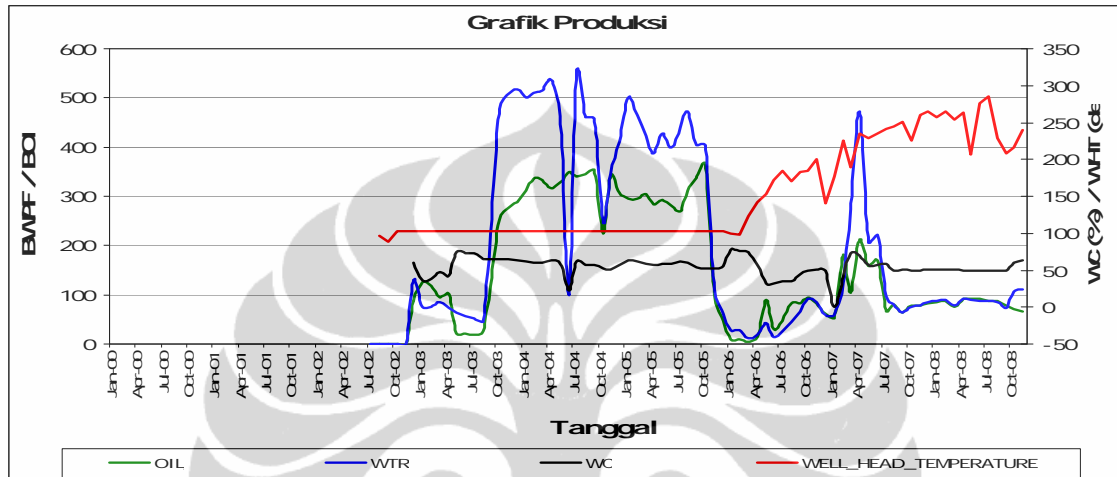
Gambar 4.35 Grafik Produksi Sumur KA527. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terasa pada tahun Januari 2006. Dampak kenaikan temperature terhadap kenaikan produksi minyak hanya berlangsung beberapa bulan selanjutnya produksi minyak turun kembali.

Dari Gambar 4.35, terlihat bahwa kenaikan temperature yang terjadi Januari 2006 tidak memberi pengaruh terhadap kenaikan produksi minyak. Malah produksi minyak cenderung menurun. Kenaikan temperature pada sumur KA527 perlu dicermati karena sumur tersebut berada diantara dua *pattern* K526 dan K529.



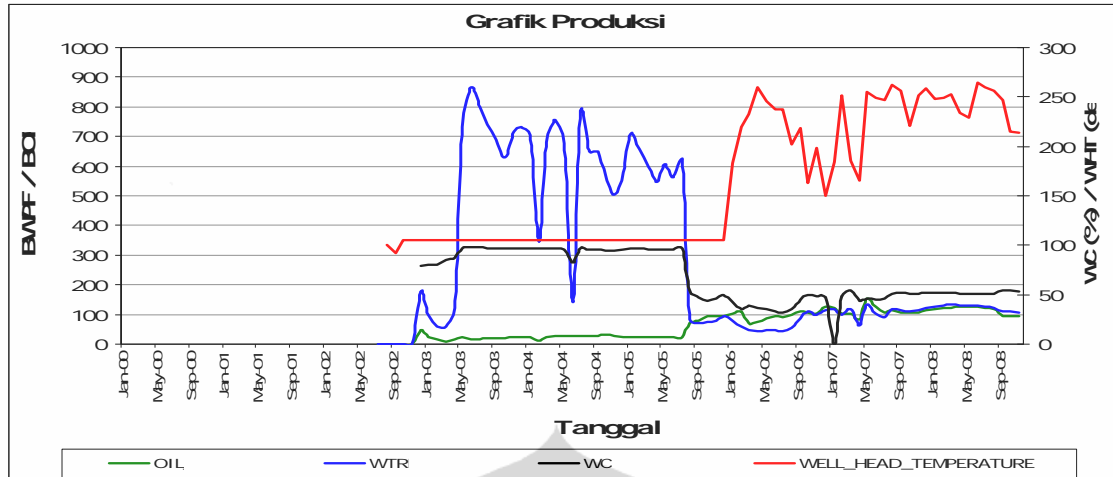
Gambar 4.36 Grafik Produksi Sumur LA587. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terasa pada tahun Januari 2006. Kenaikan temperature belum memberikan dampak yang signifikan terhadap kenaikan produksi minyak.

Produksi minyak dalam kurun waktu 2002 sampai 2008 relatif stabil pada 100 BOPD. Kenaikan temperature karena pengaruh injeksi *steam* belum terasa di sumur LA547. Hal disebabkan letak sumur KA547 yang agak jauh dari sumur injeksi dibanding dengan sumur produksi yang lain.



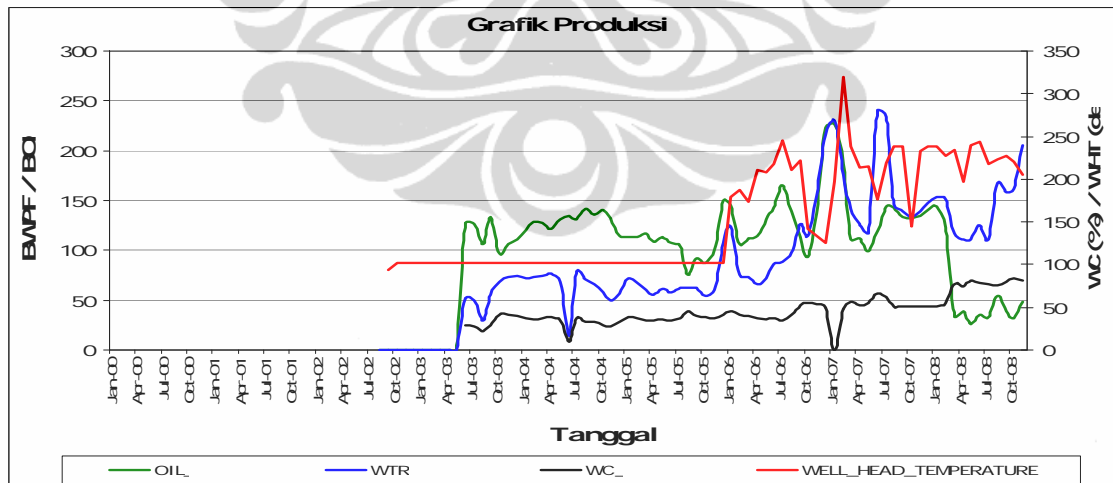
Gambar 4.37 Grafik Produksi Sumur LA588. Sumur ini mulai produksi tahun 2002 akhir dengan produksi minyak besar rata-rata 300 BOPD. Produksi mulai menurun awal 2006 dan naik lagi seiring dengan naiknya temperature.

Produksi minyak dari sumur LA588 tinggi diawal produk dan sempat tidak ada minyak yang terangkat pada awal tahun 2006. Minyak mulai terproduksi kembali setelah *steam* mulai mempengaruhi temperature reservoir.



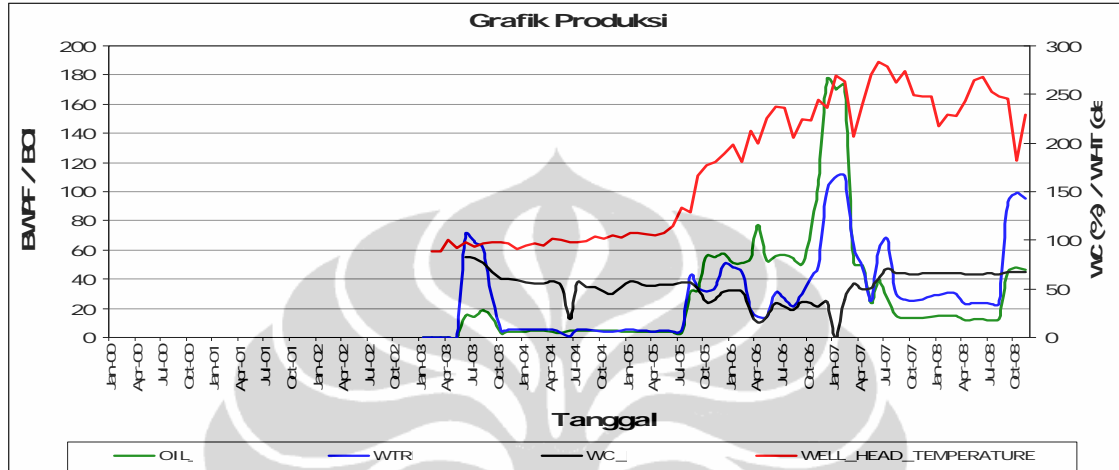
Gambar 4.38 Grafik Produksi Sumur LA589. Sumur ini mulai produksi tahun 2002, pengaruh injeksi *steam* terhadap kenaikan temperature mulai terlihat pada akhir 2005. Kenaikan temperature belum memberikan dampak yang signifikan terhadap kenaikan produksi minyak.

Produksi minyak di sumur LA589 relatif kecil yaitu dibawah 50 BOPD. Kenaikan temperature memberi dampak yang cukup baik terhadap kenaikan produksi minyak. Produksi minyak setelah adanya kenaikan temperature adalah kurang lebih 100 BOPD.



Gambar 4.39 Grafik Produksi Sumur LA680. Awal produksi minyak di sumur ini besar diatas 100BOPD. Produksi sempat turun dan naik kembali seiring dengan kenaikan temperature reservoir. Penurunan drastis terjadi pertengahan 2008, kemungkinan sudah mendekati tail out.

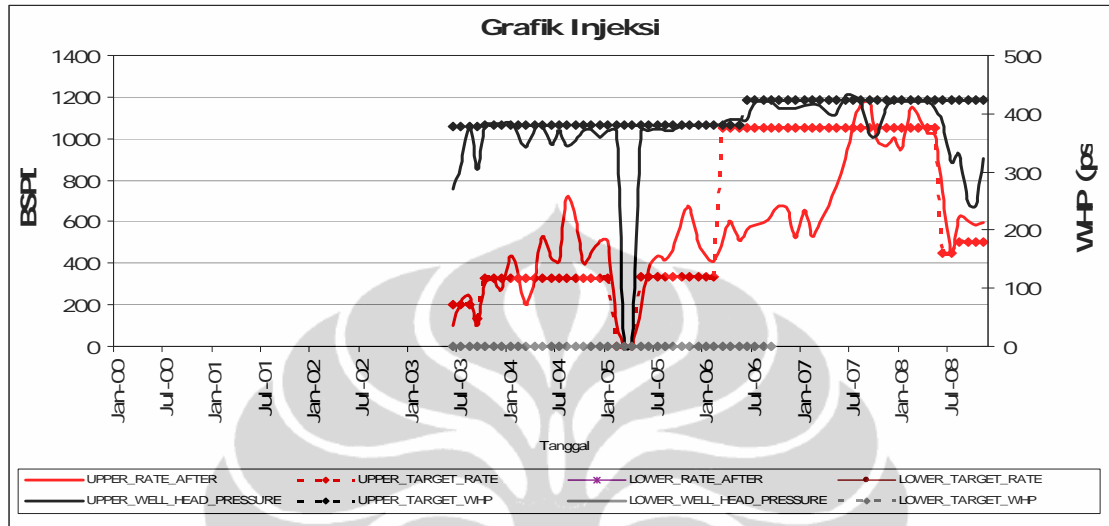
Produksi minyak dari sumur LA680 sebelum kenaikan temperature sudah besar kurang lebih 120 BOPD. Pertambahan produksi minyak kecil yaitu kurang lebih 17 BOPD setelah adanya kenaikan temperature. Prosuksi mulai menurun ke kisaran dibawah 50 BOPD mulai bulan Maret 2008.



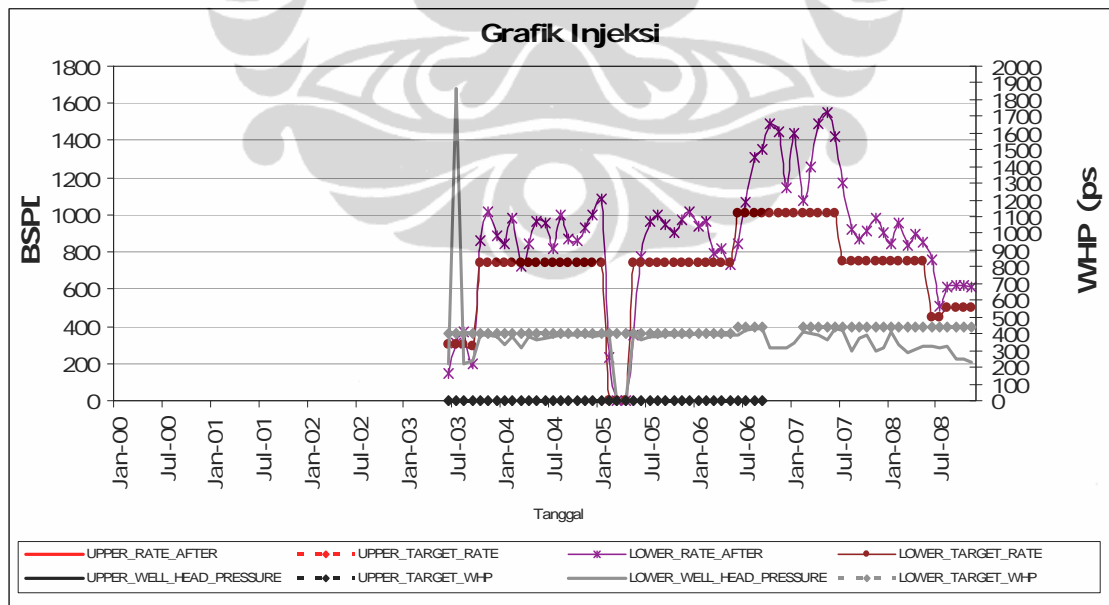
Gambar 4.40 Grafik Produksi Sumur KA620. Awal produksi minyak dari sumur KA620 kecil yaitu dibawah 20 BOPD. Produksi minyak melonjak naik setelah adanya kenaikan temperature dan mencapai puncaknya pada awal 2007.

4.6.3 Grafik Injeksi *Pattern* K529

Data injeksi *steam* pada masing-masing sumur injeksi *pattern* K529 adalah sebagai berikut.



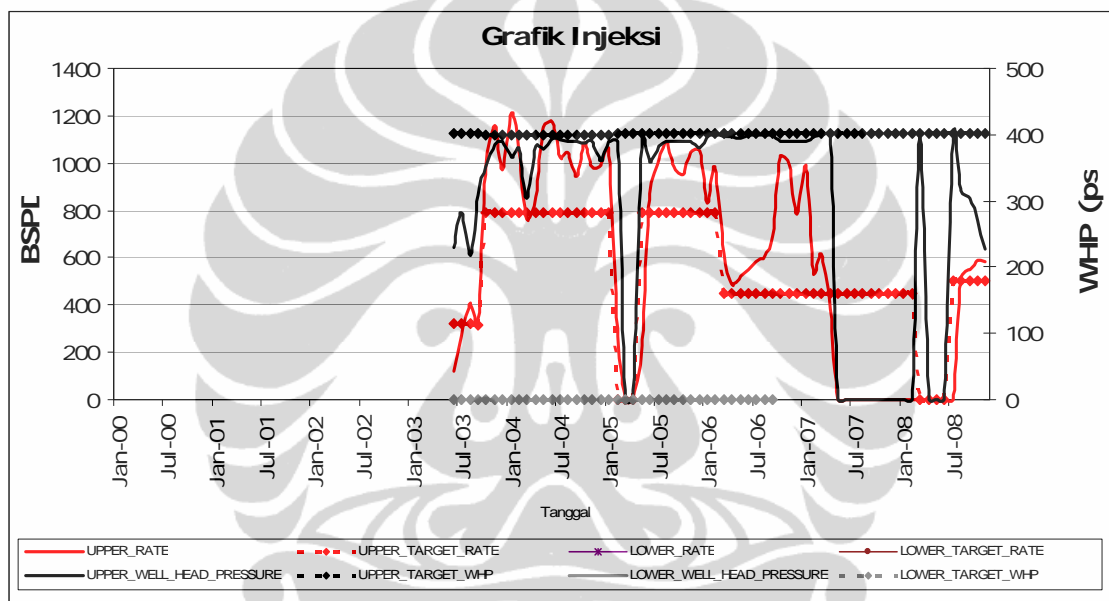
Gambar 4.41 Grafik Injeksi pada Sumur KA528



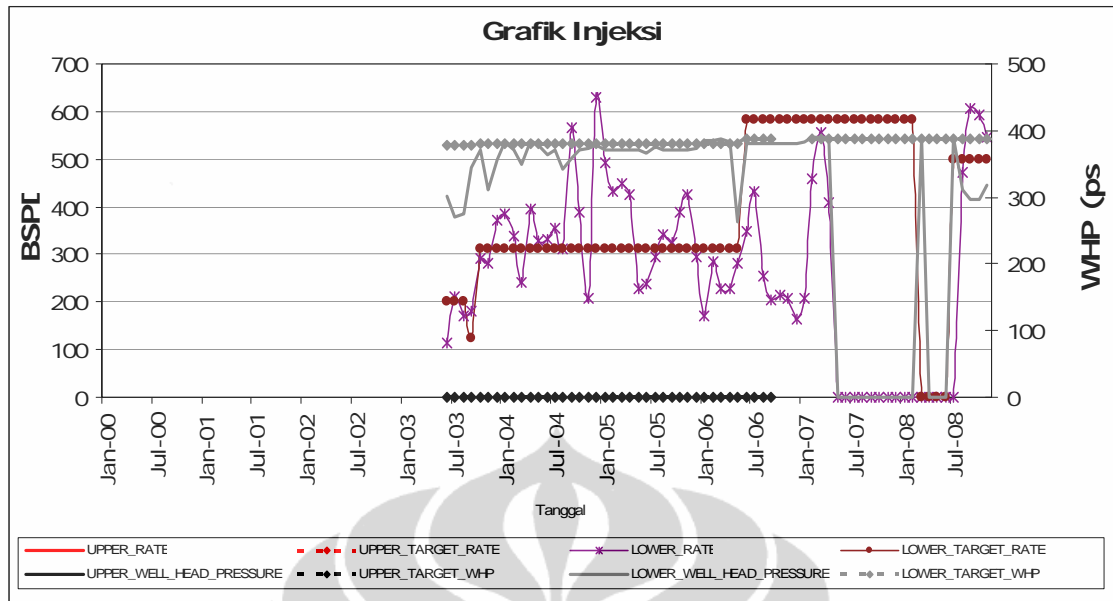
Gambar 4.42 Grafik Injeksi pada Sumur KC528

Sumur injeksi KA528 dan KC528 terletak dalam satu lubang sumur namun target *steam* kedua sumur tersebut berbeda. Target injeksi KA528 adalah lapisan yang lebih dalam (upper) sedangkan KC548 ke lapisan lebih dangkal atau lower.

Steam injeksi untuk sumur KA528 mulai Juni 2003. Target rate untuk sumur KA528 berbeda-beda antara 200BSPD sampai 1050BSPD pada interval waktu yang berbeda. Target rate ini disesuaikan dengan kebutuhan panas dari reservoir dan ini dievaluasi secara periodik.



Gambar 4.43 Grafik Injeksi pada Sumur KA529. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 400 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 300-750BSPD.

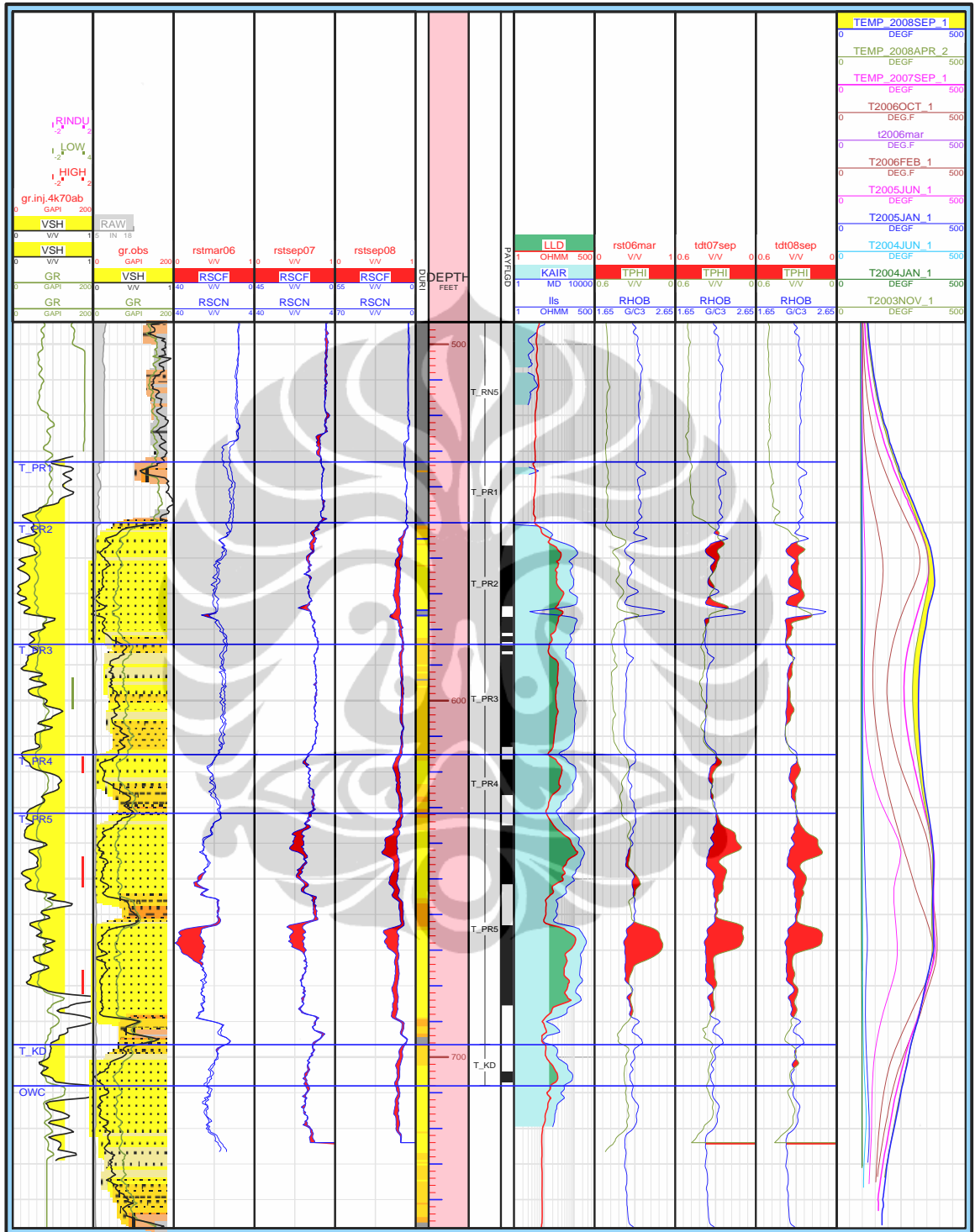


Gambar 4.44 Grafik Injeksi pada Sumur KC529. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 380 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 200-580BSPD

Sumur injektor KA529 dan KC529 terletak dalam satu lubang namun berbeda target injeksi. Pada selang waktu Mei 2007 sampai Juli 2008 kedua sumur tersebut tidak beroperasi. Dalam selang waktu tersebut pemanasan *pattern* K529 didapat dari sumur injeksi KA528 dan KC529.

Steam injeksi dari sumur KA529 relatif stabil sesuai dengan target yang diharapkan. Sedangkan *steam* pada sumur KC529 fluktuatif dengan interval yang melampaui target injeksi yang diharapkan. Penyebab fluktuatif tidak bisa diketahui karena tidak memiliki data yang cukup berkaitan dengan sumur tersebut seperti data *spinner* dan oprasional lapangan.

4.6.4 Data Logging Pattern K529



Gambar 4.44 Logging pada sumur observasi KC620. Dari log temperature terlihat bahwa lapisan P5 sudah stabil (matang) pada temperature 370 °F kedalaman 632-680ft. Hal ini seiring dengan terdeteksinya steam pada kedalaman tersebut pada pengukuran steam ID tahun 2006.

Dari sumur observasi KC620 diperoleh data temperature dan *steam* ID sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.44.

Kolom paling kanan data pengukuran temperature yang diambil dari tahun 2004 sampai 2008. Pengukuran temperature pada tiap selang waktu tertentu ditunjukkan dengan warna kurva yang berbeda. Data terakhir diambil pada Sepember 2008 (kurva warna biru) menunjukkan bahwa temperature stabil pada temperature 370 °F dilapisan P5 pada kedalaman antara 640ft sampai 675ft. Kenaikan temperature yang signifikan mulai terlihat pada pengukuran bulan Juni 2005.

Setelah adanya kenaikan temperature dilakukan pengukuran *steam* ID log. Hal ini dimaksudkan untuk memastikan apakah kenaikan tersebut akibat pengaruh *steam* yang dinjeksikan ke lapisan tersebut.

4.6.5 Data *Spinner Pattern* K529

Tabel 4.11 *Spinner* Sumur KA528 *Pattern* K529. Dari table terlihat bahwa semua *steam* yang diinjeksi dari sumur ini semuanya ditujukan ke lapisan P3.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	22 Aug 2003	04 Feb 2004
1.	PK-High	P3	596	604	9	100%	100.0%

Tabel 4.12 *Spinner* Sumur KC528 *Pattern* K529. Injeksi *steam* dari sumur ini ditujukan ke lapisan P4 dan P5

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	22 Aug 2003	04 Feb 2004	04 Nov 2004	12 July 2005	08 Dec 2006	
1.	PK-Low	P4	618	622	5	26.0%	10.7%	0.0%	10.1%	13.1%	8%
2.	PK-Low	P4	628	632	5	18.1%	10.0%	10.0%	9.0%	11.7%	18%
3.	PK-Low	P5	646	652	7	21.4%	19.0%	6.0%	25.3%	25.7%	44%
4.	PK-Low	P5	674	680	7	34.4%	60.3%	84.0%	55.5%	49.5%	31%

Sumur injeksi KA528 dan KC528 berada pada satu lubang yang sama dengan jenis sumur dual hole. Injeksi *steam* pada sumur KA528 ditujukan hanya ke lapisan P3 bawah (*underburden*). Sedangkan injeksi *steam* pada sumur KC528 ditujukan ke lapisan P4 atas dan lapisan P5 atas.

Pada Table 4.12 menunjukkan bahwa diawal injeksi, persentase distribusi *steam* ke lapisan P4 dan P5 hampir merata yaitu ke 44.1% ke P4 dan 55.8% ke P5. Pengukuran log tahun-tahun berikutnya terlihat bahwa persentase distribusi lebih banyak mengarah ke lapisan P5 dengan persentase kurang lebih 80%. Pengaruh secara langsung dari distribusi *steam* tersebut adalah penyebaran distribusi *steam* pada lapisan P5 lebih besar disbanding dengan P4.

Tabel 4.13 *Spinner* Sumur KA529 *Pattern* K529. Injeksi *steam* dari sumur ini ditujukan ke lapisan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	03 Aug 2003	25 Jun 2006
1.	PK-High	P4	616	620	5	10.6%	4.7%
2.	PK-High	P5	644	652	9	71.1%	35.8%
3.	PK-High	P5	676	682	7	18.3%	59.5%

Steam yang diinjeksi dari sumur KA529 ditujukan ke lapisan P4 dan P5 bagian bawah. Namun dari pengukuran menunjukkan bahwa *steam* yang diinjeksikan lebih banyak ke lapisan P5 dibanding P4. Persentase *steam* ke P5 kurang lebih 90%, selebihnya ke lapisan P4.

4.7 Data Lapangan *Pattern* K526

4.7.1 Data Sumur *Pattern* K526

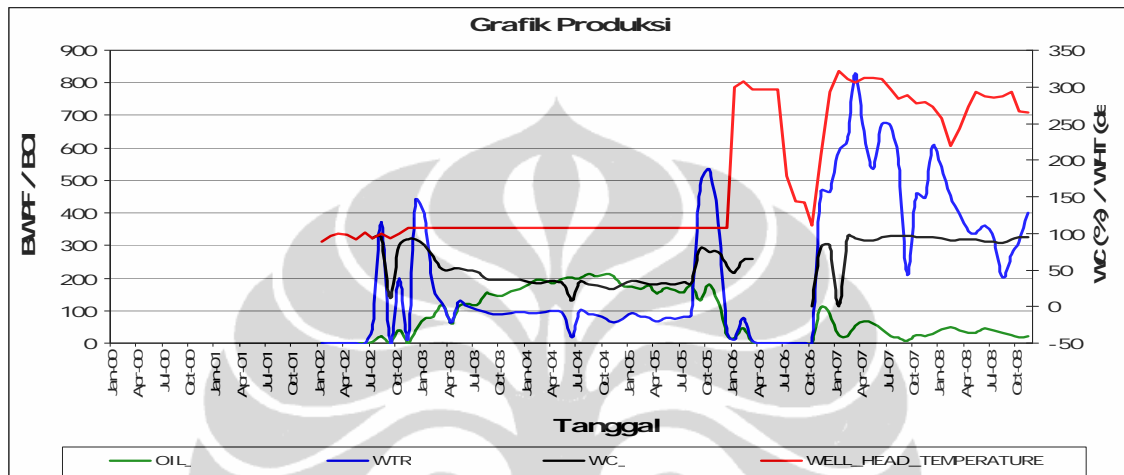
Sumur-sumur ada dalam *pattern* K526 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Sumur pada *Pattern* K526

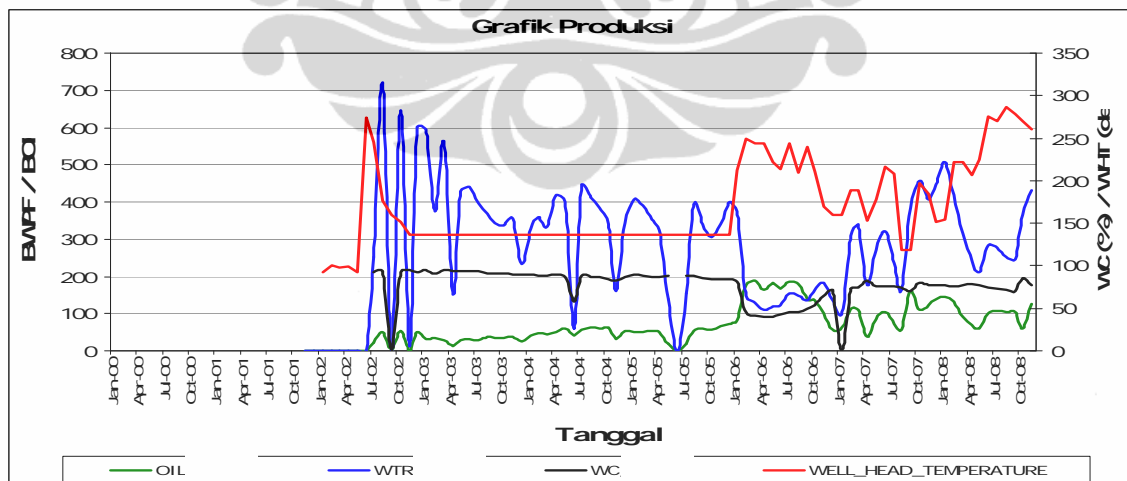
No.	<i>Pattern</i>	Nama Sumur	Jenis Sumur	Formasi
1.	K526	KA525	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
2.	K526	KA527	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
3.	K526	KA535	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
4.	K526	KB536	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
5.	K526	KB537	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
6.	K526	LA585	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
7.	K526	LA586	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
8.	K526	LA587	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
9.	K526	KA526	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
10.	K526	KC526	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
11.	K526	KD526	Sumur Observasi	RPK

4.7.2 Grafik Produksi *Pattern* K526

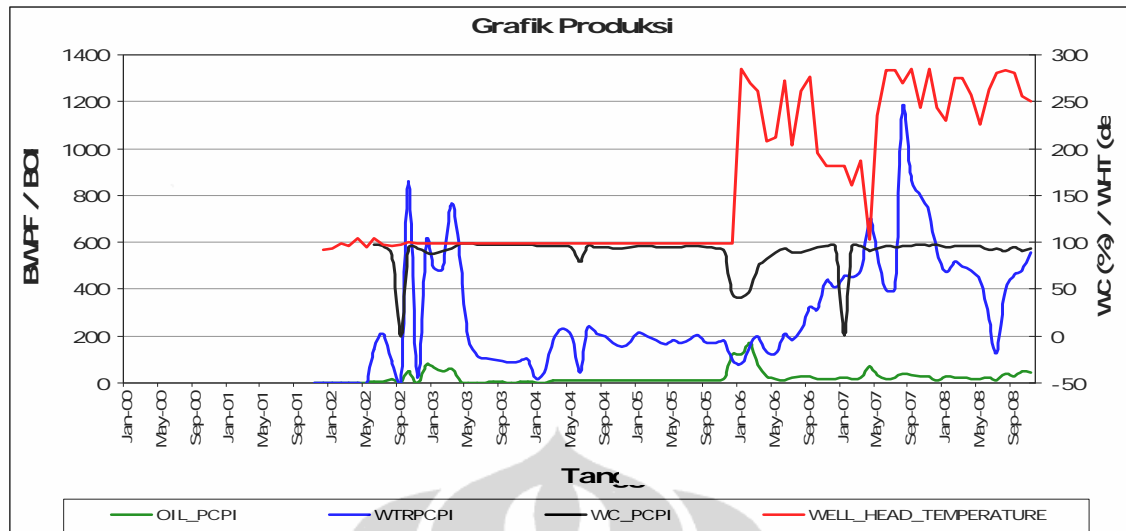
Data produksi (air dan minyak), temperature wellhead, ditampilkan dalam bentuk pada grafik berikut. Grafik sumur KA527, KB536, KB537 dan LA587 sudah ditampilkan pada bab sebelumnya.



Gambar 4.45 Grafik Produksi Sumur KA525. Produksi minyak awal di sumur sudah tinggi dan turun saat temperature mulai terasa. Kenaikan temperature mampu mengangkat sisa-sisa minyak yang ada disekitar sumur tersebut.



Gambar 4.46 Grafik Produksi Sumur LA585. Temperature yang tinggi diawal produksi karena Huff&Puff. Produksi minyak berada dibawah 100BOPD dan meningkat dengan kenaikan temperature yang terjadi akibat pengaruh *steam* injeksi yang mulai terasa di sumur tersebut.



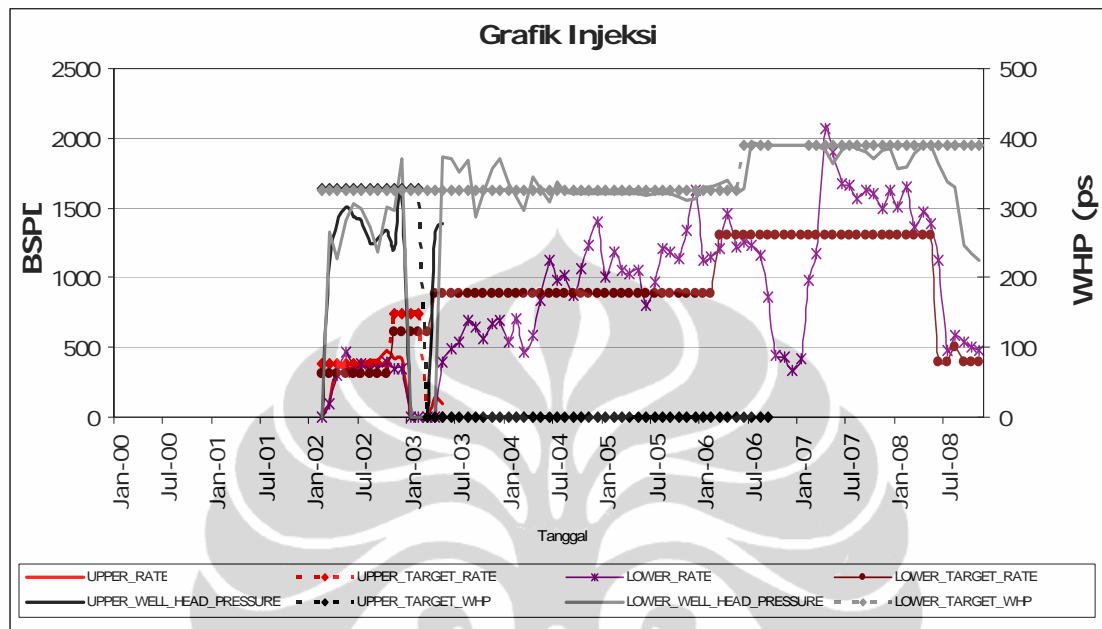
Gambar 4.47 Grafik Produksi Sumur LA586. Produksi minyak di sumur ini kecil dan kenaikan temperature akibat *steam* injeksi hanya berdampak beberapa saat terhadap kenaikan produksi minyak.

Dari ketiga grafik produksi diatas, Gambar 4.45, 4.46 dan 4.47 temperature diawal produksi adalah kurang lebih 100 °F, kecuali pada sumur LA585 mencapai diatas 250 °F. Penyebab kenaikan temperature di sumur LA585 yang jauh temperature reservoir adalah adanya kegiatan Huff & Puff. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan produksi minyak di sumur tersebut. Huff & Puff adalah menginjeksikan *steam* ke dalam reservoir melalui sumur produksi selama beberapa waktu tertentu.

Produksi minyak dari sumur KA525 malah menurun setelah adanya kenaikan temperature di sumur tersebut. Sumur LA585 produksi minyak meningkat setelah adanya kenaikan temperature. Sedangkan produksi minyak dari sumur LA586 jumlah kecil sejak awal produksi dan tidak ada peningkatan signifikan dengan adanya kenaikan temperature.

4.7.3 Grafik Injeksi *Pattern* K526

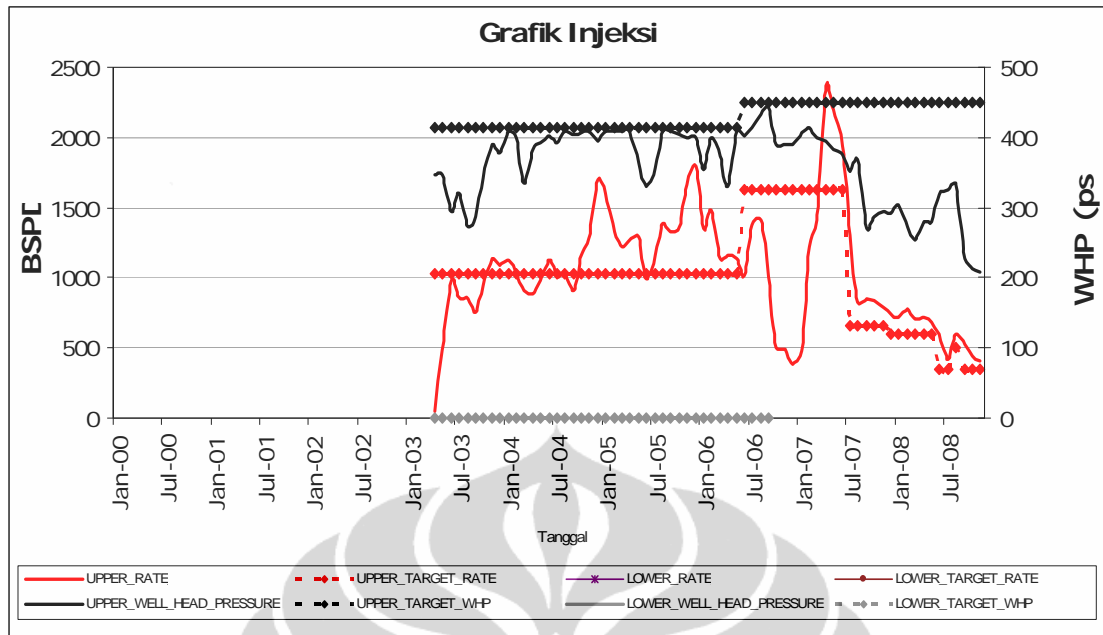
Data injeksi *steam* pada masing-masing sumur injeksi *pattern* K526 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.48 Grafik Injeksi pada Sumur KA526. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Batas maksimum tekanan injeksi bervariasi antara 325 dan 390 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 300-1300BSPD.

Dari Gambar 4.48, awal injeksi target adalah ke lapisan upper (*underburden*) dan ke lapisan lower (*overburden*). Setelah setahun penginjeksian, target injeksi hanya ditujukan ke lapisan bagian atas (*overburden*). Gambar di atas menunjukkan bahwa injeksi *steam* berfluktuasi antara atas dan bawah target.

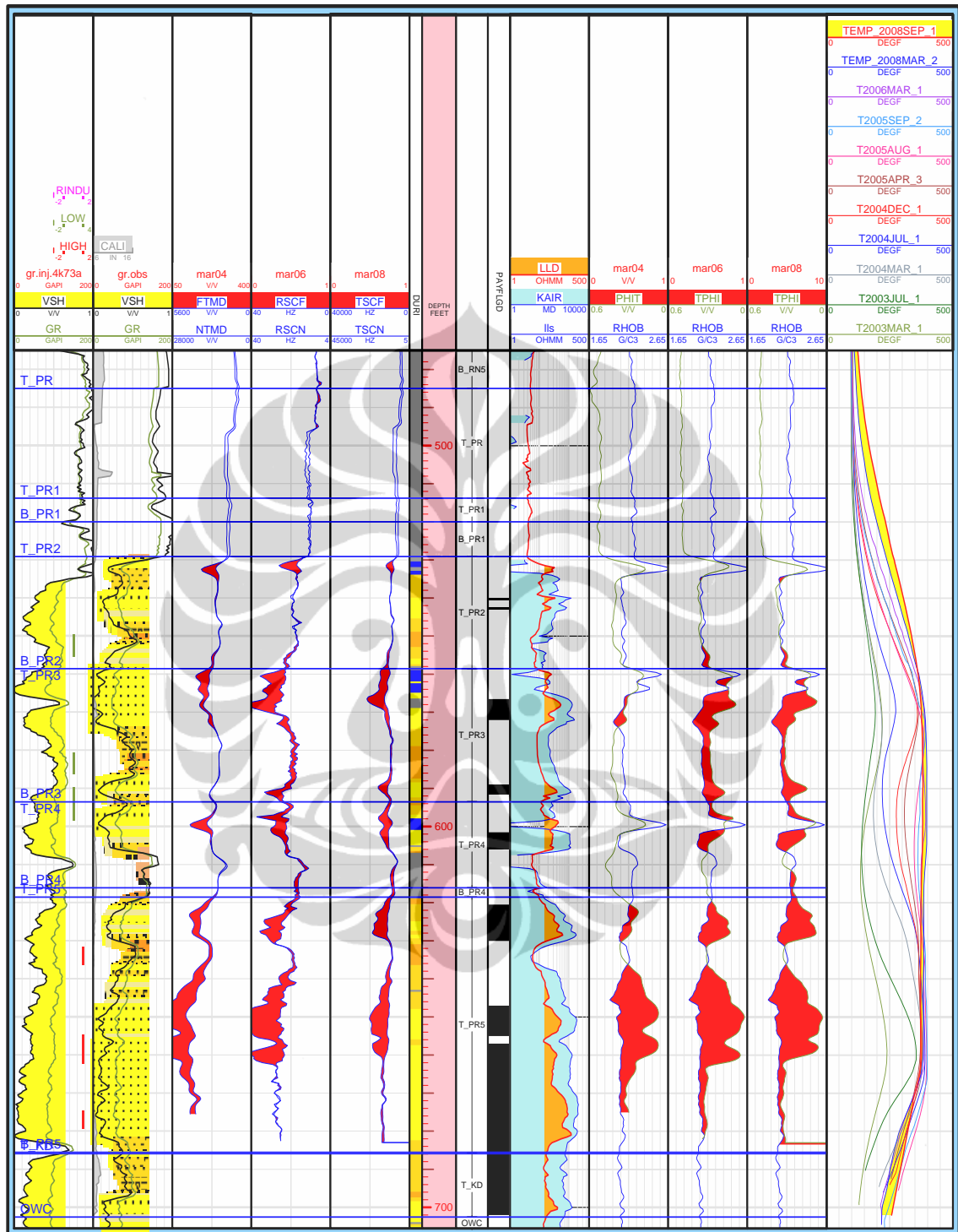
Target injeksi *steam* ke lapisan bawah adalah 310 BSPD Feb-Oct 2002, 610 BSPD Nov 2002 – Mar 2003, 890 BSPD Apr 2003 – Feb 2006, 1300 BSPD dari Mar 2006 – May 2008 dan 400 BSPD Jun-Nov 2008. Target injeksi diturunkan mulai Juni 2008 dari 1300 BSPD ke 400 BSPD, hal ini dimungkinkan karena kalau indikasi di *pattern* tersebut sudah mengalami *breakthrough*.



Gambar 4.49 Grafik Injeksi pada Sumur KC526. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi bervariasi antara 400 dan 450 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 350-1600BSPD.

Target injeksi *steam* dari sumur KC526 adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Secara umum *steam* injeksi berada diatas target injeksi yang ditentukan. Sedangkan tekanan tetap berada di bawah tekanan target selama injeksi berlangsung.

4.7.4 Data Logging Pattern K526



Gambar 4.50 Logging pada sumur observasi KD526. Dari log temperature (kolom paling kanan) terlihat lapisan P3 sampai P5 sudah matang dan temperature stabil pada 400°F. Temperature tinggi dipertegas keberadaan *steam* pada lapisan tersebut sebagaimana ditunjukkan oleh *steam ID log* (kolom 2-4 dari kanan).

Temperature sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.50 sudah stabil pada temperature kurang lebih 400 °F mulai lapisan P3 sampai P5. Lapisan P5 temperaturnya sudah cukup panas pada saat awal pengukuran. Temperature mulai terlihat stabil saat pengukuran pada Maret 2004. Dengan kondisi temperature yang tinggi tersebut, maka dilakukan *steam* ID untuk memastikan keberadaan *steam* pada lapisan tersebut. Dari pengukuran *steam ID log*, lapisan P5 *steam* sudah terdeteksi keberadaannya pada pengukuran Mar 2004. Dari kondisi tersebut bisa dipastikan bahwa kenaikan temperature pada lapisan P5 akibat adanya *steam*.

Pada lapisan P4 dan P3 kenaikan panas yang terjadi akibat adanya transfer panas secara konduksi karena pada saat temperature sudah tinggi *steam* belum terdeteksi pada lapisan tersebut. Keberadaan *steam* baru terlihat pada saat pengukuran *steam* log yang kedua Maret 2006.

Pada lapisan P2 belum terdeteksi dan kenaikan temperature terjadi karena perpindahan panas yang terjadi secara konduksi. Panas yang meningkat pada lapisan dibawahnya dipindahkan ke lapisan P2 melalui batuan reservoir.

4.7.5 Data Spinner Pattern K526

Tabel 4.15 *Spinner* Sumur KA526 *Pattern* K526. *Steam* yang diinjeksi dari sumur ini mayoritas masuk ke lapisan P3 bagian atas. Setelah beberapa tahun injeksi sebagian masuk ke lapisan P2.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	7 Feb 2004	21 Apr 2005	28 Jan 2006	16 Feb 2007	21 July 2008
1.	PK-Low	P2	550	555	6	13.2%	17.3%	17.6%	17.4%	30.0%
2.	PK-Low	P3	581	586	6	31.6%	29.3%	24.8%	0.0%	22.5%
3.	PK-Low	P3	590	598	9	55.2%	53.3%	57.7%	82.6%	47.5%

Tabel 4.16 *Spinner* Sumur KC526 *Pattern* K526. Semua *steam* yang diinjeksi dari sumur ini ditujukan ke lapisan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	16 July 2003	26 Feb 2004	21 Apr 2005	28 Jan 2006	16 Feb 2007	21 July 2008
1.	PK-High	P5	632	636	5	10.8%	12.6%	13.2%	17.6%	11.1%	24.2%
2.	PK-High	P5	655	662	8	45.1%	58.5%	45.0%	24.8%	36.1%	52.5%
3.	PK-High	P5	675	679	5	44.1%	28.9%	41.8%	57.7%	52.8%	23.2%

Sumur injector pada pada *pattern* K526 adalah tipe dual holes yaitu satu sumur dengan dua lubang untuk menginjeksi *steam*. Injeksi *steam* pada *pattern* K526 ditujukan ke lapisan P2, P3 dan P5. Injeksi *steam* pada sumur KA526 ditujukan ke lapisan P2 dan P3. Persentase rata-rata distribusi *steam* yang diinjeksi ke reservoir melalui sumur KA526 adalah 20% ke lapisan P2 dan 80% ke lapisan P3. Sedangkan *steam* yang diinjeksi melalui sumur KC526 semuanya ditujukan ke lapisan P5.

4.8 Data Lapangan *Pattern* L579

4.8.1 Data Sumur *Pattern* L579

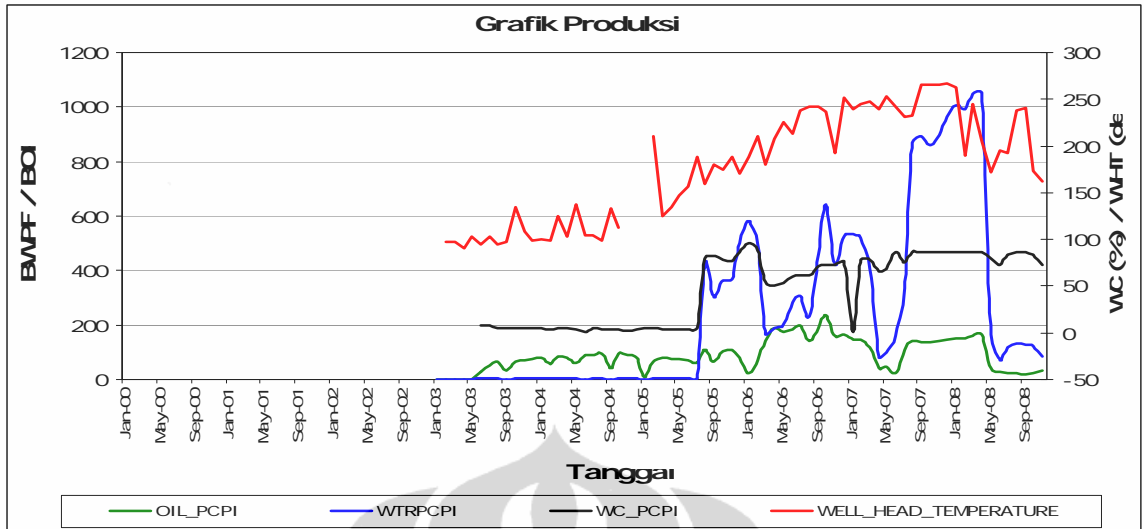
Sumur-sumur ada dalam *pattern* L579 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17 Sumur pada *Pattern* L579

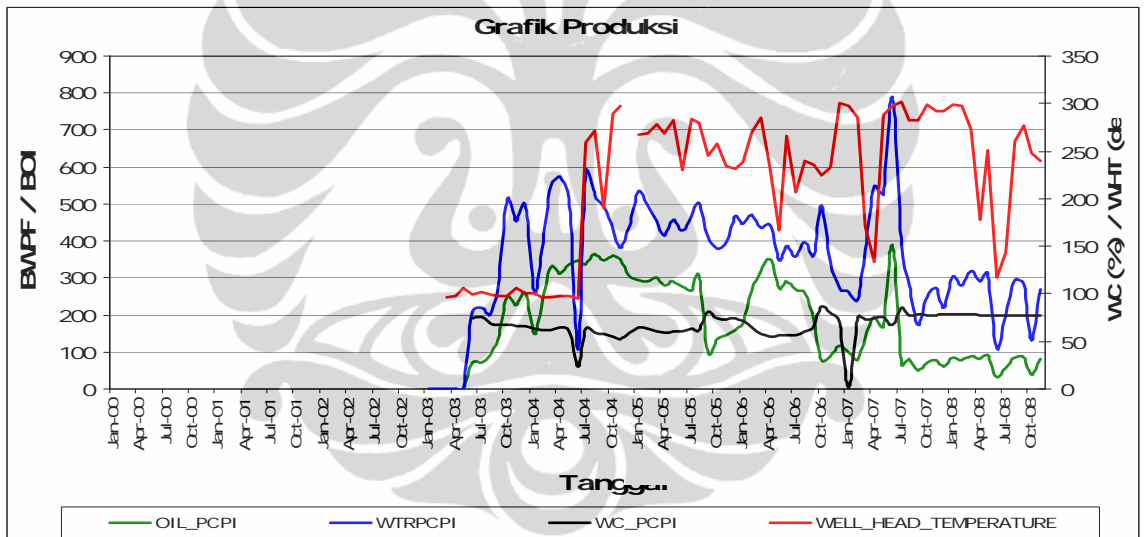
No.	<i>Pattern</i>	Nama Sumur	Jenis Sumur	Formasi
1.	L579	LA567	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
2.	L579	LB568	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
3.	L579	LA569	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
4.	L579	LA577	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
5.	L579	LA587	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
6.	L579	LA588	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
7.	L579	LA589	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
8.	L579	LA660	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
9.	L579	LB670	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
10.	L579	LA680	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
11.	L579	LA578	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
12.	L579	LB578	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
13.	L579	LD579	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
14.	L579	LE579	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
15.	L579	LC568	Sumur Observasi	RPKBJ
16.	L579	LC579	Sumur Observasi	RPK

4.8.2 Grafik Produksi *Pattern* L579

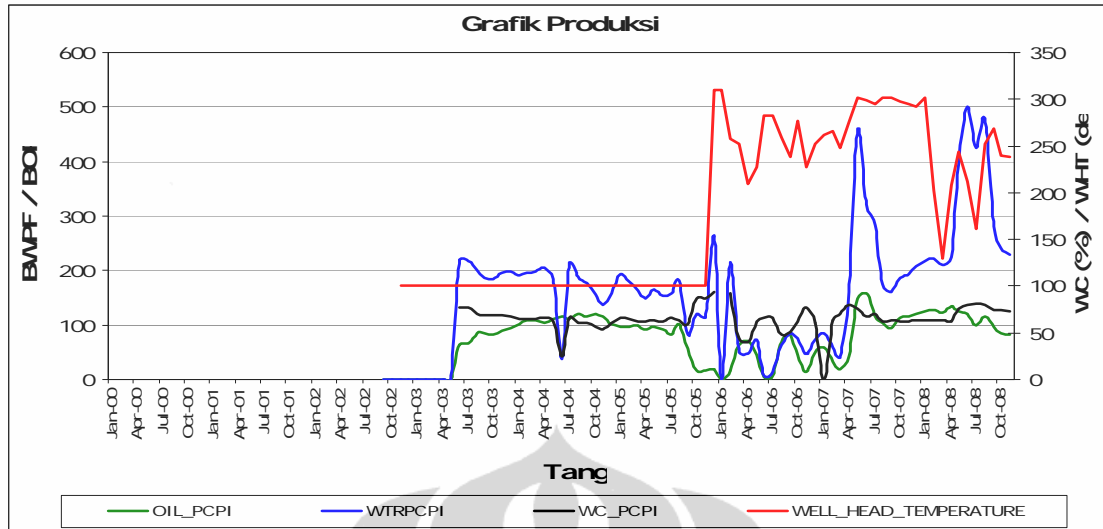
Data produksi (air dan minyak), temperature wellhead, ditampilkan dalam bentuk pada grafik berikut. Grafik sumur LA587, LA588, LA589 dan LA680 sudah ditampilkan pada bab sebelumnya.



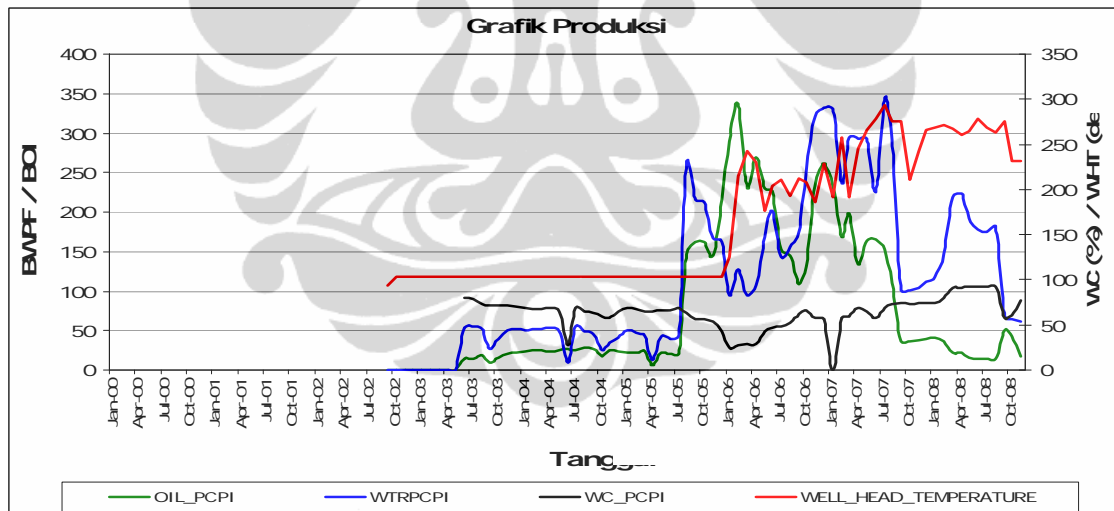
Gambar 4.51 Grafik Produksi Sumur LA567



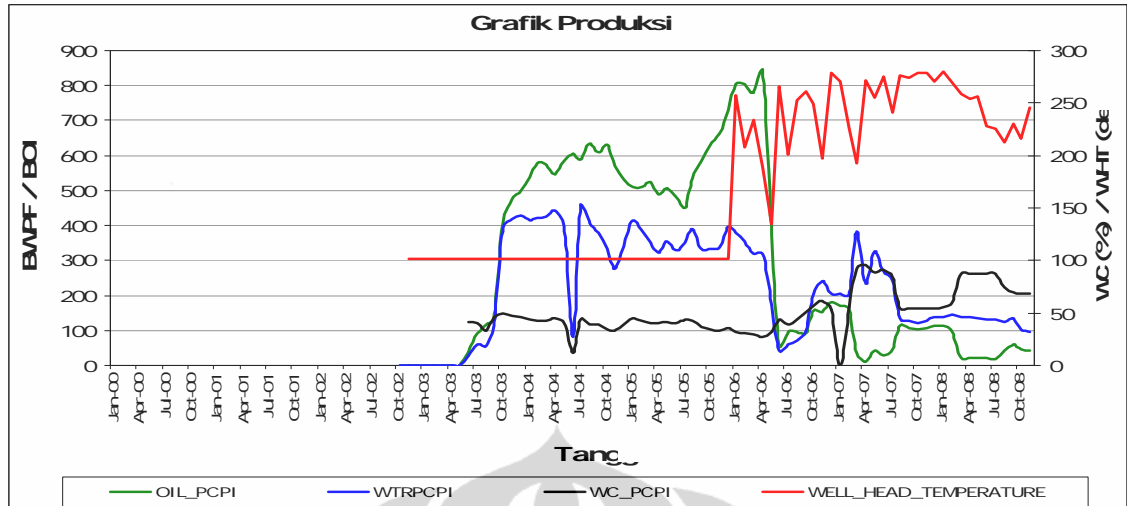
Gambar 4.52 Grafik Produksi Sumur LB568. Produksi minyak besar dan kenaikan temperature lebih cepat yaitu dua tahun setelah sumur ini dioperasikan.



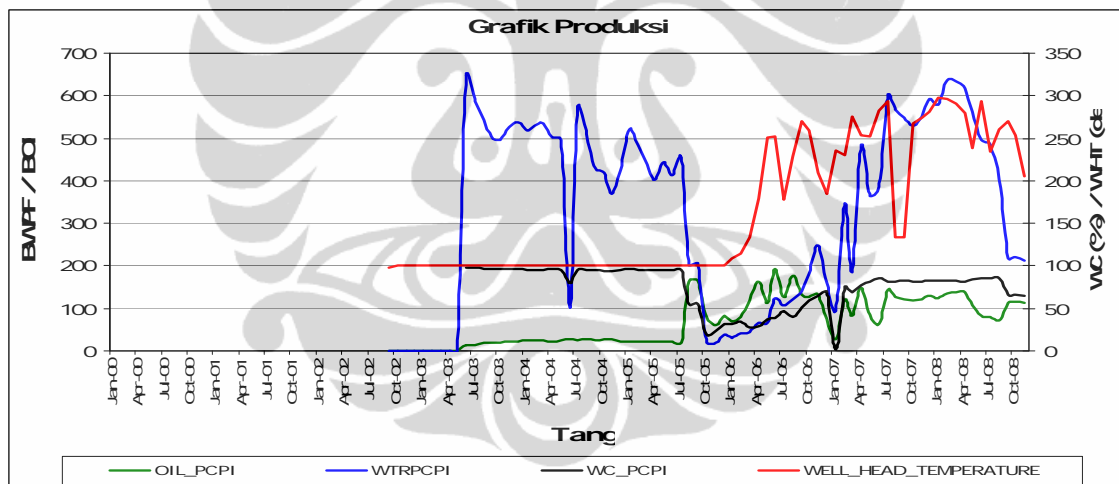
Gambar 4.53 Grafik Produksi Sumur LA569. Sumur ini mulai produksi 2003 dengan produksi minyak rata-rata 100 BOPD dan turun pada pertengahan 2005. Produksi naik kembali setelah temperature karena *steam* naik.



Gambar 4.54 Grafik Produksi Sumur LA577. Produksi melonjak naik setelah adanya kenaikan temperature yang diakibatkan oleh pengaruh *steam*. Penurunan produksi terjadi setelah beberapa tahun temperature pada kondisi matang.



Gambar 4.55 Grafik Produksi Sumur LA660. Produksi minyak sumur ini sangat besar dibanding dengan sumur produksi yang lain. Produksi mulai turun pertengahan 2006 walaupun temperature reservoir tinggi.



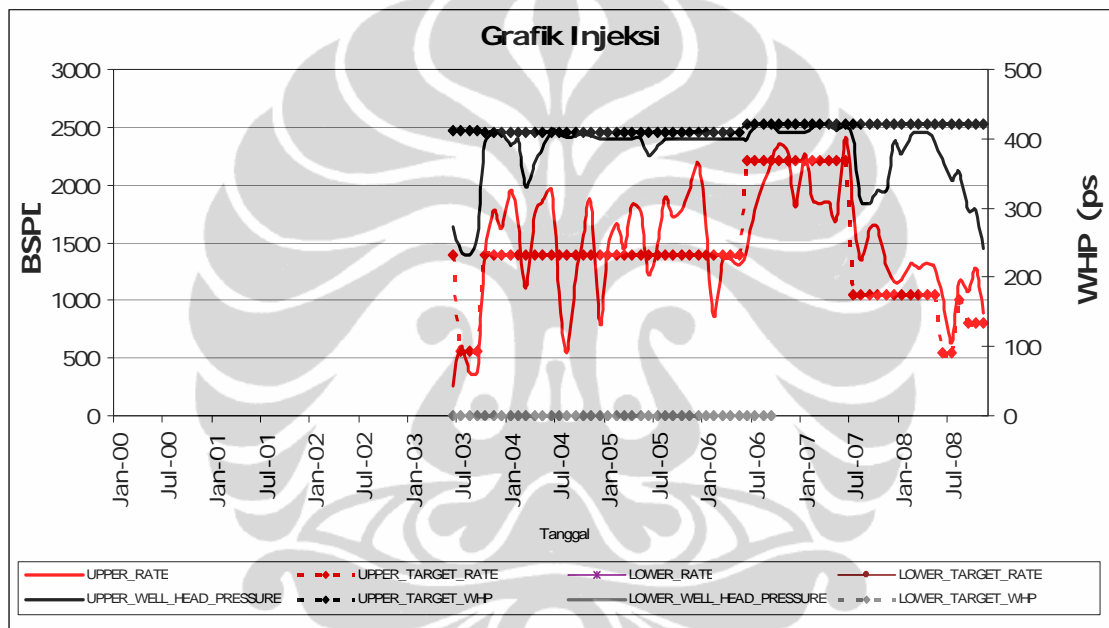
Gambar 4.56 Grafik Produksi Sumur LB670. Dari awal operasi 2003, produksi rata-rata minyak dari sumur ini adalah 20 BOPD. Kenaikan produksi yang signifikan yaitu diatas 100BOPD terjadi setelah adanya kenaikan temperature pada sumur tersebut.

Dari grafik produksi Gambar 4.51 sampai 4.56 ada beberapa yang memperlihatkan berbeda dari grafik yang lain. Temperature pada sumur LA567 dan LB568 yang terukur pada kepala sumur sudah cukup tinggi sejak awal produksi. Ada kemungkinan dilakukan Huff & Puff pada sumur tersebut untuk memperoleh minyak yang lebih banyak diawal produksi. Sumur-sumur yang lain, kenaikan temperature terjadi setelah beberapa tahun produksi.

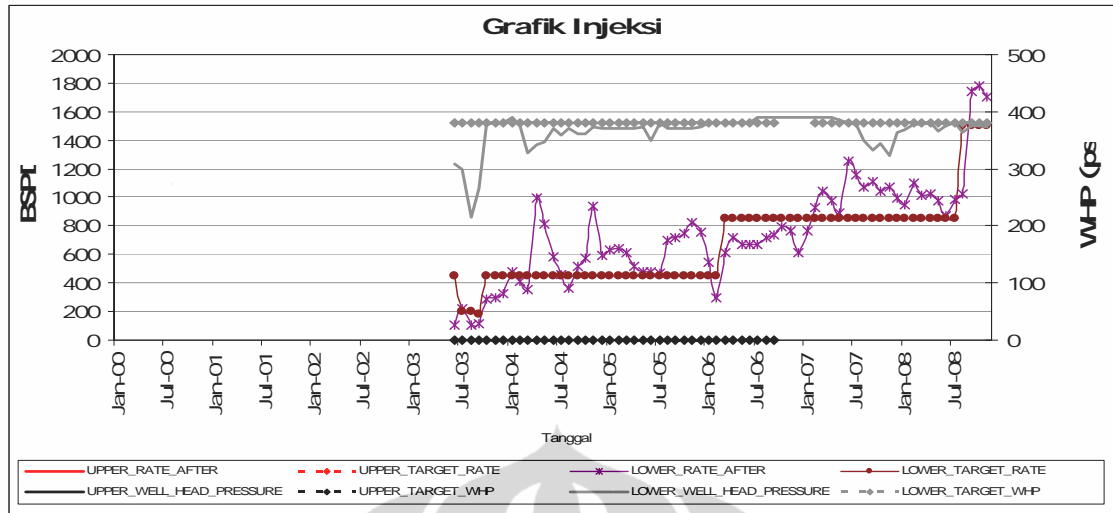
Tingkat produksi pada sumur LA567 sudah menurun walaupun temperature kepala sumur yang terukur masih cukup tinggi. Fenomena ini perlu dianalisa apakah karena pengaruh cadangan minyak yang berkurang atau karena hal lain. Perhitungan decline diluar bahasan pada tulisan ini.

4.8.3 Grafik Injeksi *Pattern* L579

Data injeksi *steam* pada masing-masing sumur injeksi *pattern* L579 adalah sebagai berikut.

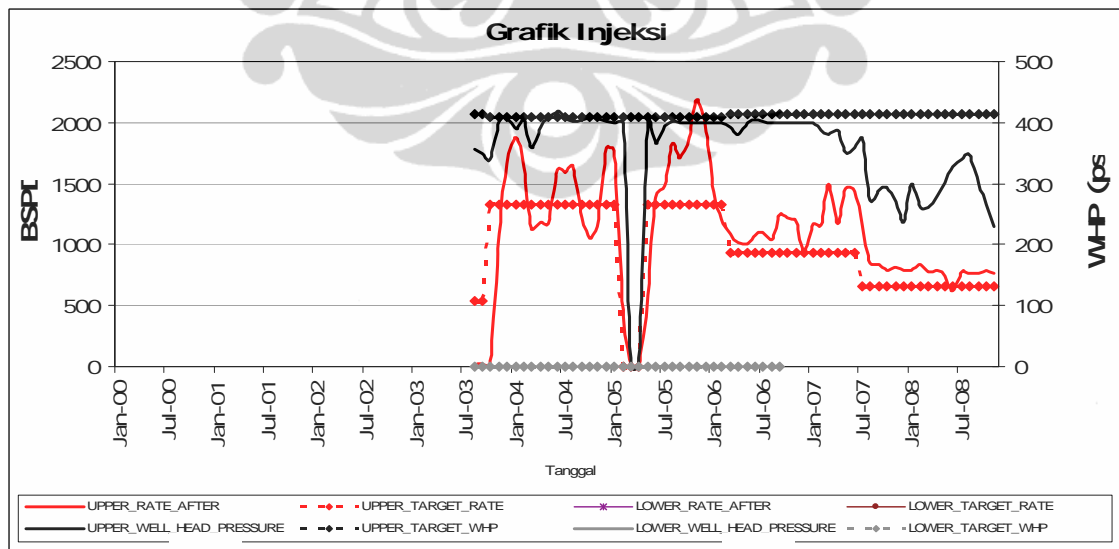


Gambar 4.57 Grafik Injeksi pada Sumur LA578. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi bervariasi antara 410 dan 420 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 800-2200BSPD.

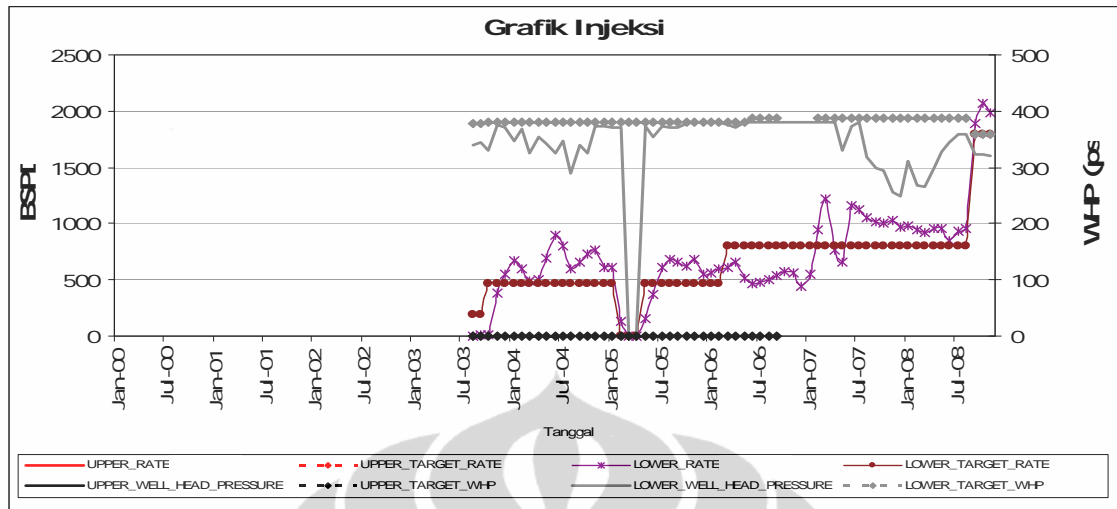


Gambar 4.58 Grafik Injeksi pada Sumur LB578. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 380 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 200-1500BSPD

Sumur injeksi LA578 dan LB578 adalah sumur injeksi dengan tipe dual hole, dalam satu lubang yang sama dengan target yang berbeda. Injeksi *steam* sumur LA578 ditujukan ke lapisan bagian bawah dan sumur LB578 ditujukan ke lapisan bagian atas.



Gambar 4.59 Grafik Injeksi pada Sumur LD579. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 410 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 550-1300BSPD

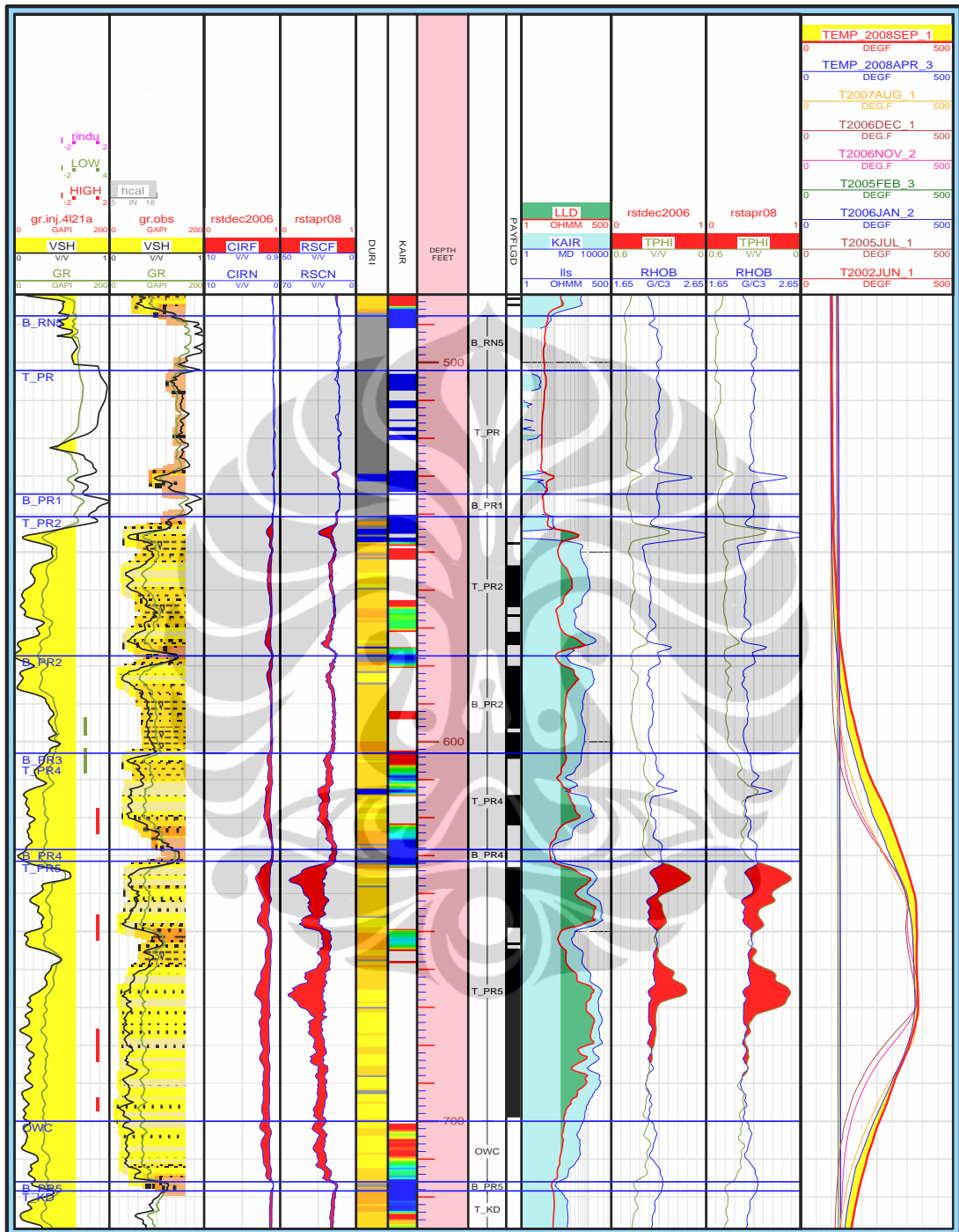


Gambar 4.60 Grafik Injeksi pada Sumur LE579. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 380 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 200-1800BSPD

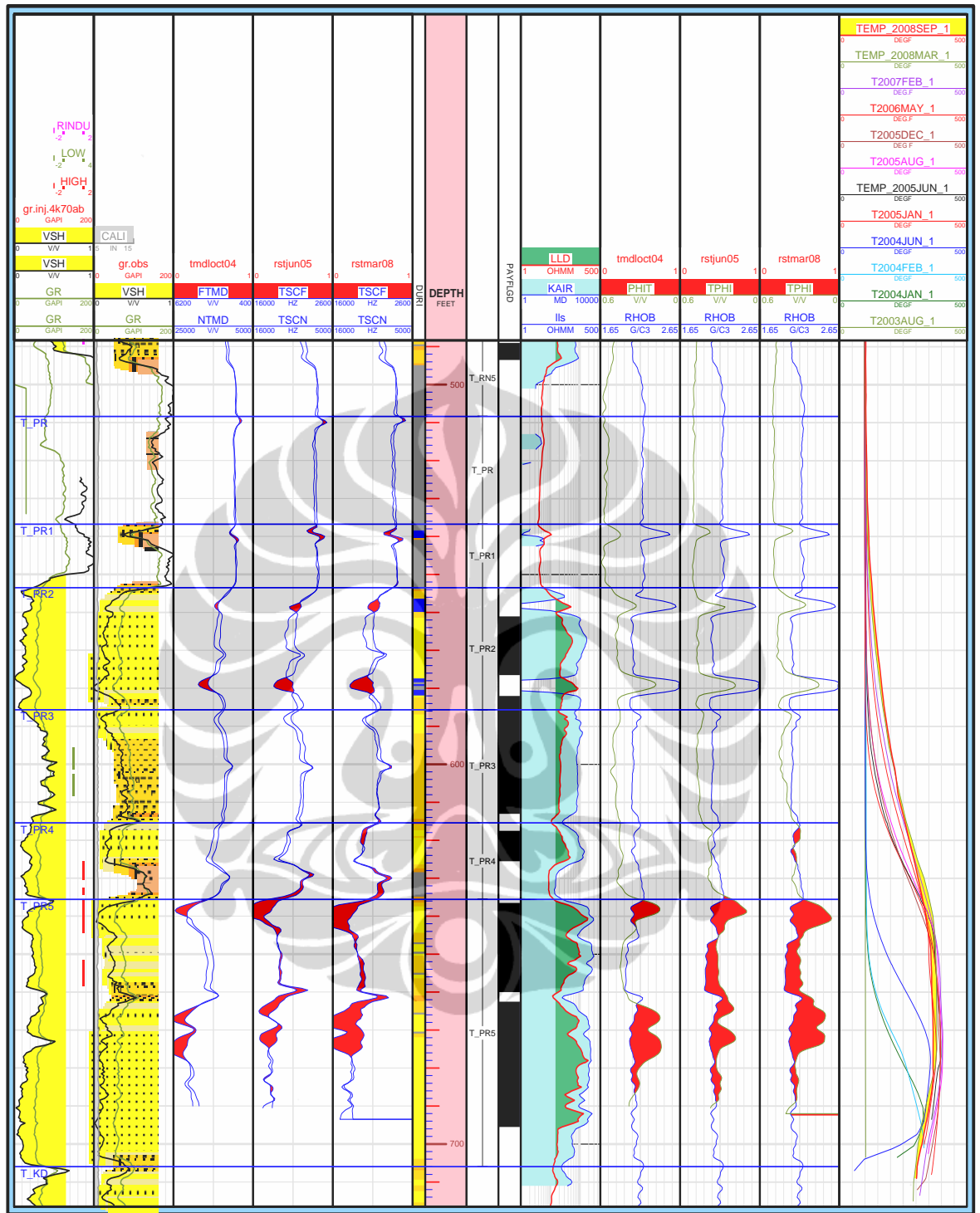
Demikian juga halnya dengan sumur injeksi LD579 dan LE579 adalah sumur injeksi dengan tipe dual hole, dalam satu lubang yang sama dengan target yang berbeda. Injeksi *steam* sumur LD579 ditujukan ke lapisan bagian bawah dan sumur LE579 ditujukan ke lapisan bagian atas.

Data injeksi *steam* dari sumur LD579 dan LE579 tidak ada pada bulan Feb 2005 sebagaimana penampilan pada Gambar 4.59 dan 4.60.

4.8.4 Data Logging Pattern L579



Gambar 4.61 Logging pada sumur observasi LC568. Lapisan P5 pada kedalaman 640-680 ft sudah matang dengan temperature 370°F. Hal ini nampak dengan terisinya batuan tersebut dengan *steam*.



Gambar 4.62 Logging pada sumur observasi LC579. Lapisan P5 pada kedalaman 640-700 ft sudah matang dengan temperature 370°F. Hal ini nampak dengan terisinya batuan tersebut dengan *steam*.

Pattern L579 memiliki dua sumur observasi yaitu LC569 dan LC579. Sumur observasi LC579 terletak disebelah barat *pattern* L579. Sumur observasi ini selain digunakan untuk memnatau perkembangan *steam* dalam *pattern* tersebut juga digunakan untuk memantau agar *steam* tidak masuk ke dalam fault. Sumur observasi LC579 dapat digunakan untuk memantau distribusi *steam* yang diinjeksi dari sumur injeksi LD579 dan LE579. Hal ini dimungkinkan karena letak sumur observasi LC579 yang berdekatan dengan sumur injeksi LD579 dan LE579.

Demikian juga halnya dengan sumur observasi LC569 yang terletak disebelah selatan *pattern* L579. Sumur observasi ini selain digunakan untuk memantau perkembangan *steam* dalam *pattern* L579 juga digunakan untuk memantau agar *steam* tidak masuk ke dalam fault yang berada di *pattern* L650. Sumur observasi LC569 dapat digunakan untuk memantau distribusi *steam* yang diinjeksi dari sumur injeksi LA578 dan LB578 karena letak sumur observasi LC569 yang berdekatan dengan sumur injeksi LA578 dan LB578.

Dari kedua sumur observasi yang ada di *pattern* L579 menunjukkan bahwa hanya lapisan P5 yang matang. Hal ini dibuktikan dengan *steam ID log* yang dilakukan pada kedua sumur tersebut. Pada sumur observasi LC579 *steam* mulai terdeteksi keberadaannya setelah melakukan pengukuran pada Oktober 2004. Sedangkan pada sumur LC569 terdeteksi pada pengukuran yang dilakukan pada Maret 2006.

4.8.5 Data *Spinner Pattern* L579

Tabel 4.18 *Spinner* Sumur LA578 *Pattern* L579. *Steam* yang diinjeksi melalui sumur ini semua masuk ke lapisan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	08 Nov 2003	04 Dec 2004	21 Aug 2005	20 July 2006	21 June 2007	23 Sep 2008
1.	PK-High	P4	618	624	7	0.0%		7.5%	0.0%	0.0%	4.0%
2.	PK-High	P5	646	652	7	34.4%		43.0%	33.4%	14.5%	33.0%
3.	PK-High	P5	676	684	9	45.3%		30.0%	37.0%	44.5%	28.0%
4.	PK-High	P5	694	697	4	20.3%		19.5%	29.6%	41.0%	36.0%

Sumur injeksi LA578 dan LB578 adalah sumur injektor tipe dual hole, namun data *spinner* yang ada hanya sumur LA578. Dari pengukuran *spinner* yang dilakukan menunjukkan bahwa injeksi *steam* dari sumur LA578 semua ditujukan ke lapisan P5.

Tabel 4.19 *Spinner* Sumur LD579 *Pattern* L579. *Steam* yang diinjeksi melalui sumur ini semua masuk ke lapisan P4 dan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	25 Jan 2004	03 Dec 2004	25 June 2006	22 June 2007	23 Sep 2008
1.	PK-High	P4	626	630	5	9.9%	11.7%	18.4%	12.6%	0.0%
2.	PK-High	P4	633	634	2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.0%
3.	PK-High	P4	636	644	9	22.5%	28.5%	24.3%	25.3%	47.0%
4.	PK-High	P5	652	658	7	67.6%	59.8%	36.8%	55.6%	31.0%

Tabel 4.20 *Spinner* Sumur LE579 *Pattern* L579. *Steam* yang diinjeksi melalui sumur ini semua masuk ke lapisan P3.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	25 June 2004	20 Nov 2004	07 Oct 2005	20 July 2006	22 June 2007	20 Sept 2008
1.	PK-Low										35.0%
2.	PK-Low										7.0%
3.	PK-Low	P3	596	601	6	26.5%	18.2%	68.8%	75.0%		29.0%
4.	PK-Low	P3	603	608	8	73.5%	81.8%	31.2%	25.0%		30.0%

Dari Table 4.19 dan 4.20, menunjukkan target injeksi *steam* dari sumur LD579 adalah lapisan P4 dan P5 bagian bawah (*underburden*). Sedangkan sumur LE579 target injeksinya adalah lapisan P3 bagian atas (*overburden*).

Persentase distribusi *steam* dari sumur LD579 adalah kurang lebih 50% atau terdistribusi secara merata ke lapisan P4 dan P5. Distribusi *steam* dari sumur LE579 adalah 100% ke lapisan P3.

4.9 Data Lapangan *Pattern* L576

4.9.1 Data Sumur *Pattern* L576

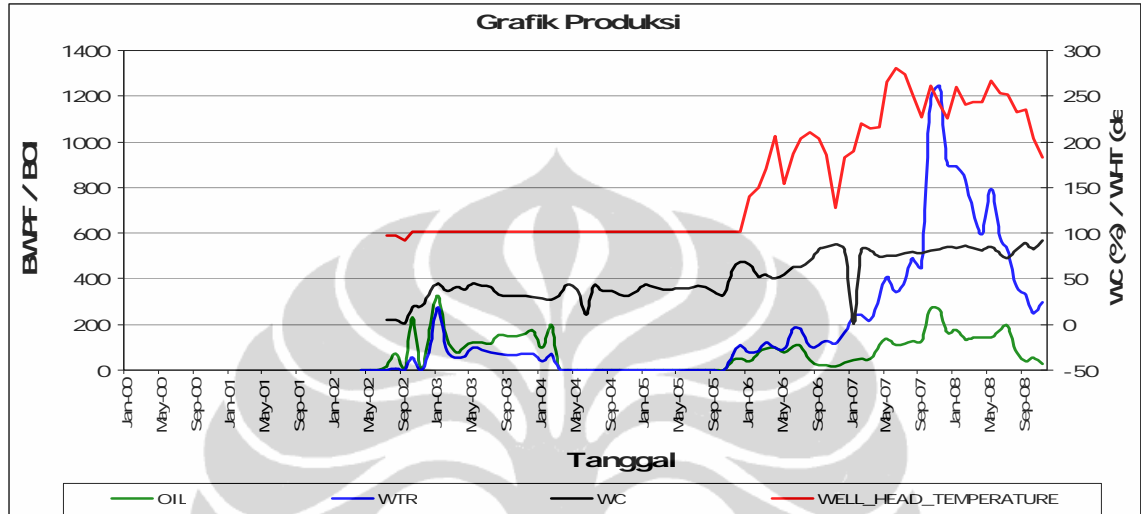
Sumur-sumur ada dalam *pattern* L576 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.21 Sumur pada *Pattern* L576

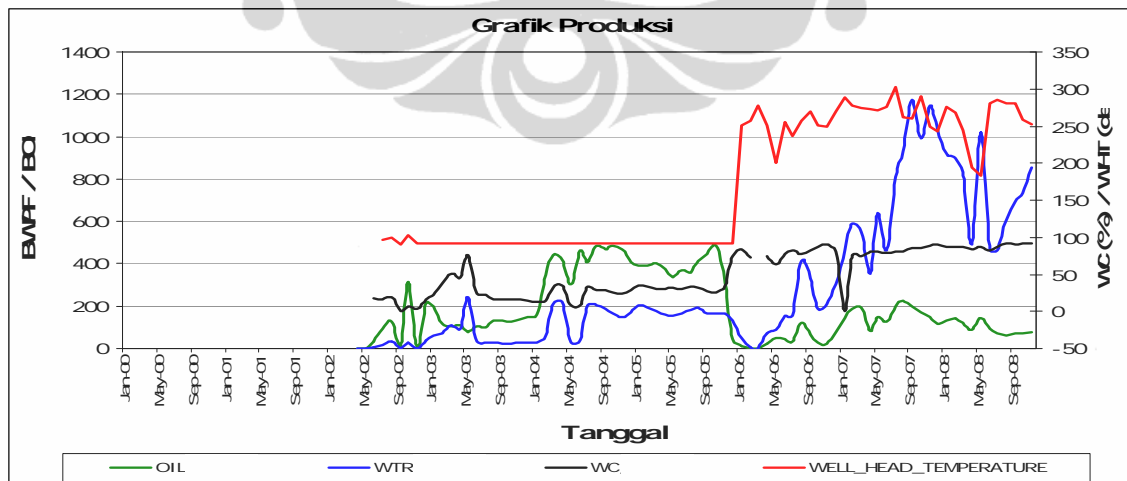
No.	<i>Pattern</i>	Nama Sumur	Jenis Sumur	Formasi
1.	L576	LA565	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
2.	L576	LA566	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
3.	L576	LA567	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
4.	L576	LA575	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
5.	L576	LA577	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
6.	L576	LA585	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
7.	L576	LA586	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
8.	L576	LA587	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
9.	L576	LB576	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
10.	L576	LC576	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua

4.9.2 Grafik Produksi *Pattern* L576

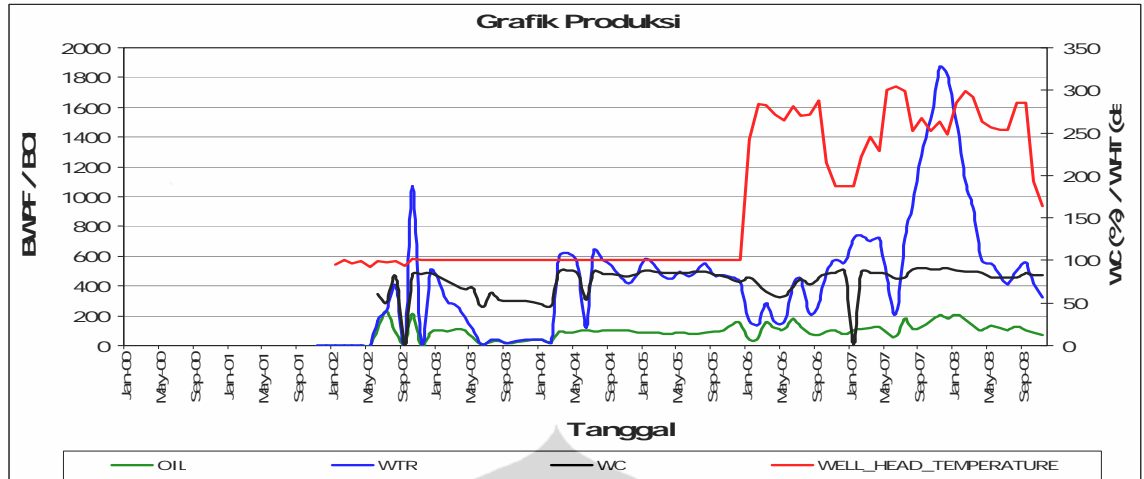
Data produksi (air dan minyak), temperature wellhead, ditampilkan dalam bentuk pada grafik berikut. Grafik sumur LA567, LA577, LA585, LA586 dan LA587 sudah ditampilkan pada bab sebelumnya.



Gambar 4.63 Grafik Produksi Sumur LA565. Dari grafik diatas produksi sumur LA565 menurun drastis dari 195 BOPD menjadi 2 BOPD dari Maret 2004 sampai Oktober 2005. Kemudian mulai meningkat kembali setelah adanya kenaikan temperature Nopember 2005.



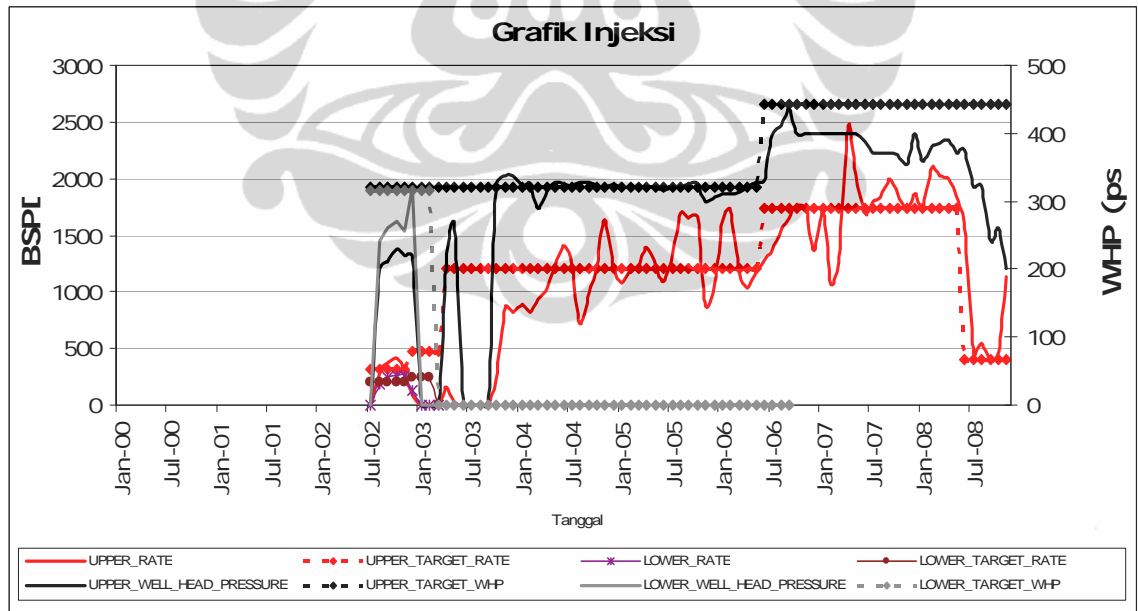
Gambar 4.64 Grafik Produksi Sumur LA566. Produksi minyak secara alami dari sumur LA566 sangat tinggi dan pengaruh *steam* injeksi terhadap produksi minyak tidak berpengaruh. Hal ini bisa dilihat dari produksi minyak yang menurun saat temperature meningkat.



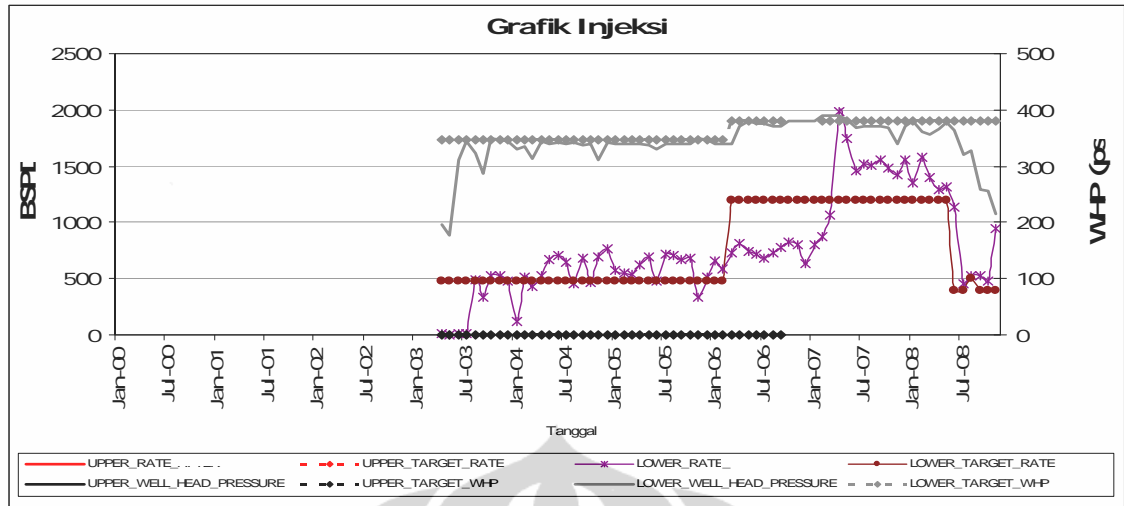
Gambar 4.65 Grafik Produksi Sumur LA575 Steam injeksi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produksi minyak di sumur LA575.

4.9.3 Grafik Injeksi Pattern L576

Data injeksi steam pada masing-masing sumur injeksi pattern L576 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.66 Grafik Injeksi pada Sumur LB576. Target injeksi steam dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 320 dan 440 psi. Target minimum untuk laju injeksi steam bervariasi antara 320-1700BSPD



Gambar 4.67 Grafik Injeksi pada Sumur LC576. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 340 dan 380 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 480-1200BSPD

Target injeksi dari sumur LB576 adalah lapisan bagian bawah (*underburden*) dan target sumur LC576 adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Rate injeksi pada sumur LB576 jauh lebih besar dari rate injeksi pada sumur LC576.

4.9.4 Data Logging Pattern L576

Tidak ada data logging pada *pattern* L576 karena tidak ada sumur observasi di daerah tersebut.

4.9.5 Data Spinner Pattern L576

Tabel 4.22 *Spinner* Sumur LB576 *Pattern* L576. Injeksi *steam* dari sumur ini ditujukan ke lapisan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	22 Aug 2003	04 Feb 2004	04 Nov 2004	12 July 2005	08 Dec 2006
1.	PK-High	P5	624	624	5	100.0%	41.2%	32.9%	39.0%	27.0%
2.	PK-High	P5	664	674	11	0.0%	58.8%	61.0%	61.0%	73.0%

Tabel 4.23 *Spinner* Sumur LC576 *Pattern* L576. Distribusi *steam* yang diinjeksi dari sumur ini ditujukan ke lapisan P3 dan P4.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	12 Oct 2003	15 Oct 2004	24 Mar 2006	23 June 2007	22 July 2008
1.	PK-Low	P2	537	539	3	0.0%	0.0%	12.1%	0.0%	2.7%
2.	PK-Low	P2	543	544	2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.9%
3.	PK-Low	P3	575	578	4	36.2%	78.6%	51.2%	79.5%	26.1%
4.	PK-Low	P4	583	586	4	39.1%	0.0%	31.9%	20.5%	41.4%
5.	PK-Low	P5	599	602	4	24.7%	21.4%	4.8%	0.0%	10.9%

Dari table diatas terlihat bahwa *steam* yang diinjeksikan dari sumur LB576 ditujukan hanya ke lapisan P5. Sedangkan untuk sumur LC576 target injeksi pada saat awal adalah ke lapisan P3, P4 dan P5. Setelah beberapa tahun distribusi *steam* lebih banyak ke lapisan P3 dan P4.

4.10 Data Lapangan *Pattern* L650

4.10.1 Data Sumur *Pattern* L650

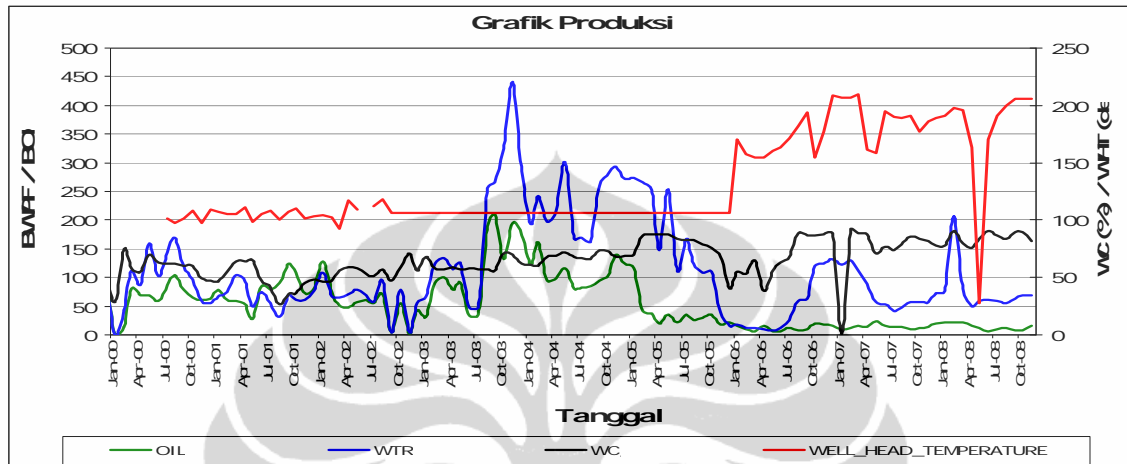
Sumur-sumur ada dalam *pattern* L650 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.24 Sumur pada *Pattern* L650

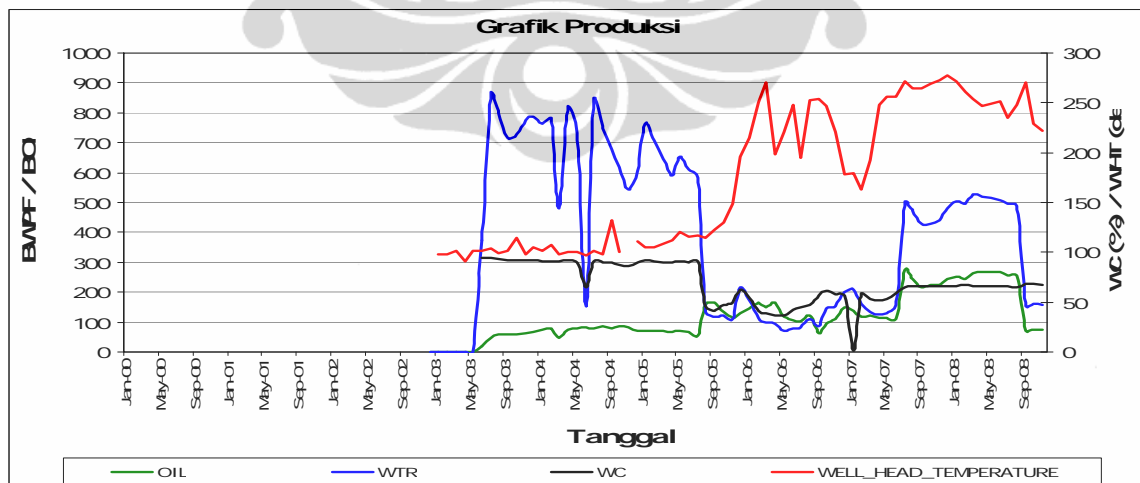
No.	<i>Pattern</i>	Nama Sumur	Jenis Sumur	Formasi
1.	L650	LA548	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
2.	L650	LA558	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
3.	L650	LB568	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
4.	L650	LA569	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
5.	L650	LA640	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
6.	L650	LA641	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
7.	L650	LA651	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
8.	L650	LA660	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
9.	L650	LA559	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
10.	L650	LB559	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
11.	L650	LA650	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
12.	L650	LB650	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
13.	L650	LC559	Sumur Observasi	RPK
14.	L650	LA549	Abandoned	

4.10.2 Grafik Produksi *Pattern* L650

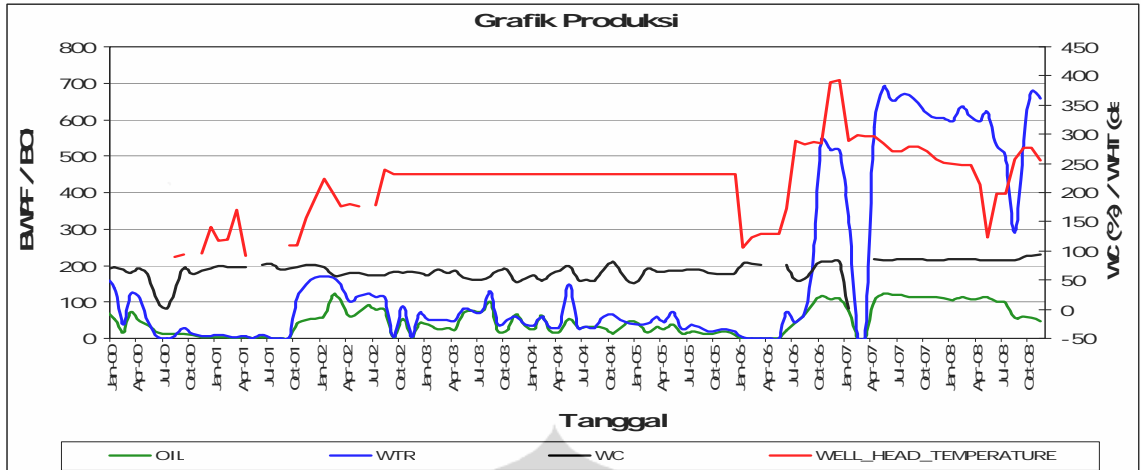
Data produksi (air dan minyak), temperature wellhead, ditampilkan dalam bentuk pada grafik berikut. Grafik sumur LB568, LA569, dan LA660 sudah ditampilkan pada bab sebelumnya.



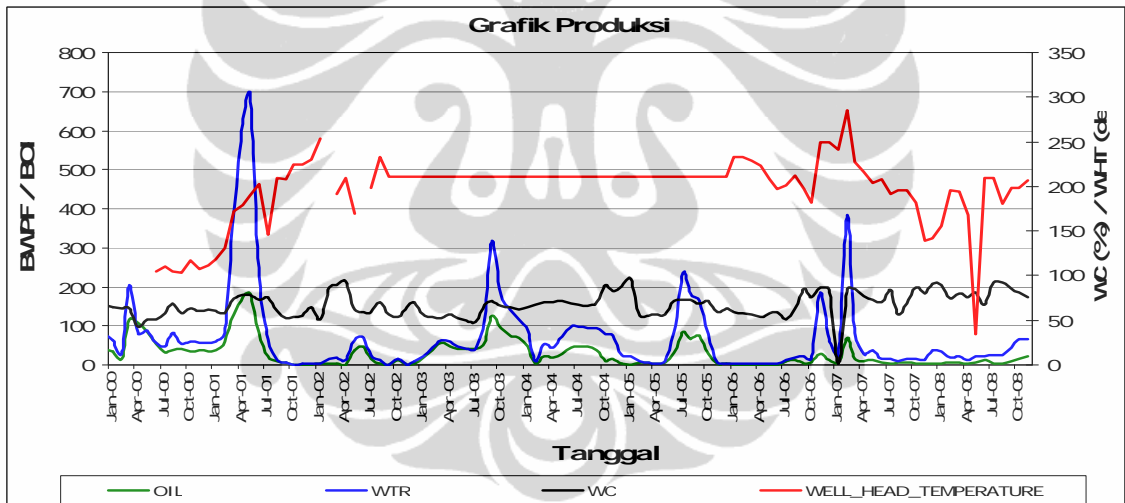
Gambar 4.68 Grafik Produksi Sumur LA548. Sumur ini mulai operasi tahun 2000 dan mencapai puncak produksi 2003 dengan temperature original reservoir. *Steam* injeksi pengaruhnya terhadap kenaikan temperature baru terlihat awal 2006 namun tidak berdampak terhadap kenaikan produksi.



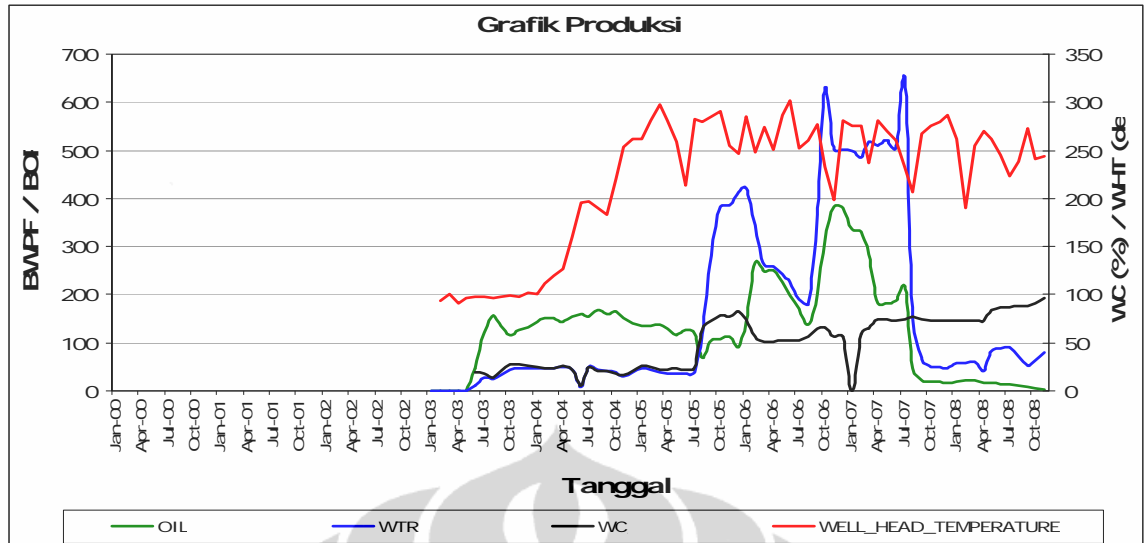
Gambar 4.69 Grafik Produksi Sumur LA558. Sumur ini mulai produksi 2003 dan kenaikan produksi terjadi Sep 2005 seiring dengan terjadinya kenaikan temperature sebagai akibat *steam* injeksi.



Gambar 4.70 Grafik Produksi Sumur LA640. Produksi dari sumur turun pertengahan 2000 dan produksi naik kembali setelah temperature reservoir naik dan mencapai puncak produksi tahun 2007.



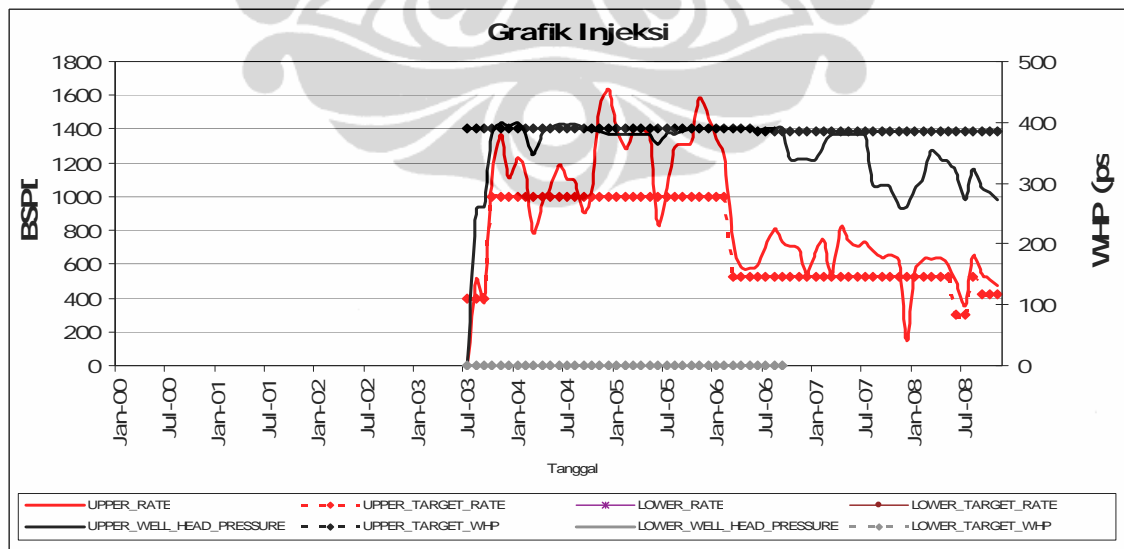
Gambar 4.71 Grafik Produksi Sumur LA641. Puncak produksi terjadi April 2001 dan kenaikan temperature tidak berpengaruh banyak terhadap kenaikan produksi minyak.



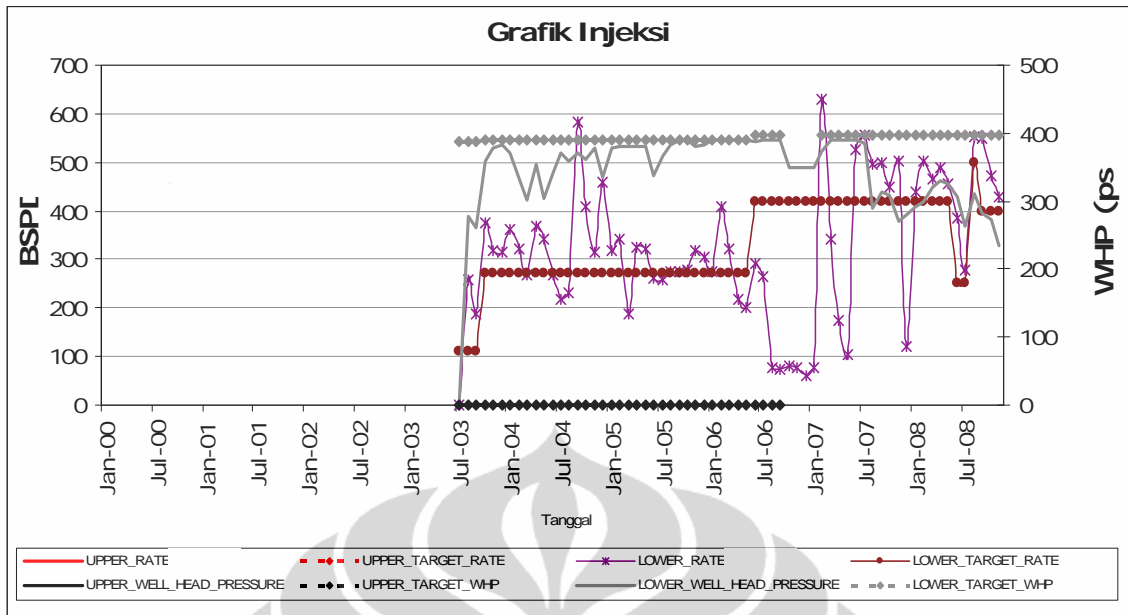
Gambar 4.72 Grafik Produksi Sumur LA651. Kenaikan produksi terjadi secara signifikan dengan kenaikan temperature dan mencapai puncaknya akhir 2006. Fase tail out terjadi diakhir 2008.

4.10.3 Grafik Injeksi *Pattern* L650

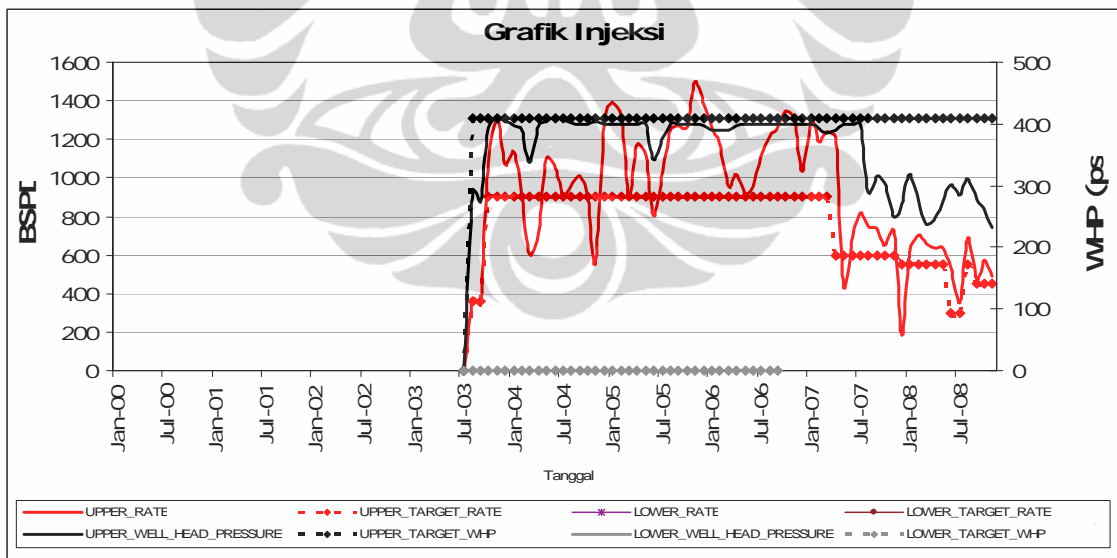
Data injeksi *steam* pada masing-masing sumur injeksi *pattern* L650 adalah sebagai berikut.



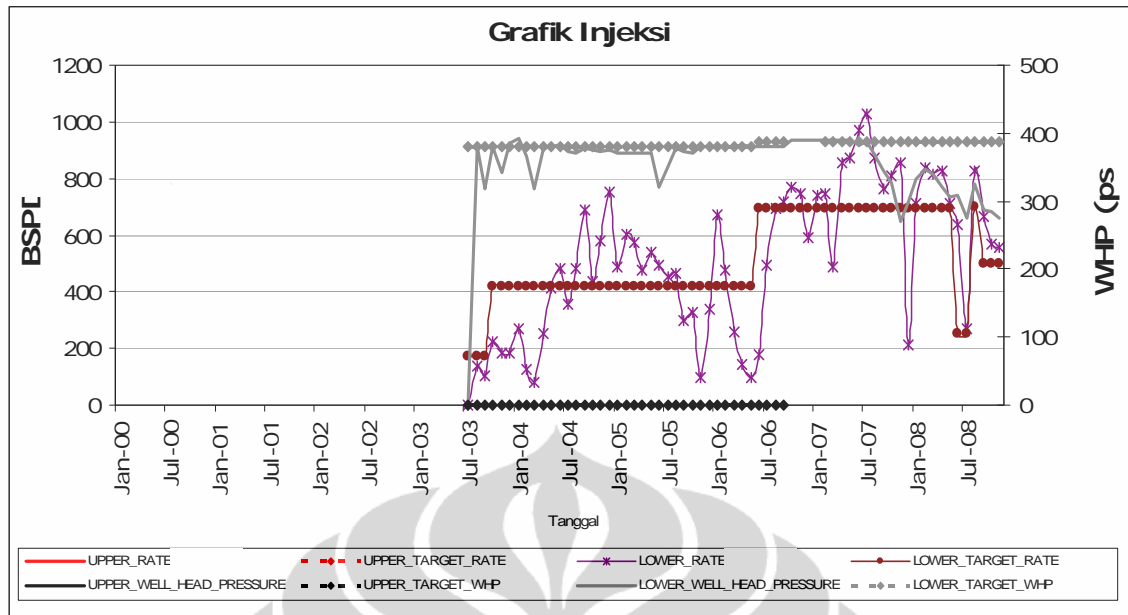
Gambar 4.73 Grafik Injeksi pada Sumur LA559. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 390 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 400-1000BSPD



Gambar 4.74 Grafik Injeksi pada Sumur LB559. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 390 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 100-400BSPD

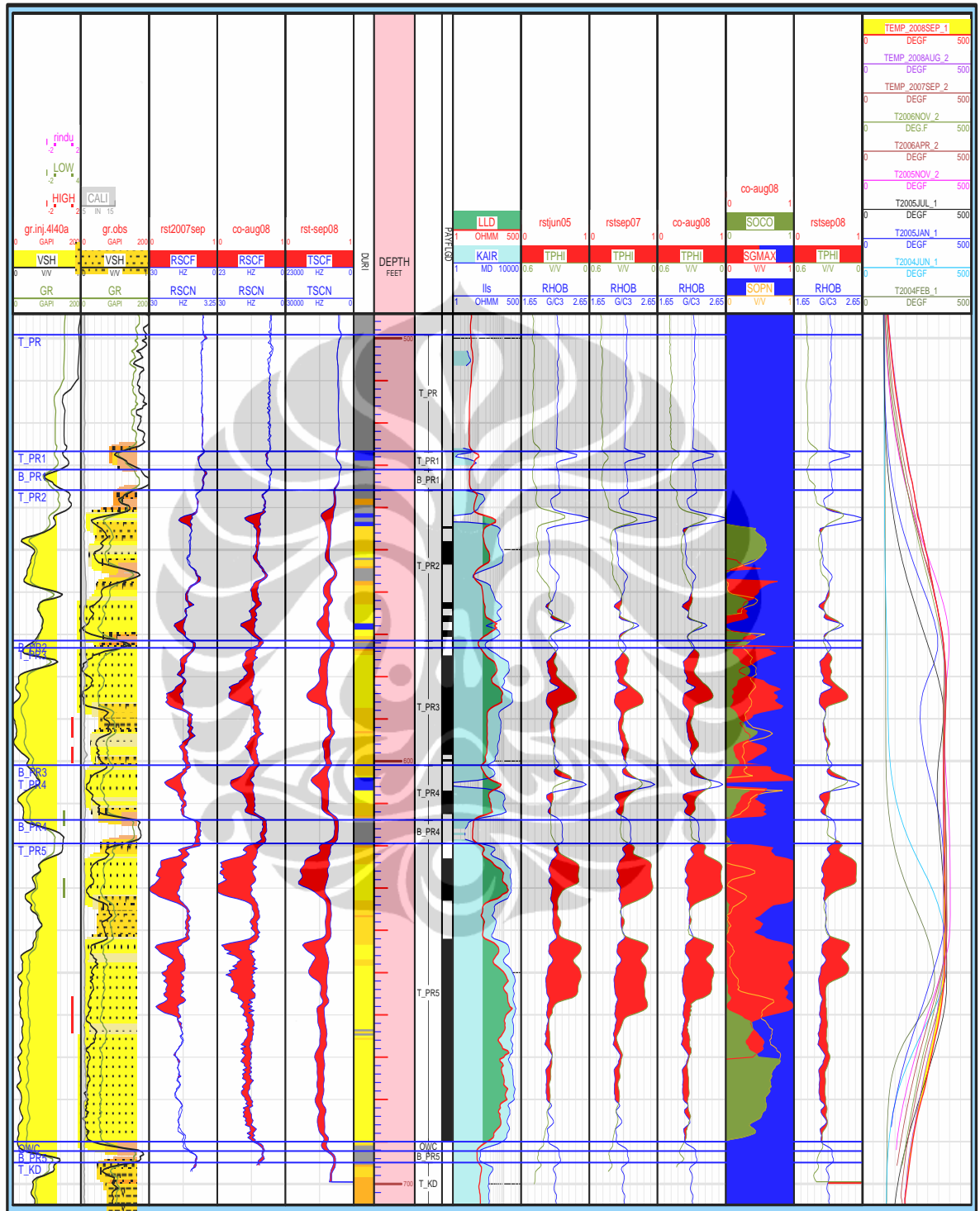


Gambar 4.75 Grafik Injeksi pada Sumur LA650. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian bawah (*underburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 410 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 300-900BSPD



Gambar 4.76 Grafik Injeksi pada Sumur LB650. Target injeksi *steam* dari sumur ini adalah lapisan bagian atas (*overburden*). Batas maksimum tekanan injeksi adalah 380 psi. Target minimum untuk laju injeksi *steam* bervariasi antara 170-400BSPD

4.10.4 Data Logging Pattern L650



Gambar 4.77 Logging pada sumur observasi LC559. Lapisan P3 sampai P5 pada kedalaman 570-670ft, dari log temperature (kolom paling kanan) nampak sudah matang. Hal ini sejalan dengan keberadaan *steam* pada *steam ID log* di lapisan batuan tersebut (kolom kedua dari kanan)

Dari logging temperature Gambar 4.77, lapisan P3, P4 dan P5 memperlihatkan temperature yang stabil. Ini menunjukkan bahwa lapisan P3, P4 dan P5 sudah matang. Kematangan pada lapisan tersebut diperkuat dengan keberadaan *steam* pada lapisan tersebut.

4.10.5 Data Spinner Pattern L650

Tabel 4.25 *Spinner* Sumur LA559 *Pattern* L650. Distribusi *steam* dari sumur injeksi ini ditujukan ke lapisan P3 dan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	24 Dec 2003	07 Jan 2005	08 Oct 2005	25 July 2006	23 June 2007	23 Sept 2008
1.	PK-High	P3	590	594	5	21.4%		18.2%	15.2%	22.4%	50.0%
2.	PK-High	P3	597	600	4	10.7%		35.6%	38.4%	26.2%	19.0%
3.	PK-High	P5	658	664	9	67.9%		46.2%	46.4%	51.4%	31.0%

Tabel 4.26 *Spinner* Sumur LB559 *Pattern* L650. Distribusi *steam* dari sumur injeksi ini ditujukan ke lapisan P3 dan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	24 Dec 2003	20 Nov 2004	08 Oct 2005	22 July 2006	22 June 2007	20 Sept 2008
1.	PK-Low	P4	612	615	4	0.0%	0.0%	13.0%	2.4%	6.5%	76.0%
2.	PK-Low	P5	628	632	5	100.0%	100.0%	87.0%	97.6%	93.5%	24.0%

Target injeksi *steam* dari sumur injeksi LA559 adalah lapisan bawah (*underburden*) dari P3 dan P5. Persentase distribusi antara kedua lapisan tersebut hampir merata. Awal injeksi distribusi ke lapisan P5 lebih dominant, namun setelah beberapa tahun distribusi ke lapisan P3 lebih dominan.

Sumur injeksi LB559 target injeksi *steam* ditujukan ke lapisan atas (*overburden*) dari P4 dan P5. Awal injeksi ditujukan ke lapisan P4 dan setelah beberapa tahun sebagian injeksi *steam* dialihkan ke lapisan P4.

Tabel 4.27 *Spinner* Sumur LA650 *Pattern* L650. Distribusi *steam* dari sumur injeksi ini ditujukan ke lapisan P4 dan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	25 Dec 2003	07 Jan 2005	26 June 2006	26 May 2007
1.	PK-High	P4	625	628	4	12.7%	23.9%	19.5%	33.3%
2.	PK-High	P5	636	646	11	41.8%	41.7%	50.3%	47.0%
3.	PK-High	P5	662	668	7	45.5%	34.4%	30.2%	19.7%

Tabel 4.28 *Spinner* Sumur LB650 *Pattern* L650. Distribusi *steam* dari sumur injeksi ini ditujukan ke lapisan P3.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	25 Dec 2003	09 Nov 2004	06 Oct 2006	26 May 2007
1.	PK-Low	P3	597	599	3	33.3%		58.0%	33.1%
2.	PK-Low	P3	603	610	8	66.7%		42.0%	66.9%

Target injeksi *steam* dari sumur injeksi LA650 adalah lapisan bawah (*underburden*) dari P4 dan P5. Persentase distribusi antara kedua lapisan tersebut lebih dominant ke lapisan P5. Persentase rata-rata distribusi injeksi *steam* adalah 80% ke P5 dan 20% ke P4.

Sumur injeksi LB650 target injeksi *steam* ditujukan ke lapisan atas (*overburden*) dari P3. Distribusi *steam* yang diinjeksi dari sumur LB650 adalah 100% ke lapisan P3.

4.11 Data Lapangan *Pattern* L556

4.11.1 Data Sumur *Pattern* L556

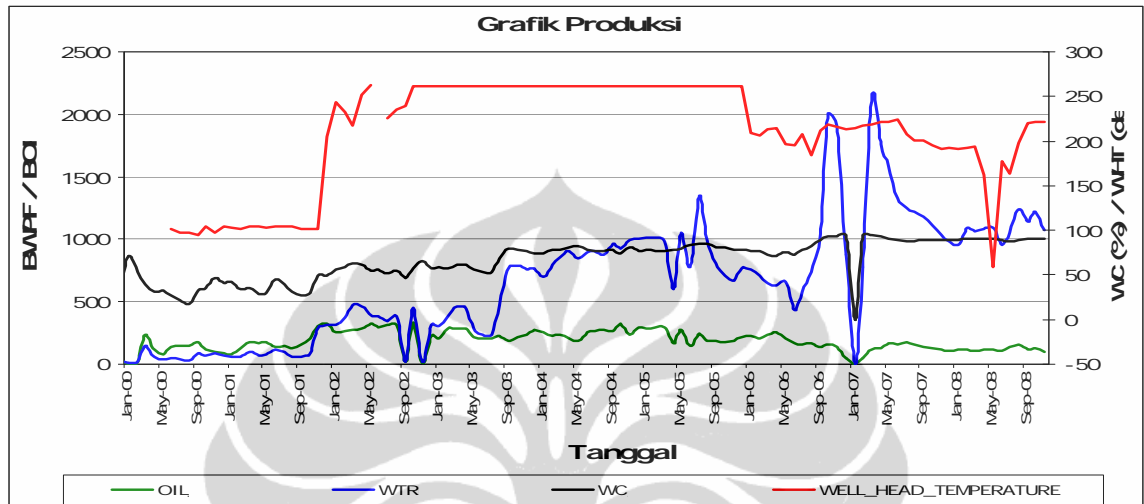
Sumur-sumur ada dalam *pattern* L556 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.29 Sumur pada *Pattern* L556

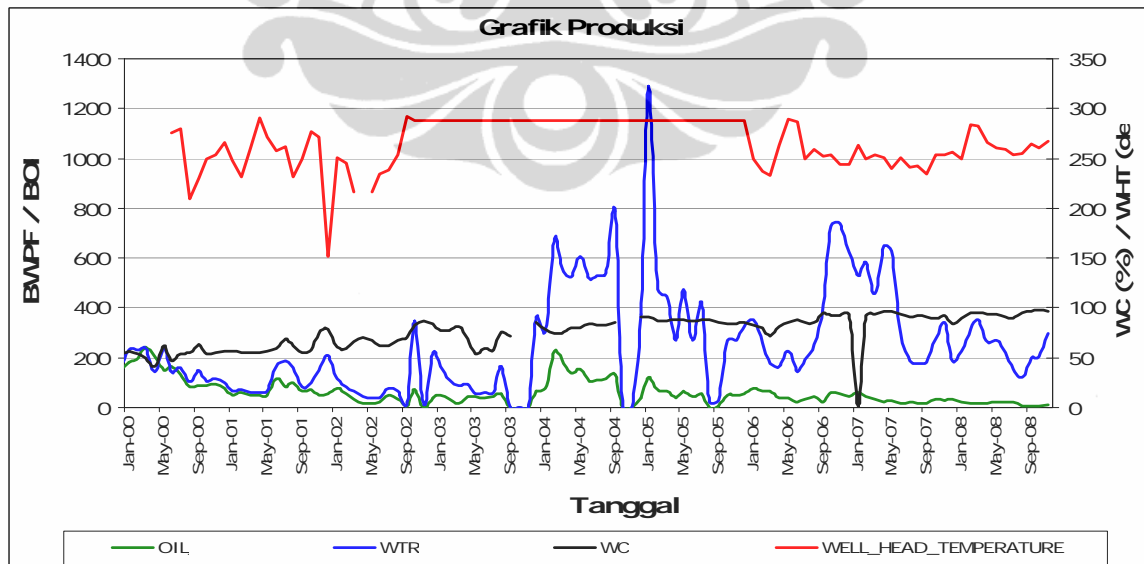
No.	<i>Pattern</i>	Nama Sumur	Jenis Sumur	Formasi
1.	L556	LA545	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
2.	L556	LA546	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
3.	L556	LA547	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
4.	L556	LA555	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
5.	L556	LB557	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
6.	L556	LA565	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
7.	L556	LA566	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
8.	L556	LA567	Sumur Produksi	Pertama/Kedua
9.	L556	LA556	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua
10.	L556	LB556	Sumur Injeksi	Pertama/Kedua

4.11.2 Grafik Produksi *Pattern* L556

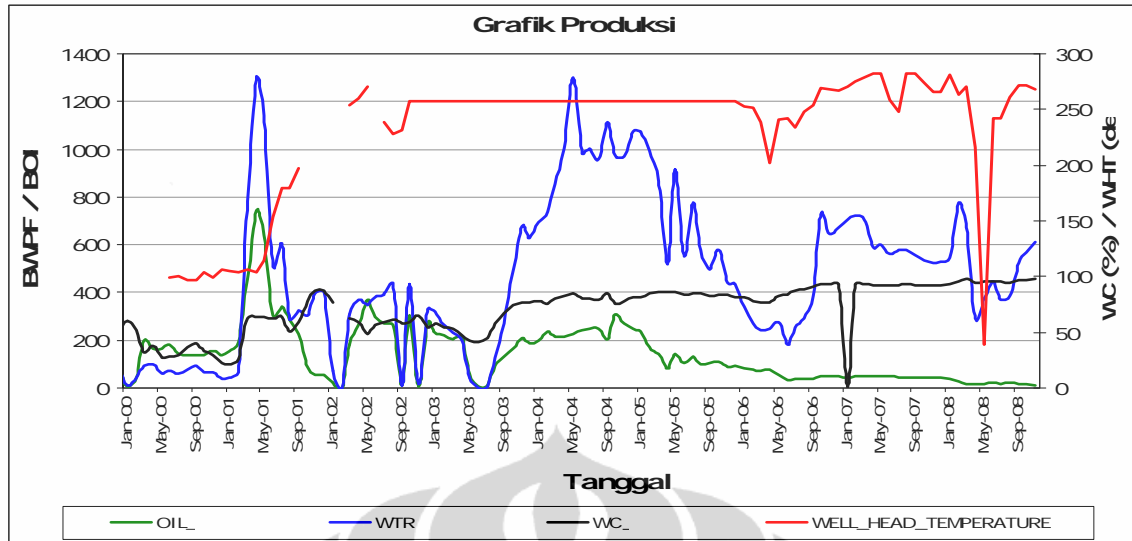
Data produksi (air dan minyak), temperature wellhead, ditampilkan dalam bentuk pada grafik berikut. Grafik sumur LA565, LA566, dan LA567 sudah ditampilkan pada bab sebelumnya.



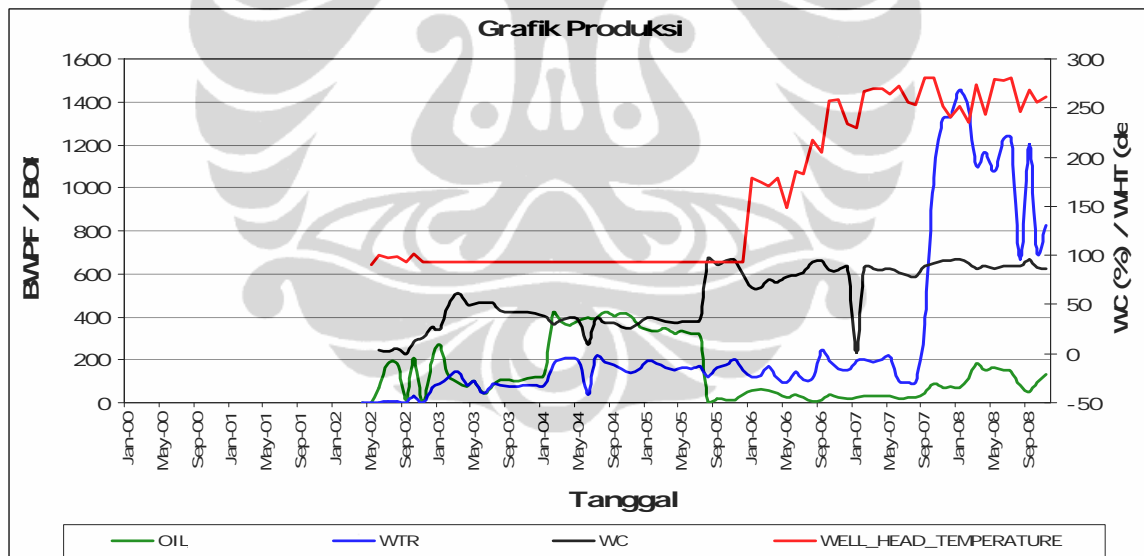
Gambar 4.78 Grafik Produksi Sumur LA545. Sumur ini mulai dioperasikan tahun 2000 dan dampak kenaikan temperature karena injeksi *steam* mulai terlihat 2002. Produksi minyak sangat besar sekitar 200BOPD dan akhir 2006 penurunan produksi minyak mulai menurun.



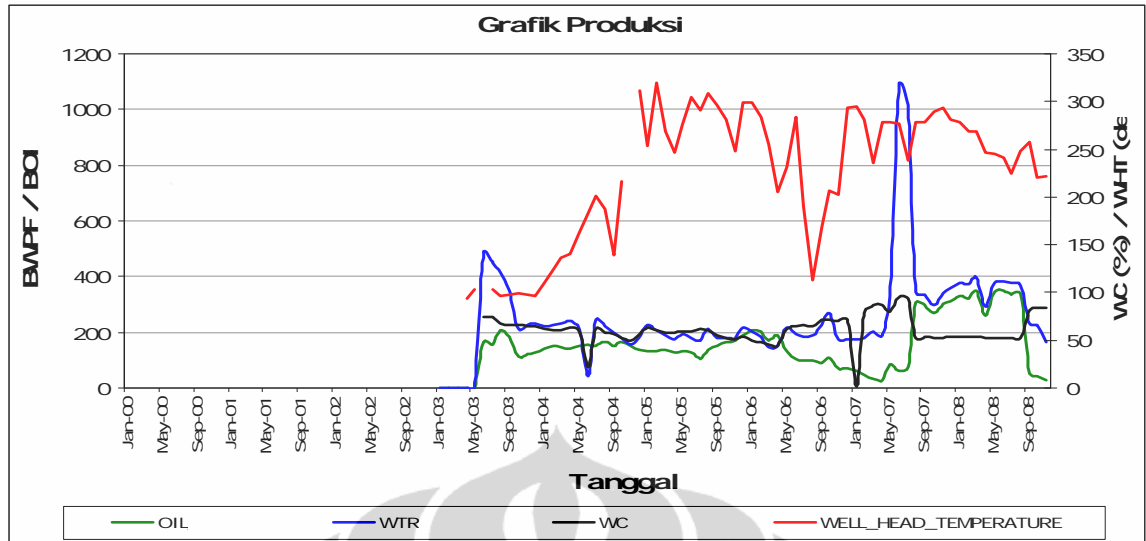
Gambar 4.79 Grafik Produksi Sumur LA546. Produksi minyak dan temperature pada sumur ini fluktuatif. Pada tahun 2008 produksi minyak sudah mencapai fase tail out.



Gambar 4.80 Grafik Produksi Sumur LA547. Produksi minyak dan temperature pada sumur ini fluktuatif. Pada tahun 2008 produksi minyak sudah mencapai fase tail out.



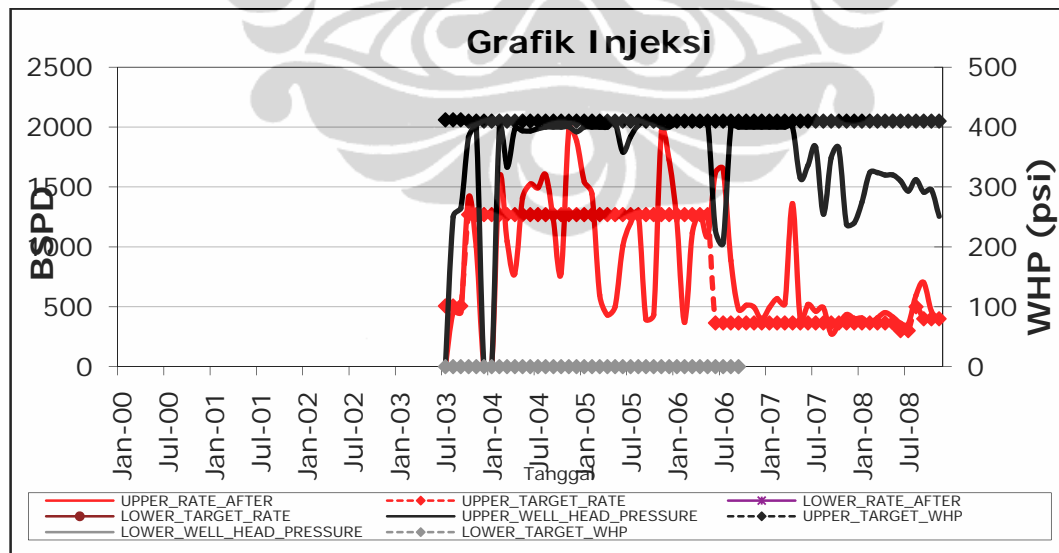
Gambar 4.81 Grafik Produksi Sumur LA555. Sumur mulai operasi 2002 dan terjadi kenaikan produksi dengan temperature original reservoir. Penurunan produksi secara drastis terjadi akhir 2005. Kenaikan temperature mampu menaikkan produksi sampai diatas 100 BOPD pada tahun 2008



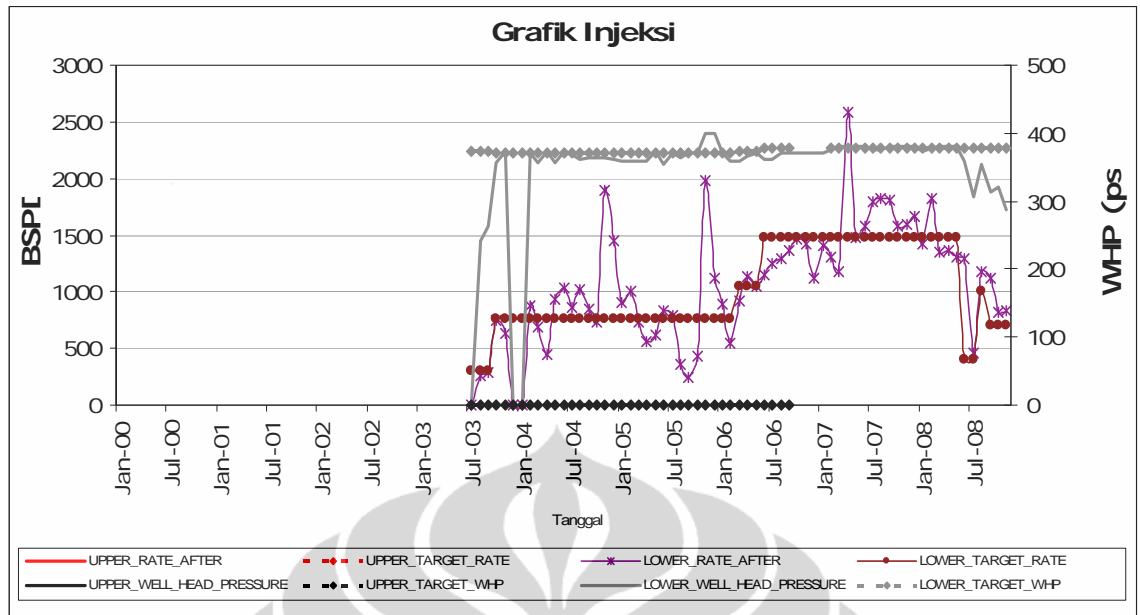
Gambar 4.82 Grafik Produksi Sumur LB557. Produksi minyak besar dan temperature sudah tinggi diawal operasi. Kenaikan produksi sampai diatas 300BOPD periode Sept 2007 sampai Sept 2008 dan setelahnya masuk kedalam fase tailout.

4.11.3 Grafik Injeksi *Pattern* L556

Data injeksi *steam* pada masing-masing sumur injeksi *pattern* L556 adalah sebagai berikut.

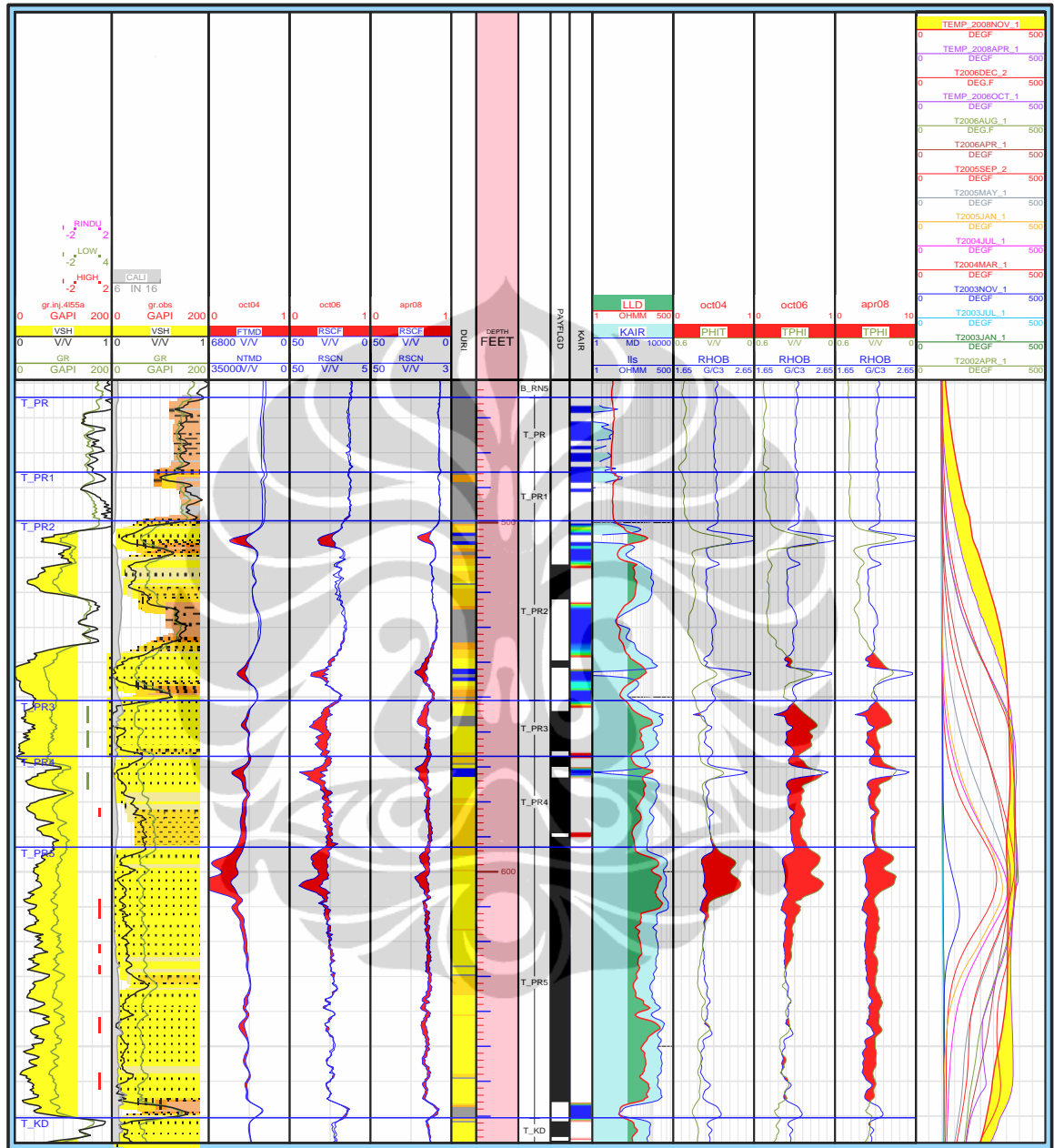


Gambar 4.83 Grafik Injeksi pada Sumur LA556.



Gambar 4.84 Grafik Injeksi pada Sumur LB556.

4.11.4 Data Logging Pattern L556



Gambar 4.85 Logging pada sumur observasi LC544. Lapisan P2 sampai P5 pada kedalaman 530-670ft sudah matang dengan temperature 370°F sebagaimana nampak pada log temperature (kolom kanan). Demikian halnya dengan *steam* yang terlihat pada lapisan tersebut. Logging pada sumur digunakan hanya untuk referensi karena lokasi ini berada diluar obyek penelitian.

4.11.5 Data *Spinner Pattern* L556

Tabel 4.30 *Spinner* Sumur LA556 *Pattern* L556. Distribusi *steam* dari sumur ini ditujukan ke lapisan P5.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	22 Aug 2003	04 Feb 2004	04 Nov 2004
1.	PK-High	P5	630	636	7	66.6%	62.5%	100%
2.	PK-High	P5	672	688	17	33.4%	37.5%	

Tabel 4.31 *Spinner* Sumur LB556 *Pattern* L556. Distribusi *steam* dari sumur ini ditujukan ke lapisan P3 dan P4.

No.	Zone	Flow Unit	Top Perforation	Bottom Perforation	No of Holes	04 Mar 2004	25 Nov 2005	24 May 2007
1.	PK-Low	P3	580	582	3	10.5%	31.2%	58.8%
2.	PK-Low	P3	588	592	5	26.3%	60.7%	14.1%
3.	PK-Low	P4	602	605	1	63.2%	8.1%	27.1%

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Pattern* K547

Jumlah sumur yang masuk dalam *pattern* K547 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.6 adalah:

- Sumur produksi : 10 sumur
- Sumur injeksi : 3 sumur (dua sumur *single string* dan satu sumur *dual string*)
- Sumur observasi : 1 sumur

Sumur observasi yang dipakai adalah sumur KC547 yang terletak di *pattern* K547. Sumur observasi KC549 terletak diluar *pattern* K547 dan berfungsi sebagai sumur observasi untuk *fault protection*. Sumur observasi KC566 terletak di sebelah atas *pattern* K547 dan digunakan sebagai data pendukung untuk analisa *pattern* ini.

5.1.1 Analisis Temperature pada Sumur Produksi *Pattern* K547

Temperature rata-rata sumur produksi yang berada dalam area *pattern* K547 pada kurung waktu 2008 adalah:

Sumur KA535	: 242 °F
Sumur KB536	: 261 °F
Sumur KB537	: 204 °F
Sumur KA538	: 201 °F
Sumur KA539	: 233 °F
Sumur KA545	: 245 °F
Sumur KA548	: 112 °F
Sumur KA555	: 118 °F
Sumur KA556	: 256 °F
Sumur KA557	: 252 °F

Delapan dari sepuluh sumur produksi sudah *breakthrough* (suhu lebih dari 200 °F). Namun suhu ini tidak dapat dipastikan berasal dari lapisan mana. Berdasarkan data *spinner* pada Table 4.7, 4.8 dan 4.9, menunjukkan bahwa *steam* diinjeksikan dari permukaan masuk ke formasi Pertama (P2, P3, P4, P5) dan Kedua. Untuk prediksi tingkat kematangan *pattern* K547 perlu dilakukan analisa perlapisan.

5.1.2 Lapisan P2 *Pattern* K547

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P2 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.32, 4.33 dan 4.34 adalah

Sumur KC547	: 120 °F
Sumur KC549	: 110 °F
Sumur KC566	: 370 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P2 belum terbentuk *steam chest*. Temperature yang tinggi pada sumur observasi KC566 adalah bukan karena pengaruh *steam* yang diinjeksi dari sumur KA546, KA547 dan KC546. Hal ini dimungkinkan karena sumur observasi KC566 berada diluar *pattern* K547.

Sumur observasi KC549 tidak mengalami perubahan temperature dan temperature yang terukur adalah temperature original reservoir. Hal ini sesuai dengan harapan dimana sumur observasi KC549 dipasang untuk memantau agar *steam* yang diinjeksi tidak masuk ke fault yang berada dekat dengan *pattern* tersebut.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.32, 4.33 dan 4.34, pada lapisan P2:

Sumur KC547	: tidak ada <i>steam</i>
Sumur KC549	: tidak ada <i>steam</i>
Sumur KC566	: ada <i>steam</i> pada kedalaman 576 ft sampai 586 ft

Neuman Area

Indikator lain yang digunakan untuk menentukan tingkat kematangan adalah dengan menghitung sebaran *steam* yang diinjeksi (*Neuman Area*). Parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan seberapa besar sebaran dari *steam* yang diinjeksi adalah:

Surface Parameter

<i>Pattern Area</i>	:	26.77 acre
<i>Surface Injection Rate</i>	:	306 BCWE/Day
<i>Surface Steam Quality</i>	:	70%
<i>Surface Line Pressure</i>	:	550 psi
<i>Time to develop steam Chest</i>	:	2377 days

Reservoir Parameter

<i>Steam Temperature</i>	:	370 °F
<i>Dip of Overburden</i>	:	3 degrees
<i>Water Influx</i>	:	0 BWPD
<i>Water Scavenging Heat Temp</i>	:	140 °F

Wellbore Loss Parameter

<i>Depth</i>	:	600 feet
<i>Injectors</i>	:	1
<i>Completion Type</i>	:	casing
<i>Percent Air Sand</i>	:	0%

Thermal Parameter

<i>Thermal Conductivity</i>	:	27.6 BTU/D-ft/ °F
<i>Reservoir Heat Capacity</i>	:	35.0 BTU/D-ft/ °F

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* adalah 5 acre (20,235 m²). *Neuman area* sebesar 5 acre menunjukkan di lapisan P2 *steam* hanya

meng-cover sebagian kecil area (5 acre) dibandingkan dengan luas *pattern* yang sebesar 26.77 acre.

5.1.3 Lapisan P3 *Pattern* K547

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.32, 4.33 dan 4.34 adalah

Sumur KC547	: 110-160 °F
Sumur KC549	: 110 °F
Sumur KC566	: 370 °F

Sama seperti lapisan P2 pada sub-bab 5.1.1, lapisan P3 belum terbentuk *steam chest* karena temperature pada sumur observasi KC547 dan KC549 masih dibawah 200 °F.

Sumur observasi KC549 untuk lapisan P3 tidak mengalami perubahan temperature dan temperature yang terukur adalah temperature original reservoir.

Evaluasi Keberadaan Steam pada Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.32, 4.33 dan 4.34, pada lapisan P3:

Sumur KC547	: tidak ada <i>steam</i>
Sumur KC549	: tidak ada <i>steam</i>
Sumur KC566	: ada <i>steam</i> pada kedalaman 610 ft sampai 627 ft

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan Neuman area adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 698 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 12 acre (48,563 m²).

5.1.4 Lapisan P4 *Pattern* K547

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P4 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.32, 4.33 dan 4.34 adalah

Sumur KC547	: 160-200 °F
Sumur KC549	: 110 °F
Sumur KC566	: 370 °F

Sama seperti lapisan P3 pada sub-bab 5.1.2, lapisan P4 belum terbentuk *steam chest* karena temperature pada sumur observasi KC547 masih bervariasi antara 160-200 °F. Akan terbentuk *steam chest* apabila temperature 370 °F stabil dalam kurung waktu minimal 3 bulan.

Sumur observasi KC549 untuk lapisan P4 tidak mengalami perubahan temperature dan temperature yang terukur adalah temperature original reservoir.

Evaluasi Keberadaan Steam pada Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.32, 4.33 dan 4.34, pada lapisan P4:

Sumur KC547	: tidak ada <i>steam</i>
Sumur KC549	: tidak ada <i>steam</i>
Sumur KC566	: ada <i>steam</i> pada kedalaman 610 ft sampai 627 ft

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan Neuman area adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 458 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 7 *acre* (28,328 m²).

5.1.5 Lapisan P5 *Pattern* K547

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P5 adalah

Sumur KC547	: 200-370 °F
Sumur KC549	: 110 °F
Sumur KC566	: 370 °F

Dari data *temperature sumur observasi (TOW)* terlihat bahwa lapisan P5 sudah *breakthrough* namun belum terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam pada Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.32, 4.33 dan 4.34, pada lapisan P5:

Sumur KC547	: ada <i>steam</i> pada kedalaman 650 ft sampai 672 ft
Sumur KC549	: tidak ada <i>steam</i>
Sumur KC566	: ada <i>steam</i> pada kedalaman 650 ft sampai 678 ft

Neuman Area

Surface Injection Rate untuk lapisan P5 adalah 782 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 12 *acre* (48,563 m²).

5.1.6 Analisis Tingkat Kematangan *Pattern* K547

Dari analisis diatas diperoleh *maturity level*, jumlah *steam* yang diinjeksi dan *Neuman area* pada tiap lapisan.

Tabel 5.1 *Maturity Level pattern K547*

Keterangan	Lapisan			
	P2	P3	P4	P5
KC547 <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
Neuman <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>
<i>Pattern Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>
<i>Average Steam Rate (BCWE/Day)</i>	306	698	458	782
<i>Neuman Area (Acre)</i>	5	12	7	12
<i>Percentage Coverage</i>	18.7%	44.8%	26.2%	44.8%
<i>Steam Injected (days)</i>	2377	2467	2467	2101
<i>Remaining Area to Cover (acre)</i>	21.77	14.77	19.77	14.77
<i>Time to Breakthrough (years)</i>	136	11	47.6	8.7
<i>Maintenance Rate (BCWE/Day)</i>	N/R	N/R	N/R	N/R

Untuk lapisan P5 terdapat perbedaan *maturity level* di *TOW* KC547 dengan hasil perhitungan *Neuman area*. Perhitungan *Neuman area* menunjukkan total *steam* yang diinjeksikan ke P5 hanya cukup untuk meng-cover 12 *acre* dari total luas *pattern* 26.77 *acre* sedangkan *TOW* KC547 menunjukkan bahwa P5 sudah *mature*. Untuk kasus ini, *maturity level* yang digunakan adalah *maturity level* berdasarkan *Neuman calculation*. Letak *TOW* KC547 yang berdekatan dengan sumur injeksi KA546 & KA547 kemungkinan menyebabkan *steam* telah sampai ke *TOW* KC547 tetapi belum meng-cover P5 di *pattern* ini secara menyeluruh.

5.2 Analisis *Pattern* K529

Jumlah sumur yang masuk dalam *pattern* K529 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.10 adalah:

- Sumur produksi : 10 sumur
- Sumur injeksi : 4 sumur
- Sumur observasi : 1 sumur

5.2.1 Analisis Temperature pada Sumur Produksi *Pattern* K529

Temperature rata-rata sumur produksi yang berada dalam area *pattern* K529 pada kurung waktu 2008 adalah:

Sumur KA527	: 271 °F
Sumur KB537	: 204 °F
Sumur KA538	: 201 °F
Sumur KA539	: 233 °F
Sumur LA587	: 156 °F
Sumur LA588	: 251 °F
Sumur LA589	: 240 °F
Sumur LA680	: 220 °F
Sumur KA620	: 240 °F

Delapan dari sembilan sumur produksi sudah *breakthrough* (suhu lebih dari 200 °F). Namun suhu ini tidak dipastikan berasal dari lapisan mana. Berdasarkan data *spinner* pada Table 4.11, 4.12 dan 4.13, menunjukkan bahwa *steam* diinjeksikan dari permukaan masuk ke formasi Pertama (P3, P4, P5). Untuk prediksi tingkat kematangan *pattern* K529 perlu dilakukan analisa perlapisan.

Sumur KA538, KA539 lokasinya beririsan dengan *pattern* K547. Sementara KB537 beririsan dengan *pattern* K547 dan K526. Panas yang tinggi pada sumur produksi dengan posisi beririsan dengan *pattern* lain hanya dapat diprediksi dengan menghitung *Neuman Area* dari *steam injector*.

5.2.2 Lapisan P2 *Pattern* K529

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.44 adalah

Sumur KC620 : 320-370 °F

Sebagian lapisan P2 telah mempunyai temperature 370 °F, hal ini mengindikasikan lapisan P2 sudah mulai *mature*. Temperature yang tinggi pada sumur observasi KC620 adalah bukan karena pengaruh *steam* yang diinjeksi dari injektor dalam *pattern* tersebut. Hal ini dimungkinkan karena sumur injeksi dalam *pattern* K529 tidak ada yang mengarah ke lapisan P2.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.44, pada lapisan P2:

Sumur KC620 : ada *steam* pada kedalaman 556 ft sampai 584 ft

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2006, 2007 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2007.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 0 BCWE/Day

Neuman area sama dengan nol karena tidak ada *steam* yang diinjeksi ke lapisan tersebut.

5.2.3 Lapisan P3 *Pattern* K529

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.44 adalah

Sumur KC620 : 320-330 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P3 belum terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.44, pada lapisan P3:

Sumur KC620 : tidak terdapat *steam chest*

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 1487 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 12 *acre* (48,563 m²). Luas yang sudah dicapai oleh *steam* injeksi adalah 60% dari total luas *pattern* K529.

5.2.4 Lapisan P4 *Pattern* K529

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P4 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.44 adalah

Sumur KC620 : 330-350 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P2 belum terbentuk *steam chest*. Walaupun temperature sudah mencapai 350 °F namun belum bisa dikatakan terbentuk *steam chest* karena grafik temperature belum lurus pada temperature tersebut.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.44, pada lapisan P4:

Sumur KC620 : tidak terdapat *steam chest*

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 259 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 4 *acre* (16,188 m²) atau 20% dari total luas *pattern* K529

5.2.5 Lapisan P5 *Pattern* K529

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P5 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.44 adalah

Sumur KC620 : 370 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P5 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.44, pada lapisan P5:

Sumur KC620 : ada *steam* pada kedalaman 632 sampai 690

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2006, 2007 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2006.

Neuman Area dan Neuman Time

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 1478 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 22 *acre* (89,032 m²) atau 111% dari total luas *pattern* K529.

Neuman time tidak perlu dihitung karena semua area pada *pattern* P5 sudah tertutupi oleh *steam*.

5.2.6 Analisis Tingkat Kematangan *Pattern* K529

Dari analisis diatas diperoleh *maturity level*, jumlah *steam* yang diinjeksi dan *Neuman area* pada tiap lapisan.

Tabel 5.2 *Maturity Level pattern K529*

Keterangan	Lapisan			
	P2	P3	P4	P5
KC620 <i>Maturity Level</i>	<i>Mature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
Neuman <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Pattern Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Average Steam Rate (BCWE/Day)</i>	0	1487	259	1478
<i>Neuman Area (Acre)</i>	0	12	4	22
<i>Percentage Coverage</i>	0	60	20	111
<i>Steam Injected (days)</i>	0	1949	2010	2010
<i>Remaining Area to Cover (acre)</i>	19.83	7.83	15.83	0
<i>Time to Breakthrough (years)</i>	N/A	4.2	162.5	4.2
<i>Maintenance Rate (BCWE/Day)</i>	N/R	N/R	N/R	408

Terdapat perbedaan antara *maturity level* untuk lapisan P2 antara data sumur observasi KC620 dengan hasil perhitungan *Neuman Pattern* K529 ini tidak mempunyai injeksi ke lapisan P2, untuk ini perlu dianalisa lebih lanjut sumber *steam* di lapisan P2 seperti yang diindikasikan oleh sumur observasi KC620. Untuk memastikan apakah lapisan P2 sudah ter-cover oleh *steam* secara menyeluruh atau tidak, disarankan untuk melakukan log temperature di sumur-sumur produksi di *pattern* ini.

Secara lateral lapisan P5 sudah *mature*, sehingga perlu dihitung jumlah minimum *steam* yang diperlukan untuk mempertahankan *maturity* tersebut. Dengan menggunakan bantuan *maintenance calculator* diperoleh laju *maintenance rate* adalah 408 BSPD per hari.

5.3 Analisis *Pattern* K526

Jumlah sumur yang masuk dalam *pattern* K526 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.14 adalah:

- Sumur produksi : 8 sumur
- Sumur injeksi : 2 sumur
- Sumur observasi : 1 sumur

Sumur observasi yang dipakai *pattern* K526 adalah sumur KD526.

5.3.1 Analisis Temperature pada Sumur Produksi *Pattern* K526

Temperature rata-rata sumur produksi yang berada dalam area *pattern* K526 pada kurung waktu 2008 adalah:

Sumur KA525	: 268 °F
Sumur KA527	: 271 °F
Sumur KA535	: 242 °F
Sumur KB536	: 201 °F
Sumur KB537	: 204 °F
Sumur LA585	: 249 °F
Sumur LA586	: 253 °F
Sumur LA587	: 156 °F

Tujuh dari delapan sumur produksi sudah *breakthrough* (suhu lebih dari 200 °F). Namun suhu ini tidak dipastikan berasal dari lapisan mana. Berdasarkan data *spinner* pada Table 4.15 dan 4.16, menunjukkan bahwa *steam* diinjeksikan dari permukaan masuk ke formasi Pertama (P2, P3, P5). Untuk prediksi tingkat kematangan *pattern* K526 perlu dilakukan analisa perlapisan.

Sumur KA527 lokasinya beririsan dengan *pattern* K529. KB537 beririsan dengan *pattern* K547 dan K529. Sumur LA587 beririsan dengan *pattern* K529, L579 dan L576. Panas yang tinggi pada sumur produksi dengan posisi beririsan dengan *pattern* lain hanya dapat diprediksi dengan menghitung *Neuman Area* dari *steam injector*.

5.3.2 Lapisan P2 *Pattern* K526

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P2 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.50 adalah

Sumur KD526 : 275-370 °F

Sebagian lapisan P2 telah mempunyai temperature 370 °F, hal ini mengindikasikan lapisan P2 sudah mulai *mature*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.50, pada lapisan P2:

Sumur KD526 : ada *steam* pada kedalaman 552 sampai 558

Pattern K526 mulai injeksi pada tahun 2002. Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2006 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2006 pada kedalaman. *Steam* tidak mengalami perkembangan, karena *steam ID log* yang diambil pada tahun 2008 tidak mengalami perubahan dengan *steam ID log* yang diambil pada tahun 2006.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 233 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 4 *acre* (16,188 m²) atau 26% dari area *pattern* K526

5.3.3 Lapisan P3 *Pattern* K526

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.50 adalah

Sumur KD526 : 370 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P3 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.50, pada lapisan P3:

Sumur KD526 : ada *steam* pada kedalaman 560 ft sampai 594 ft

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2006, 2007 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2004. *Steam* awal terdeteksi pada kedalaman antara 566-574 feet.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 803 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 12 *acre* (48,563 m²) atau 78% dari luas *pattern* K526.

5.3.4 Lapisan P4 *Pattern* K526

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P4 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.50 adalah

Sumur KD526 : 370 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P4 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.50, pada lapisan P4:

Sumur KD526 : ada *steam* pada kedalaman 594 ft sampai 506 ft

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2006 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2006.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 0 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 0 *acre* (0 m²). Tidak ada injeksi *steam* ke lapisan P4 *pattern* K526. *Steam* yang terdeteksi pada *steam ID log* bisa dipastikan berasal dari *pattern* lain.

5.3.5 Lapisan P5 *Pattern* K526

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P5 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.50 adalah

Sumur KD526 : 370 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P5 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.50, pada lapisan P5:

Sumur KD526 : ada *steam* pada kedalaman 618 ft sampai 680 ft

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2006 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2004.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate*.

Surface Injection Rate : 1055 BCWE/Day

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 16 *acre* (64,750 m²), 104% dari luas *pattern* K526.

5.3.6 Analisis Tingkat Kematangan *Pattern* K526

Dari analisis diatas diperoleh *maturity level*, jumlah *steam* yang diinjeksi dan *Neuman area* pada tiap lapisan.

Tabel 5.3 *Maturity level pattern* K526

Keterangan	Lapisan			
	P2	P3	P4	P5
KD526 <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>	<i>Mature</i>	<i>Mature</i>
Neuman <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Pattern</i> <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Average Steam</i> <i>Rate</i> (BCWE/Day)	233	803	N/A	1055
<i>Neuman Area</i> (<i>Acre</i>)	4	12	N/A	16
Percentage Coverage	26%	78%	N/A	104%
<i>Steam Injected</i> (<i>days</i>)	2041	2041	2041	2041
<i>Remaining Area</i> <i>to Cover (acre)</i>	11.44	3.44	N/A	0
<i>Time to</i> <i>Breakthrough</i> (<i>days</i>)	44.5	0.4	N/A	0
<i>Maintenance</i> <i>Rate</i> (BCWE/Day)	N/R	364	N/R	364

Tidak terdapat injeksi *steam* secara langsung ke lapisan P4. Panas pada lapisan P4 seperti yang diindikasikan di *sumur observasi* kemungkinan berasal dari pemanasan secara tidak langsung (konduksi) dari lapisan di atasnya (P3) dan lapisan di bawahnya (P5). Efek ini dikenal dengan istilah *sandwich effect*. Untuk mengetahui apakah lapisan P4 telah di-cover oleh *steam* secara menyeluruh, perlu dilakukan *log temperature* di sumur-sumur producer pada *pattern* ini.

Lapisan P2 mempunyai *Neuman time* yang sangat panjang (44.5 tahun) . Ditinjau dari *cross-section*, Lapisan P2 di *pattern* ini mempunyai *net pay* yang cukup baik (15-20 ft) sehingga disarankan untuk menambah *steam* injeksi ke lapisan ini. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi laju injeksi *steam* ke lapisan yang sudah panas (P3 dan P5) dan mengarahkannya ke lapisan P2.

Secara lateral lapisan P3 dan P5 sudah *mature*, sehingga perlu dihitung jumlah minimum *steam* yang diperlukan untuk mempertahankan *maturity* tersebut. Dengan menggunakan bantuan *maintenance calculator* diperoleh laju *maintenance rate* adalah 364 BSPD per hari.

5.4 Analisis Pattern L579

Jumlah sumur yang masuk dalam *pattern* L579 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.17 adalah:

- Sumur produksi : 10 sumur
- Sumur injeksi : 4 sumur
- Sumur observasi : 2 sumur

Sumur observasi yang dipakai *pattern* L579 adalah sumur LC579 dan LC568.

5.4.1 Analisis Temperature pada Sumur Produksi *Pattern* L579

Temperature rata-rata sumur produksi yang berada dalam area *pattern* L579 pada kurung waktu 2008 adalah:

Sumur LA567	: 210 °F
Sumur LB568	: 254 °F
Sumur LA569	: 215 °F
Sumur LA577	: 262 °F
Sumur LA587	: 156 °F
Sumur LA588	: 251 °F
Sumur LA589	: 240 °F
Sumur LA660	: 242 °F
Sumur LB670	: 266 °F
Sumur LA680	: 220 °F

Sembilan dari sepuluh sumur produksi sudah *breakthrough* (suhu lebih dari 200 °F). Namun suhu ini tidak dipastikan berasal dari lapisan mana. Berdasarkan data *spinner* pada table 4.18, 4.19 dan 4.20, menunjukkan bahwa *steam* diinjeksikan dari permukaan masuk ke formasi Pertama (P3, P4, P5). Untuk prediksi tingkat kematangan *pattern* L579 perlu dilakukan analisa perlapisan.

Sumur LA680, LA589 dan LA588 lokasinya beririsan dengan *pattern* K529. LA587 beririsan dengan *pattern* K529, K526 dan L576. Sumur LA577 beririsan dengan *pattern* L576. Sumur LA569, LB568 dan LA660 lokasinya beririsan dengan *pattern* L650. Sumur LA5567 beririsan dengan *pattern* L576 dan *pattern* L556. Panas yang tinggi pada sumur produksi dengan posisi beririsan dengan *pattern* lain hanya dapat diprediksi dengan menghitung *Neuman Area* dari *steam injector*.

5.4.2 Lapisan P2 *Pattern* L579

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.61 dan 4.62 adalah

Sumur LC579 : 125-175 °F

Sumur LC568 : 110-140 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P2 belum terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.61 dan 4.62, pada lapisan P2:

Sumur LC579 : tidak ada *steam*

Sumur LC568 : tidak ada *steam*

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2006 dan 2008, tidak terdeteksi adanya *steam* pada lapisan P2 *pattern* L579.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 0 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : N/A

Kalkulasi *Neuman area* tidak dilakukan.

5.4.3 Lapisan P3 *Pattern* L579

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.61 dan 4.62 adalah

Sumur LC579 : 175-275 °F

Sumur LC568 : 125-200 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P3 belum terbentuk *steam chest*. Temperature yang diukur pada sumur LC579 dan LC568 masih terus berkembang.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.61 dan 4.62, pada lapisan P3:

Sumur LC579 : tidak ada *steam*

Sumur LC568 : tidak ada *steam*

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2006 dan 2008, tidak terdeteksi adanya *steam* pada lapisan P3 *pattern* L579.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 734 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1888 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 11 *acre* (44,516 m²) atau 44% dari luas *pattern* L579.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (14.15 *acre*) dalam *pattern* L579 adalah 3,334 hari atau 9.1 tahun.

5.4.4 Lapisan P4 *Pattern* L579

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P4 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.55 adalah

Sumur LC579 : 275-350 °F

Sumur LC568 : 200-290 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P4 belum terbentuk *steam chest*. Temperature yang diukur pada sumur LC579 dan LC568 masih terus berkembang.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.61 dan 4.62, pada lapisan P4:

Sumur LC579 : ada *steam* dalam jumlah relatif kecil

Sumur LC568 : tidak ada *steam*

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2005 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2008 pada sumur observasi LC579. Hal ini perlu konfirmasi dengan *steam ID log* berikutnya.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 545 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1888 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 8 *acre* (32,375 m²) atau 32% dari luas *pattern* L579.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (17.15 *acre*) dalam *pattern* L579 adalah 9,083 hari atau 24.9 tahun.

5.4.5 Lapisan P5 *Pattern* L579

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P5 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.61 dan 4.62 adalah

Sumur LC579 : 350-370 °F

Sumur LC568 : 290-370 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P5 sudah terbentuk *steam chest*. Temperature yang diukur pada sumur LC579 dan LC568 sudah stabil.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.61 dan 4.62, pada lapisan P5:

Sumur LC579 : *steam* terdeteksi

Sumur LC568 : *steam* terdeteksi

Dari pengukuran *steam ID log* di sumur LC568 yang dilakukan pada tahun 2006 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2006. Pengukuran *steam ID log* di sumur LC579 yang dilakukan pada tahun 2004, 2005 dan 2008, terlihat bahwa *steam* baru mulai terdeteksi pada tahun 2004.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 1928 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1949 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 29 acre (117,360 m²) atau 115% dari luas *pattern* L579.

Neuman time tidak perlu dihitung lagi karena *steam* yang diinjeksi sudah memenuhi semua area lapisan P5 *pattern* L579.

5.4.6 Analisis Tingkat Kematangan *Pattern* L579

Dari analisis diatas diperoleh *maturity level*, jumlah *steam* yang diinjeksi dan *Neuman area* pada tiap lapisan.

Tabel 5.4 *Maturity Level pattern L579*

Keterangan	Lapisan			
	P2	P3	P4	P5
LC579 <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
LC568 <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Neuman Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Pattern Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Average Steam Rate (BCWE/Day)</i>	0	734	545	1928
<i>Neuman Area (Acre)</i>	0	11	8	29
<i>Percentage Coverage</i>	0%	78%	32%	115%
<i>Steam Injected (days)</i>	0	1888	1888	1949
<i>Remaining Area to Cover (acre)</i>	25.15	14.15	17.15	0
<i>Time to Breakthrough (years)</i>	N/A	9.1	24.9	N/R
<i>Maintenance Rate (BCWE/Day)</i>	N/R	N/R	N/R	1687

Tidak ada injeksi ke lapisan P2 di *pattern* ini. Dari sumur observasi LC579 dan LC 568, belum terdapat indikasi *steam* di lapisan P2. Ditinjau dari cross-section, Lapisan P2 di *pattern* ini mempunyai net pay yang cukup baik (15-20 ft) sehingga disarankan untuk menambah *steam* injeksi ke lapisan ini. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi laju injeksi *steam* ke lapisan yang sudah panas (P5) dan

mengarahkannya ke lapisan P2 pada sumur-sumur injeksi yang mempunyai injeksi ke P5 (sumur LA578 & LD579).

Secara lateral lapisan P5 sudah *mature*, sehingga perlu dihitung jumlah minimum *steam* yang diperlukan untuk mempertahankan maturity tersebut. Dengan menggunakan bantuan maintenance calculator diperoleh laju maintenance rate adalah 1687 BSPD per hari.

5.5 Analisis *Pattern* L576

Jumlah sumur yang masuk dalam *pattern* L576 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.21 adalah:

- Sumur produksi : 8 sumur
- Sumur injeksi : 2 sumur
- Sumur observasi : tidak ada

5.5.1 Analisis Temperature pada Sumur Produksi *Pattern* L576

Temperature rata-rata sumur produksi yang berada dalam area *pattern* L576 pada kurung waktu 2008 adalah:

Sumur LA565	: 239 °F
Sumur LA566	: 264 °F
Sumur LA567	: 210 °F
Sumur LA575	: 250 °F
Sumur LA577	: 262 °F
Sumur LA585	: 249 °F
Sumur LA586	: 253 °F
Sumur LA587	: 156 °F

Tujuh dari delapan sumur produksi sudah *breakthrough* (suhu lebih dari 200 °F). Namun suhu ini tidak dipastikan berasal dari lapisan mana. Berdasarkan data *spinner* pada table 4.22 dan 4.23, menunjukkan bahwa *steam* dari sumur LB576 diinjeksikan masuk ke formasi Pertama lapisan P5. Sedang *steam* dari sumur LC

576 diinjeksi ke lapisan P2, P3 dan P4. Untuk prediksi tingkat kematangan *pattern* L576 perlu dilakukan analisa perlapisan.

Sumur LA585 dan LA586 lokasinya beririsan dengan *pattern* K526. LA587 beririsan dengan *pattern* K529, K526 dan L579. Sumur LA577 beririsan dengan *pattern* L579. Sumur LA567 lokasinya beririsan dengan *pattern* L650, *pattern* L579 dan *pattern* L556. Sumur LA566 dan LA565 beririsan dengan *pattern* L556. Panas yang tinggi pada sumur produksi dengan posisi beririsan dengan *pattern* lain hanya dapat diprediksi dengan menghitung *Neuman Area* dari *steam injector*.

5.5.2 Lapisan P2 *Pattern* L576

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Temperature analisis tidak dilakukan pada lapisan P2 *pattern* L576 karena tidak ada sumur observasi dalam *pattern* tersebut.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Steam ID analisis tidak dilakukan pada lapisan P2 *pattern* L576 karena tidak ada sumur observasi dalam *pattern* tersebut.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 8.689 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : N/A

Kalkulasi *Neuman area* tidak dilakukan karena jumlah *steam* yang diinjeksikan ke lapisan P2 sangat sedikit atau mendekati nol.

5.5.3 Lapisan P3 *Pattern* L576

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Temperature analisis tidak dilakukan pada lapisan P3 *pattern* L576 karena tidak ada sumur observasi dalam *pattern* tersebut.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Steam ID analisis tidak dilakukan pada lapisan P3 *pattern* L576 karena tidak ada sumur observasi dalam *pattern* tersebut.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 734 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 2071 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 9 *acre* (36,422 m²) atau 58% dari luas *pattern* L576.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (6.6 *acre*) dalam *pattern* L576 adalah 1,092 hari atau 3 tahun.

5.5.4 Lapisan P4 *Pattern* L576

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Temperature analisis tidak dilakukan pada lapisan P4 *pattern* L576 karena tidak ada sumur observasi dalam *pattern* tersebut.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Steam ID analisis tidak dilakukan pada lapisan P4 *pattern* L576 karena tidak ada *sumur observasi* dalam *pattern* tersebut.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 101.6 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1829 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 1 *acre* (4,047 m²) atau 6% dari luas *pattern* L576.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (14.06 *acre*) dalam *pattern* L576 adalah 287,786 hari atau 788.5 tahun.

5.5.5 Lapisan P5 *Pattern* L576

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Temperature analisis tidak dilakukan pada lapisan P5 *pattern* L576 karena tidak ada *sumur observasi* dalam *pattern* tersebut.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Steam ID analisis tidak dilakukan pada lapisan P5 *pattern* L576 karena tidak ada *sumur observasi* dalam *pattern* tersebut.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 1236.7 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 2102 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 19 *acre* (76,891 m²) atau 122% dari luas *pattern* L576.

Neuman time tidak perlu dihitung lagi karena *steam* yang diinjeksi sudah memenuhi semua area lapisan P5 *pattern* L576.

5.5.6 Analisis Tingkat Kematangan *Pattern* L576

Dari analisis diatas diperoleh *maturity level*, jumlah *steam* yang diinjeksi dan *Neuman area* pada tiap lapisan.

Tabel 5.5 *Maturity level pattern* L576

Keterangan	Lapisan			
	P2	P3	P4	P5
TOW <i>Maturity Level</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>
<i>Neuman Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Pattern Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Average Steam Rate (BCWE/Day)</i>	0	602	102	1237
<i>Neuman Area (Acre)</i>	0	9	1	19
<i>Percentage Coverage</i>	0%	58%	6%	122%
<i>Steam Injected (days)</i>	0	2071	1829	2102
<i>Remaining Area to Cover (acre)</i>	15.6	6.6	14.6	0
<i>Time to Breakthrough (years)</i>	<i>N/A</i>	3	788.5	<i>N/R</i>
<i>Maintenance Rate (BCWE/Day)</i>	<i>N/A</i>	<i>N/R</i>	<i>N/R</i>	<i>N/R</i>

Lapisan P2 dan P4 hanya mendapatkan split injeksi yang sangat kecil dari sumur injeksi LC576. Ditinjau dari *cross-section*, lapisan P2 dan P4 di *pattern* ini mempunyai *net pay* yang cukup baik (15-20 ft) sehingga disarankan untuk menambah *steam* injeksi ke lapisan ini. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi laju injeksi *steam* ke lapisan yang sudah panas (P5) dan mengarahkannya ke lapisan P2 pada sumur injeksi yang mempunyai injeksi ke P5 (sumur LB576).

5.6 Analisis *Pattern* L650

Jumlah sumur yang masuk dalam *pattern* L650 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.24 adalah:

- Sumur produksi : 8 sumur
- Sumur injeksi : 4 sumur
- Sumur observasi : 1 sumur

Sumur observasi yang dipakai *pattern* L650 adalah sumur LC559.

5.6.1 Analisis Temperature pada Sumur Produksi *Pattern* L650

Temperature rata-rata sumur produksi yang berada dalam area *pattern* L650 pada kurung waktu 2008 adalah:

Sumur LA548	: 196 °F
Sumur LA558	: 249 °F
Sumur LB568	: 254 °F
Sumur LA569	: 215 °F
Sumur LA640	: 248 °F
Sumur LA641	: 192 °F
Sumur LA651	: 249 °F
Sumur LA660	: 242 °F

Semua sumur produksi sudah *breakthrough* (suhu lebih dari 200 °F) dalam *pattern* L650. Namun suhu ini tidak bisa dipastikan berasal dari lapisan mana. Berdasarkan data *spinner* pada table 4.25, 4.26 dan 4.27 menunjukkan bahwa

steam diinjeksikan dari permukaan masuk ke formasi Pertama (P3, P4, P5). Untuk prediksi tingkat kematangan *pattern* L650 perlu dilakukan analisa per lapisan.

Sumur LA569, LB568 dan LA660 lokasinya beririsan dengan *pattern* L579. Panas yang tinggi pada sumur produksi dengan posisi beririsan dengan *pattern* lain hanya dapat diprediksi dengan menghitung *Neuman Area* dari *steam injector*.

5.6.2 Lapisan P2 *Pattern* L650

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.71 adalah

Sumur LC559 : 250-370 °F

Hanya sebagian kecil bagian bawah dari lapisan P2 yang temperaturnya mencapai 370 °F. Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P2 belum terbentuk *steam chest*. Temperature pada lapisan P2 masih terus berkembang menuju ke temperature 370 °F.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.77, pada lapisan P2:

Sumur LC559 : ada *steam* dalam jumlah kecil

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2005, 2007 dan 2008, adanya *steam* mulai pada lapisan P2 *pattern* L650 pada tahun 2005.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 0 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : N/A

Kalkulasi *Neuman area* tidak dilakukan.

5.6.3 Lapisan P3 *Pattern* L650

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.77 adalah

Sumur LC559 : 370 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P3 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.77, pada lapisan P3:

Sumur LC559 : ada *steam*

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2005, 2007 dan 2008, sudah terdeteksi adanya *steam* pada lapisan P3 *pattern* L650 sejak 2005.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 955 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1949 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 14 *acre* (56,658 m²) atau 61% dari luas *pattern* L650.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (8.74 *acre*) dalam *pattern* L650 adalah 740.5 hari atau 2 tahun.

5.6.4 Lapisan P4 *Pattern* L650

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P4 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.77 adalah

Sumur LC559 : 370 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P4 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.77, pada lapisan P4:

Sumur LC559 : ada *steam* pada kedalaman 600 ft - 614 ft

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2005, 2007 dan 2008, sudah terdeteksi adanya *steam* pada lapisan P4 *pattern* L650 sejak 2005.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 262 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1949 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 4 *acre* (16,688 m²) atau 18% dari luas *pattern* L650.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (18.74 *acre*) dalam *pattern* L650 adalah 51,509 hari atau 141 tahun.

5.6.5 Lapisan P5 *Pattern* L650

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P5 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.55 adalah

Sumur LC559 : 370 °F

Berdasarkan criteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P5 sudah terbentuk *steam chest*. Temperature yang diukur pada sumur LC559 sudah stabil.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.77, pada lapisan P5:

Sumur LC559 : *steam* terdeteksi

Dari pengukuran *steam ID log* di sumur LC559 yang dilakukan pada tahun 2005, 2007 dan 2008, terlihat bahwa *steam* sudah terdeteksi pada tahun 2005.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 1,378 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1949 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 21 *acre* (84,987 m²) atau 92% dari luas *pattern* L650.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (1.74 *acre*) dalam *pattern* L650 adalah 13.9 hari. Dapat dikatakan secara perhitungan *Neuman*, lapisan P5 sudah matang.

5.6.6 Analisis Tingkat Kematangan *Pattern* L650

Dari analisis diatas diperoleh *maturity level*, jumlah *steam* yang diinjeksi dan *Neuman area* pada tiap lapisan.

Tabel 5.6 *Maturity level pattern* L650

Keterangan	Lapisan			
	P2	P3	P4	P5
LC559 <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>	<i>Mature</i>	<i>Mature</i>
<i>Neuman Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Pattern Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Average Steam Rate (BCWE/Day)</i>	0	955	262	1378
<i>Neuman Area (Acre)</i>	0	14	4	21
<i>Percentage Coverage</i>	0%	61%	18%	92%
<i>Steam Injected (days)</i>	0	1949	1949	1949
<i>Remaining Area to Cover (acre)</i>	22.74	8.74	18.74	1.74
<i>Time to Breakthrough (days)</i>	N/A	3618 (9.9)	51509 (141)	13.9
<i>Maintenance Rate (BCWE/Day)</i>	N/A	N/R	N/R	704

Untuk lapisan P3-P4 terdapat perbedaan *maturity level* di TOW LC559 dengan hasil perhitungan *Neuman area*. Perhitungan *Neuman area* menunjukkan total *steam* yang diinjeksikan ke P3 hanya cukup untuk meng-cover 14 *acre* dari total luas *pattern* 22.74 *acre* dan total *steam* yang diinjeksikan ke P4 hanya cukup untuk meng-cover 4 *acre* dari total luas *pattern* 22.74 *acre*, sedangkan TOW LC559 menunjukkan bahwa P5 sudah *mature*. Untuk kasus ini, *maturity level* yang digunakan adalah *maturity level* berdasarkan *Neuman calculation*. Letak TOW LC559 yang berdekatan dengan sumur injeksi LA559 & LB559 kemungkinan menyebabkan *steam* telah sampai ke TOW LC559 tetapi belum meng-cover lapisan P3 dan P4 di *pattern* ini secara menyeluruh.

Secara lateral lapisan P5 sudah *mature*, sehingga perlu dihitung jumlah minimum *steam* yang diperlukan untuk mempertahankan *maturity* tersebut. Dengan menggunakan bantuan *maintenance calculator* diperoleh laju *maintenance rate* sebesar 704 BSPD per hari.

5.7 Analisis *Pattern* L556

Jumlah sumur yang masuk dalam *pattern* L556 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.29 adalah:

- Sumur produksi : 8 sumur
- Sumur injeksi : 1 sumur *dual string*
- Sumur observasi : 1 sumur

Sumur observasi yang dipakai *pattern* L556 adalah sumur LC544 yang berada diluar *pattern*. Hal dimaksudkan sebagai pembanding terhadap analisis yang dilakukan pada *pattern* L556.

5.7.1 Analisis Temperature pada Sumur Produksi *Pattern* L556

Temperature rata-rata sumur produksi yang berada dalam area *pattern* L556 pada kurung waktu 2008 adalah:

Sumur LA545	: 182 °F
Sumur LA546	: 264 °F
Sumur LA547	: 239 °F
Sumur LA555	: 261 °F
Sumur LB557	: 247 °F
Sumur LA565	: 239 °F
Sumur LA566	: 264 °F
Sumur LA567	: 210 °F

Tujuh dari delapan sumur produksi sudah *breakthrough* (suhu lebih dari 200 °F). Namun suhu ini tidak dipastikan berasal dari lapisan mana. Berdasarkan data *spinner* pada table 4.30, menunjukkan bahwa *steam* diinjeksikan dari permukaan masuk ke formasi Pertama (P3 dan P4). Untuk prediksi tingkat kematangan *pattern* L556 perlu dilakukan analisa perlapisan.

Sumur LA566 dan LA567 lokasinya beririsan dengan *pattern* L576. LA567 beririsan dengan *pattern* L576 dan L579. Panas yang tinggi pada sumur produksi dengan posisi beririsan dengan *pattern* lain hanya dapat diprediksi dengan menghitung *Neuman Area* dari *steam injector*.

5.7.2 Lapisan P2 *Pattern* L556

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.84 adalah

Sumur LC544 : 225-350 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P2 belum terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.84, pada lapisan P2:

Sumur LC544 : ada *steam* pada kedalaman 538-542

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2006 dan 2008, terdeteksi adanya *steam* pada lapisan P2 *pattern* L556 pada tahun 2006.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 0 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : N/A

Kalkulasi *Neuman area* tidak dilakukan.

5.7.3 Lapisan P3 *Pattern* L556

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.84 adalah

Sumur LC544 : 350-370 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P3 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.84, pada lapisan P3:

Sumur LC544 : ada *steam*

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2006 dan 2008, terdeteksi adanya *steam* pada lapisan P3 *pattern* L556 tahun 2006.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 819 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1887 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 12 *acre* (48,563 m²) atau 79% dari luas *pattern* L556.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (3.11 *acre*) dalam *pattern* L556 adalah 129 hari atau 0.4 tahun.

5.7.4 Lapisan P4 *Pattern* L556

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P4 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.84 adalah

Sumur LC544 : 370 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P4 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.84, pada lapisan P4:

Sumur LC544 : ada *steam*

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2006 dan 2008, terlihat bahwa *steam* sudah mulai terdeteksi pada tahun 2004 pada sumur observasi LC544.

Neuman Area

Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 288 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1887 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 4 *acre* (16,188 m²) atau 27% dari luas *pattern* L556.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (11.11 *acre*) dalam *pattern* L556 adalah 14,767 hari atau 40 tahun.

5.7.5 Lapisan P5 *Pattern* L556

Evaluasi Temperature pada Sumur observasi

Data temperature yang diambil dari sumur observasi pada lapisan P5 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.84 adalah

Sumur LC544 : 370 °F

Berdasarkan kriteria pada sub-bab 3.2. mengindikasikan kalau lapisan P5 sudah terbentuk *steam chest*.

Evaluasi Keberadaan Steam dengan Steam ID Log

Dari *steam ID log* Gambar 4.84, pada lapisan P5:

Sumur LC544 : ada *steam*

Dari pengukuran *steam ID log* yang dilakukan pada tahun 2004, 2006 dan 2008, terlihat bahwa *steam* sudah mulai terdeteksi pada tahun 2004 pada sumur observasi LC544.

Neuman Area

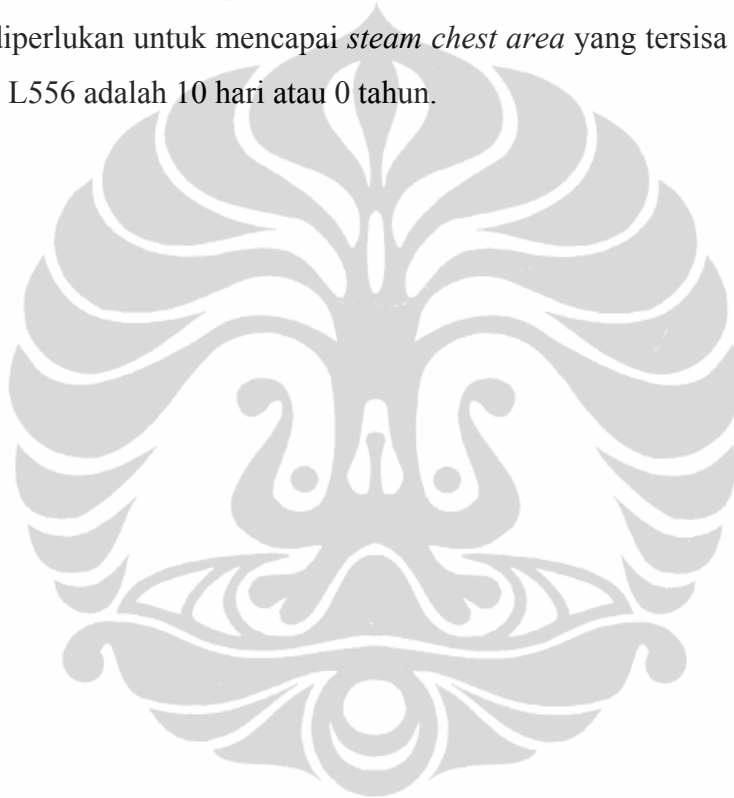
Parameter-parameter yang digunakan pada bagian 5.1.1 untuk perhitungan *Neuman area* adalah sama kecuali parameter *surface injection rate* dan *time to develop steam chest*.

Surface Injection Rate : 862 BCWE/Day

Time to Develop Steam Chest : 1887 days

Dengan menggunakan *Neuman calculator* diperoleh *Neuman area* seluas 13 *acre* (52,610 m²) atau 86% dari luas *pattern* L556.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steam chest area* yang tersisa (2.11 *acre*) dalam *pattern* L556 adalah 10 hari atau 0 tahun.



5.7.6 Analisis Tingkat Kematangan *Pattern* L556

Dari analisis diatas diperoleh *maturity level*, jumlah *steam* yang diinjeksi dan *Neuman area* pada tiap lapisan.

Tabel 5.7 *Maturity level pattern* L556

Keterangan	Lapisan			
	P2	P3	P4	P5
LC544 <i>Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>	<i>Mature</i>	<i>Mature</i>
<i>Neuman Maturity Level</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Maturity Result</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Immature</i>	<i>Mature</i>
<i>Average Steam Rate (BCWE/Day)</i>	0	819	288	862
<i>Neuman Area (Acre)</i>	0	12	4	13
<i>Percentage Coverage</i>	0%	79%	27%	86%
<i>Steam Injected (days)</i>	0	1887	1887	1887
<i>Remaining Area to Cover (acre)</i>	15.11	14.15	17.15	0
<i>Time to Breakthrough (days)</i>	N/A	129 (0.4)	14767 (40)	10 (0)
<i>Maintenance Rate (BCWE/Day)</i>	N/A	N/R	N/R	N/R

Untuk lapisan P3-P4 terdapat perbedaan *maturity level* di TOW LC544 dengan hasil perhitungan *Neuman area*. Perhitungan *Neuman area* menunjukkan total *steam* yang diinjeksikan ke P3 hanya cukup untuk meng-cover 12 *acre* dari total luas *pattern* 15.11 *acre* dan total *steam* yang diinjeksikan ke P4 hanya cukup untuk meng-cover 4 *acre* dari total luas *pattern* 15.11 *acre*, sedangkan TOW LC544 menunjukkan bahwa P5 sudah *mature*. Untuk kasus ini, *maturity level* yang digunakan adalah *maturity level* berdasarkan *Neuman calculation*. Letak TOW LC544 yang berdekatan dengan sumur injeksi LB556 kemungkinan menyebabkan *steam* telah sampai ke TOW LC544 tetapi belum meng-cover lapisan P3 dan P4 di *pattern* ini secara menyeluruh.

Secara lateral lapisan P5 sudah *mature*, sehingga perlu dihitung jumlah minimum *steam* yang diperlukan untuk mempertahankan *maturity* tersebut. Dengan menggunakan bantuan *maintenance calculator* diperoleh laju *maintenance rate* sebesar 704 BSPD per hari.

5.8 Analisis Bawah Permukaan

Analisis bawah permukaan adalah analisis terhadap penyebaran *steam* berdasarkan hasil kalkulasi luas penyebaran, porositas dan permeabilitas reservoir. Analisis pada masing-masing *pattern* adalah analisis yang dilakukan dengan maksud memperkirakan penyebaran *steam* berdasarkan hasil perhitungan luas sebaran *steam*, porositas dan permeabilitas pada masing-masing lapisan.

5.8.1 Analisis Penyebaran *Steam Pattern* K547

Penyebaran *steam* secara vertikal pada *pattern* K547 yang diinjeksi dari sumur KA546, KC546 dan KA547 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.1.

Tabel 5.8 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA547

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	34	700	11	147	2
Lapisan 3	38	700	45	326	8
Lapisan 4	33	300	28	251	5
Lapisan 5	33	700	16	219	3

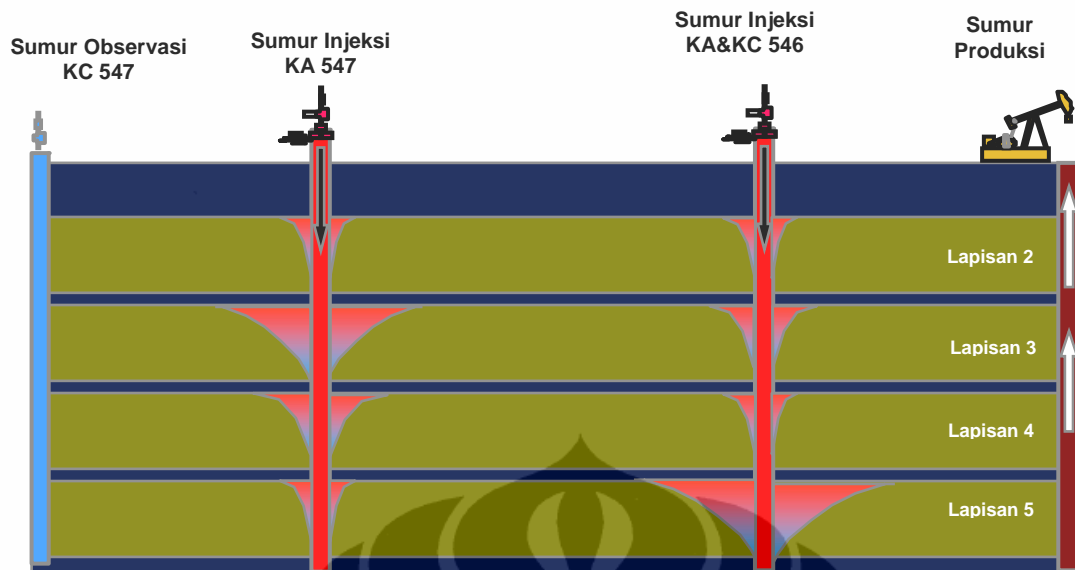
Tabel 5.9 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA546

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	32	500	0	0	0
Lapisan 3	35	600	0	0	0
Lapisan 4	36	500	0	0	0
Lapisan 5	32	900	100	298	6

Tabel 5.10 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KC546

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	32	500	23	204	3
Lapisan 3	35	600	31	248	4
Lapisan 4	36	500	23	199	3
Lapisan 5	32	900	23	190	3

Ilustrasi penyebaran *steam* dari sumur injeksi KA547, KA546 dan KC546 *pattern* K547 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.1. Gambar tersebut hanya untuk memperlihatkan distribusi *steam* yang diinjeksi dari sumur injeksi ke masing-masing lapisan.



Gambar 5.1 Perkembangan *steam Pattern* K547 yang diinjeksi dari sumur KA547, KA546 dan KC546 pada masing-masing lapisan. Penyebaran *steam* pada lapisan 3 dan lapisan 5 lebih luas dibanding lapisan lain.

Sumur KA547

Steam yang diinjeksi dari sumur KA547 ditujukan ke semua lapisan (lapisan 2,3,4 dan 5). Penyebaran *steam* pada lapisan 3 lebih luas dibanding lapisan lain. Hal ini menunjukkan distribusi *steam* yang diinjeksi dari sumur KA547 lebih banyak ke lapisan 3.

Porositas rata-rata terbesar sekitar sumur injeksi KA547 adalah 38% pada lapisan 3 lebih besar dibanding dengan porositas lapisan 2, 4 dan 5. Porositas harus dibandingkan dengan sumur injeksi yang lain untuk melihat korelasi porositas dan penyebaran *steam*. Sementara permeabilitas rata-rata terbesar adalah 700 mDarcy pada lapisan 2, 3 dan 5. Permeabilitas sekitar sumur KA547 tidak memberikan korelasi terhadap penyebaran *steam*, karena penyebaran terbesar pada lapisan 3 walaupun memiliki permeabilitas yang sama dengan lapisan 2 dan 5.

KA546 dan KC546

Sumur injeksi KA546 dan KC546 adalah dua sumur yang berada dalam satu casing dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur KA546 hanya ditujukan ke lapisan 5 sedangkan sumur injeksi KC546 ditujukan ke lapisan 2, 3, 4 dan 5.

Prosentase penyebaran *steam* terbesar pada lapisan 3 walaupun porositas dan permeabilitas terbesar bukan pada lapisan tersebut.

5.8.2 Analisis Penyebaran *Steam Pattern* K529

Penyebaran *steam* secara vertikal pada *pattern* K529 yang diinjeksi dari sumur KA528, KC528 dan KA529 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.2.

Tabel 5.11 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA528

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (mDarcy)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (feet)	Luas Penyebaran (Acre)
Lapisan 2	35	800	0	0	0
Lapisan 3	36	700	100	343	9
Lapisan 4	35	800	0	0	0
Lapisan 5	35	900	0	0	0

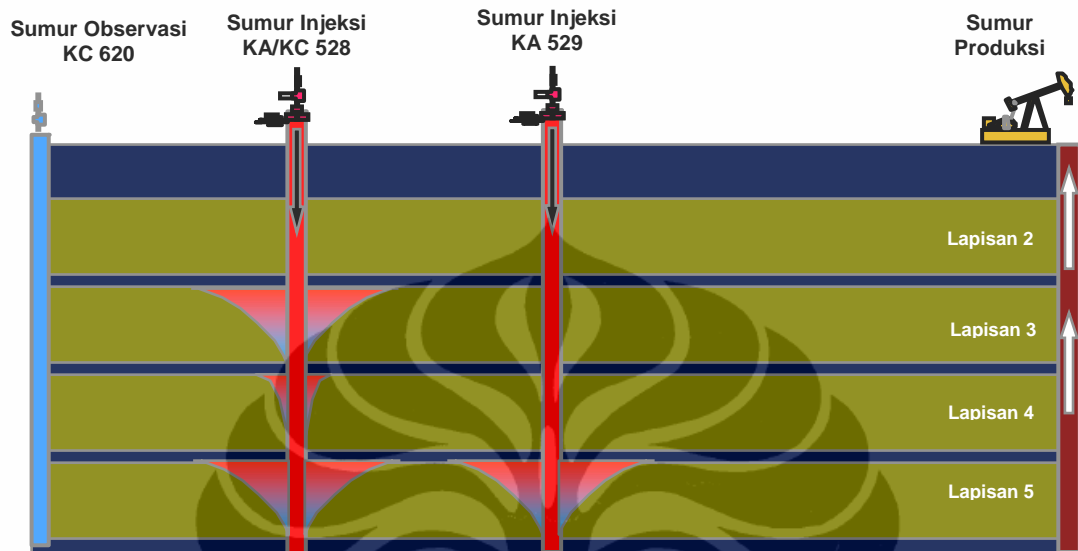
Tabel 5.12 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KC528

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (mDarcy)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (feet)	Luas Penyebaran (Acre)
Lapisan 2	35	800	0	0	0
Lapisan 3	36	700	0	0	0
Lapisan 4	35	800	24	204	3
Lapisan 5	35	900	76	378	10

Tabel 5.13 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA529

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (mDarcy)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (feet)	Luas Penyebaran (Acre)
Lapisan 2	30	800	0	0	0
Lapisan 3	36	500	0	0	0
Lapisan 4	35	600	6	62	0
Lapisan 5	35	800	94	363	9

Ilustrasi penyebaran *steam* dari sumur injeksi KA528, KC528 dan KA529 *pattern* K529 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Perkembangan *steam Pattern* K529 yang diinjeksi dari sumur KA528, KC528 dan KC529 pada masing-masing lapisan. Penyebaran *steam* pada lapisan 5 lebih luas dibanding lapisan lain.

KA528 dan KC528

Sumur injeksi KA528 dan KC528 adalah dua sumur yang berada dalam satu *casing* dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur KA528 hanya ditujukan ke lapisan 3 sedangkan sumur injeksi KC528 ditujukan ke lapisan 4 dan 5.

Prosentase penyebaran *steam* dari sumur KC528 ke lapisan 5 lebih besar dibanding lapisan 4 walaupun porositas dan permeabilitas hampir sama. Kedalaman lapisan 5 lebih besar dari lapisan 4, sehingga tekanannya lapisan 5 lebih besar. Faktor utama besarnya penyebaran steam pada lapisan 5 adalah luasan perforasi tubing pada lapisan 5 lebih besar.

KA529

Steam yang diinjeksi dari sumur KA529 ditujukan ke lapisan 4 dan 5. Namun hampir semua *steam* masuk ke lapisan 5. Hal ini disebabkan lapisan 5 lebih tebal dari lapisan 4 sehingga perforasi lapisan 5 banyak dibanding lapisan 4.

5.8.3 Analisis Penyebaran *Steam Pattern* K526

Penyebaran *steam* secara vertikal pada *pattern* K526 yang diinjeksi dari sumur KA526 dan KC526 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.3.

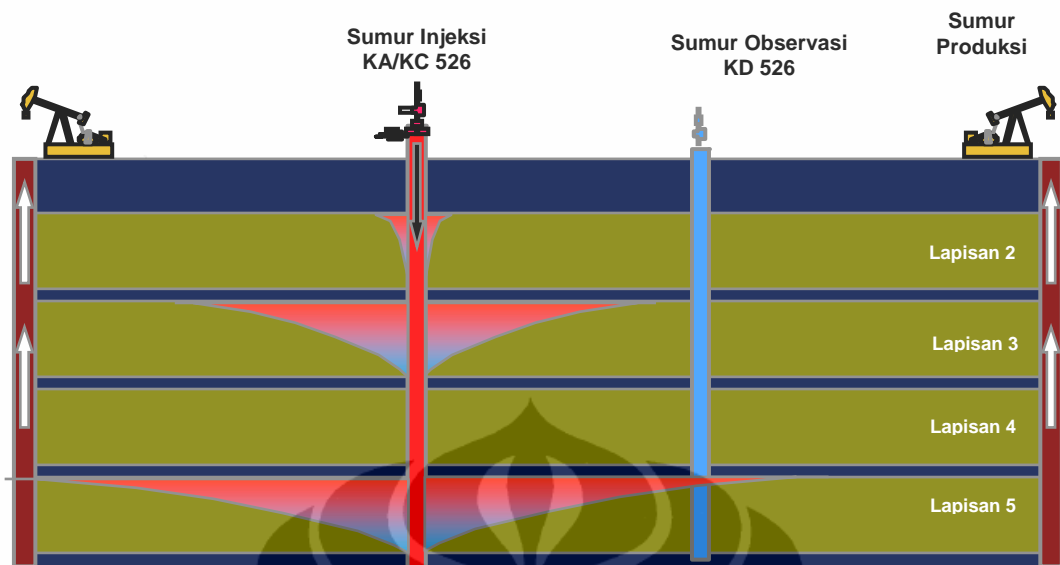
Tabel 5.14 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KA526

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	600	22	213	3
Lapisan 3	33	400	78	412	12
Lapisan 4	36	400	0	0	0
Lapisan 5	37	1100	0	0	0

Tabel 5.15 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi KC526

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	600	0	0	0
Lapisan 3	33	400	0	0	0
Lapisan 4	36	400	0	0	0
Lapisan 5	37	1100	100	470	16

Ilustrasi penyebaran *steam* dari sumur injeksi KA526 dan KC526 *pattern* K526 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Perkembangan *steam Pattern* K526 yang diinjeksi dari sumur KA526 dan KC526 pada masing-masing lapisan. Penyebaran *steam* berkembang pada lapisan 3 dan 5.

KA526 dan KC526

Sumur injeksi KA526 dan KC526 adalah dua sumur yang berada dalam satu casing dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur KA526 ditujukan ke lapisan 2 dan 3 sedangkan sumur injeksi KC526 hanya ditujukan ke lapisan 5.

Prosentase penyebaran *steam* dari sumur KA526 ke lapisan 3 lebih besar (4 kali) dibanding lapisan 2 walaupun porositas dan permeabilitas hampir sama. Target injeksi sumur ini adalah lapisan 3 karena cadangan minyak pada lapisan 2 kecil. Steam yang masuk lapisan 2 disebabkan lapisan 3 bagian atas yang berimpit dengan lapisan 2.

5.8.4 Analisis Penyebaran *Steam Pattern* L579

Penyebaran *steam* secara vertikal pada *pattern* L579 yang diinjeksi dari sumur LA578, LD579 dan LE579 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.4.

Tabel 5.16 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA578

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	800	0	0	0
Lapisan 3	35	600	0	0	0
Lapisan 4	35	700	0	0	0
Lapisan 5	35	1000	100	561	23

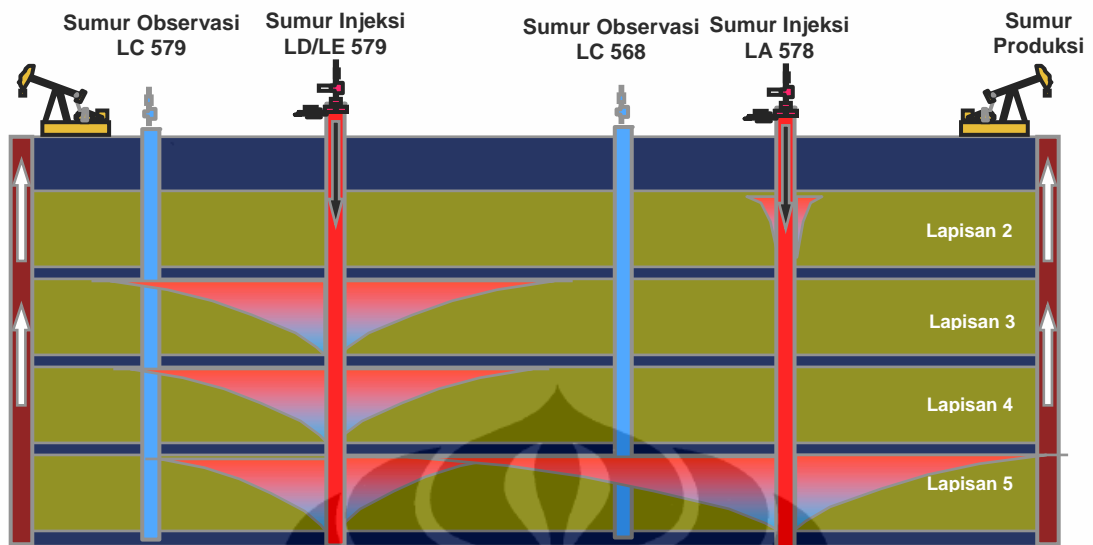
Tabel 5.17 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LD579

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	700	0	0	0
Lapisan 3	35	500	0	0	0
Lapisan 4	34	500	56	329	8
Lapisan 5	35	900	44	290	6

Tabel 5.18 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LE579

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	700	0	0	0
Lapisan 3	35	500	100	389	11
Lapisan 4	34	500	0	0	0
Lapisan 5	35	900	0	0	0

Ilustrasi penyebaran *steam* dari sumur injeksi LA578, LD579 dan LE579 *pattern* L579 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Perkembangan *steam Pattern* L579 yang diinjeksi dari sumur LA578, LD579 dan LE579. Sumur injeksi LA578 ke lapisan 5, LE579 ke lapisan 3 dan LD579 ke lapisan 4 dan 5.

LA578

Steam yang diinjeksi dari sumur LA578 hanya ditujukan ke lapisan 5. Namun hampir semua *steam* masuk ke lapisan 5. Penyebaran *steam* yang diinjeksi dari sumur injeksi LA578 sudah mencapai sumur observasi LC568 sebagaimana ditunjukkan oleh data log pada Gambar 4.61.

LD579 dan LE579

Sumur injeksi LD579 dan LE579 adalah dua sumur yang berada dalam satu *casing* dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur LD579 ditujukan ke lapisan 4 dan 5 sedangkan sumur injeksi LE579 hanya ditujukan ke lapisan 3.

Prosentase penyebaran *steam* dari sumur LD579 ke lapisan 4 hampir sama dengan sebaran *steam* yang diinjeksi ke lapisan 5 walaupun permeabilitas lapisan 5 lebih besar dari lapisan 4. Hal ini mengindikasikan bahwa pada sumur injeksi LD579, permeabilitas dan porositas tidak ada korelasi terhadap penyebaran *steam*.

5.8.5 Analisis Penyebaran *Steam Pattern* L576

Penyebaran *steam* secara vertikal pada *pattern* L576 yang diinjeksi dari sumur LB576 dan LC576 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.5.

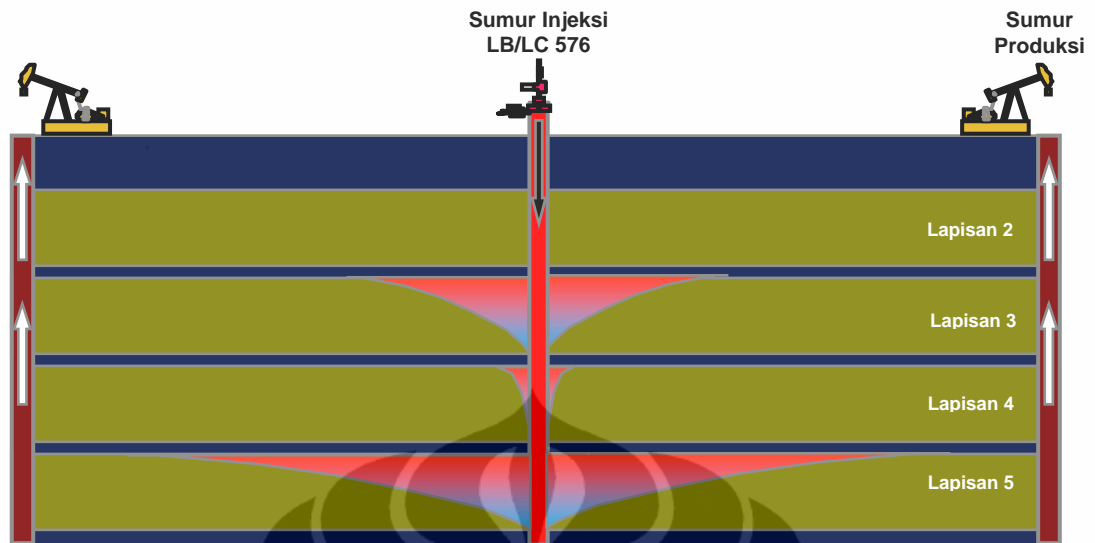
Tabel 5.19 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB576

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	30	500	0	0	0
Lapisan 3	35	700	0	0	0
Lapisan 4	33	500	0	0	0
Lapisan 5	35	1000	100	525	20

Tabel 5.20 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LC576

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	30	500	0	0	0
Lapisan 3	35	700	87	359	9
Lapisan 4	33	500	13	127	1
Lapisan 5	35	1000	0	0	0

Ilustrasi penyebaran *steam* dari sumur injeksi LB576 dan LC576 *pattern* L576 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Perkembangan *steam Pattern* L576 yang diinjeksi dari sumur LB576 dan LC576 *pattern* L576. Sumur injeksi LB576 ke lapisan 5 dan LC576 ke lapisan 4 dan 5.

LB576 dan LC576

Sumur injeksi LB576 dan LC576 adalah dua sumur yang berada dalam satu *casing* dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur LB576 hanya ditujukan ke lapisan 5 sedangkan sumur injeksi LC576 ditujukan ke lapisan 3 dan 4.

Prosentase penyebaran *steam* dari sumur LC576 ke lapisan 3 lebih besar dengan sebaran *steam* yang diinjeksi ke lapisan 4. Permeabilitas lapisan 3 lebih besar dari lapisan 4 dan ketebalan lapisan 3 lebih besar dari lapisan 4 dengan cadangan minyak lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa pada sumur injeksi LD579, permeabilitas dan porositas tidak ada korelasi terhadap penyebaran *steam*.

5.8.6 Analisis Penyebaran *Steam Pattern* L650

Penyebaran *steam* secara vertikal pada *pattern* L650 yang diinjeksi dari sumur LA559, LB559, LA650 dan LB650 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.6.

Tabel 5.21 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA559

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	400	0	0	0
Lapisan 3	35	800	49	295	6
Lapisan 4	30	300	0	0	0
Lapisan 5	35	1000	51	301	7

Tabel 5.22 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB559

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	400	0	0	0
Lapisan 3	35	800	0	0	0
Lapisan 4	30	300	21	100	1
Lapisan 5	35	1000	79	223	4

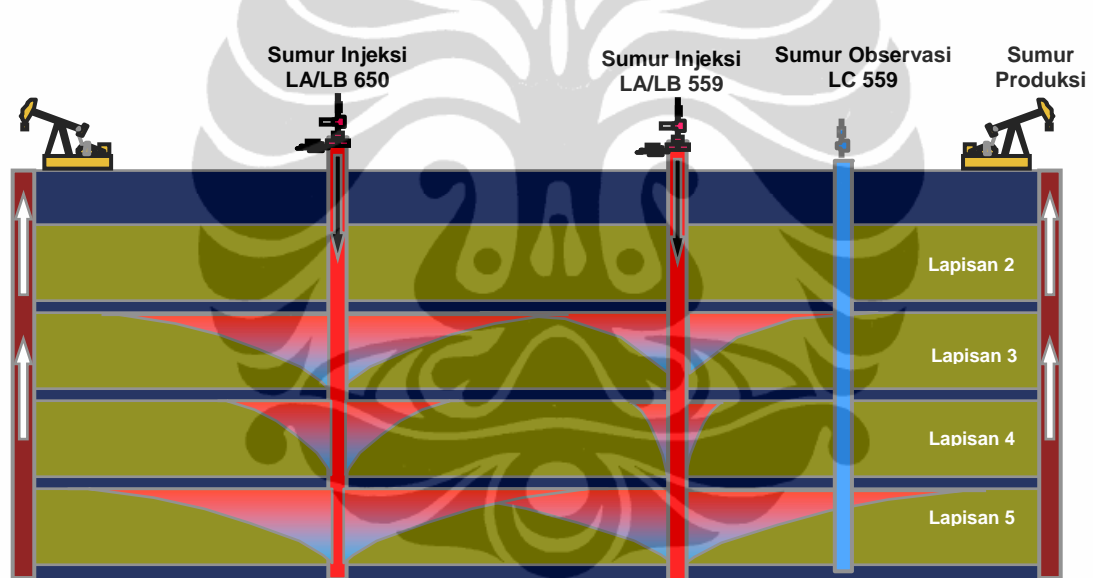
Tabel 5.23 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA650

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	31	500	0	0	0
Lapisan 3	35	800	0	0	0
Lapisan 4	33	400	28	225	4
Lapisan 5	35	1000	72	369	10

Tabel 5.24 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB650

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (mDarcy)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (feet)	Luas Penyebaran (Acre)
Lapisan 2	31	500	0	0	0
Lapisan 3	35	800	100	324	8
Lapisan 4	33	400	0	0	0
Lapisan 5	35	1000	0	0	0

Ilustrasi penyebaran *steam* dari sumur injeksi LA559, LB559, LA650 dan LB650 *pattern* L650 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Perkembangan *steam Pattern* L650 yang diinjeksi dari sumur LA/LB559, dan LA/LB650. Sumur injeksi LA559 ke lapisan 3 & 5, LB559 ke lapisan 4 & 5, LA650 ke lapisan 4 & 5 dan LB650 ke lapisan 3.

LA559 dan LB559

Sumur injeksi LA559 dan LB559 adalah dua sumur yang berada dalam satu *casing* dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur LA559 ditujukan ke lapisan 3 dan 5 sedangkan sumur injeksi LB559 ditujukan ke lapisan 4 dan 5.

Prosentase penyebaran *steam* dari sumur LA559 ke lapisan 3 dan 5 hampir sama walaupun permeabilitas lapisan 3 lebih kecil, sedangkan porositasnya sama. Hal ini mengindikasikan bahwa pada sumur injeksi LA559, permeabilitas dan porositas tidak ada korelasi terhadap penyebaran *steam*.

Target injeksi dari sumur LB559 adalah ke lapisan 5. Hal ini dapat dilihat dari prosentase penyebaran *steam* dari sumur LB559 ke lapisan 5 jauh lebih besar dibanding dengan yang ke lapisan 4.

LA650 dan LB650

Sumur injeksi LA650 dan LB650 adalah dua sumur yang berada dalam satu *casing* dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur LA650 ditujukan ke lapisan 4 dan 5 sedangkan sumur injeksi LB650 hanya ditujukan ke lapisan 5.

Target injeksi dari sumur LA650 adalah ke lapisan 5. Hal ini dapat dilihat dari prosentase penyebaran *steam* dari sumur LA650 ke lapisan 5 jauh lebih besar dibanding dengan yang ke lapisan 4.

5.8.7 Analisis Penyebaran *Steam Pattern* L556

Penyebaran *steam* secara vertikal pada *pattern* L556 yang diinjeksi dari sumur LA556 dan LB556 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.7.

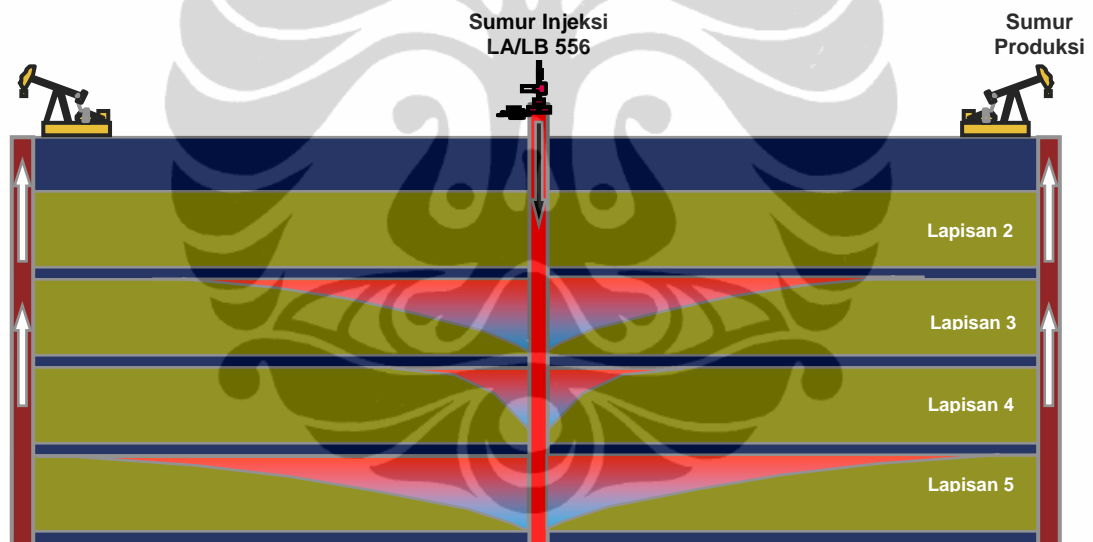
Tabel 5.25 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LA556

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (<i>mDarcy</i>)	Prosentase Distribusi <i>Steam</i> (%)	Radius Penyebaran (<i>feet</i>)	Luas Penyebaran (<i>Acre</i>)
Lapisan 2	29	400	0	0	0
Lapisan 3	35	500	0	0	0
Lapisan 4	33	400	0	0	0
Lapisan 5	37	900	100	417	13

Tabel 5.26 Informasi porositas, permeabilitas dan distribusi *steam* sumur injeksi LB556

	Porositas Rata-rata (%)	Permeabilitas Rata-rata (mDarcy)	Prosentase Distribusi Steam (%)	Radius Penyebaran (feet)	Luas Penyebaran (Acre)
Lapisan 2	29	400	0	0	0
Lapisan 3	35	500	74	406	12
Lapisan 4	33	400	26	235	4
Lapisan 5	37	900	0	0	0

Ilustrasi penyebaran *steam* dari sumur injeksi LA556 dan LB556 *pattern* L556 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Perkembangan *steam Pattern* L556 yang diinjeksi dari sumur LA556 dan LB556 *pattern* L566. Sumur injeksi LA556 ke lapisan 5 dan LB556 ke lapisan 3 dan 4.

LA556 dan LB556

Sumur injeksi LA556 dan LB556 adalah dua sumur yang berada dalam satu *casing* dengan target injeksi ke lapisan yang berbeda. Target injeksi dari sumur LA556 hanya ditujukan ke lapisan 5 sedangkan sumur injeksi LB556 ditujukan ke lapisan 3 dan 4.

Target injeksi dari sumur LB559 adalah ke lapisan 3. Hal ini dapat dilihat dari prosentase penyebaran *steam* dari sumur LB559 ke lapisan 3 jauh lebih besar dibanding dengan yang ke lapisan 4.

5.8.8 Analisis Porositas dan Permeabilitas terhadap Penyebaran *Steam*

Dalam sub-bab ini dibahas sekilas korelasi antara porositas dan permeabilitas terhadap penyebaran *steam* pada daerah penelitian.

Porositas rata-rata pada daerah penelitian diatas 30% dan masuk dalam kategori istimewa (Koesoemadinata, 1980). Penggolongan porositas suatu lapangan minyak dan gas yang dilakukan oleh Koesoemadinata adalah sebagai berikut.

0 – 5%	dapat diabaikan (<i>negligible</i>)
5 – 10%	buruk (<i>poor</i>)
10 – 15%	cukup (<i>fair</i>)
15 – 20%	baik (<i>good</i>)
20 – 25%	sangat baik (<i>very good</i>)
> 25%	istimewa (<i>excellent</i>)

Permeabilitas rata-rata pada daerah penelitian diatas 100 *mDarcy* dan masuk dalam kategori baik sekali (Koesoemadinata, 1980). Penggolongan permeabilitas suatu lapangan minyak dan gas sebagaimana yang dilakukan Koesoemadinata adalah sebagai berikut.

< 5	<i>mDarcy</i>	ketat (<i>tight</i>)
5 – 10	<i>mDarcy</i>	cukup (<i>fair</i>)
10 – 100	<i>mDarcy</i>	baik (<i>good</i>)
100 – 1000	<i>mDarcy</i>	baik sekali (<i>very good</i>)

Data yang diberikan pada paragraph 7.8.1 sampai 7.8.7 bahwa permeabilitas dan porositas tidak menunjukkan ada korelasi dengan luas penyebaran *steam*. Hal ini sejalan dengan hukum *Darcy* yang dirumuskan sebagai berikut (Koesoemadinata, 1980):

$$q = \frac{k}{m} \cdot \frac{dp}{dy}$$

Dimana q dinyatakan dalam sentimeter per detik, k dalam *Darcy* (permeabilitas), m viskositas dalam sentipoise dan dp/dy gradient hidrolis yang dinyatakan dalam atmosfer per sentimeter. Sebagaimana kita ketahui bahwa steam berbentuk gas sehingga viskositasnya sangat kecil atau mendekati nol.

Permeabilitas dan porositas tidak berpengaruh pada penyebaran steam dalam steamflood karena variable permeabilitas dan porositas bukan parameter yang berpengaruh dalam perhitungan luas sebaran *steam*. Parameter-parameter yang berpengaruh dalam penyebaran *steam* (dikutip dari parameter-parameter masukan pada perangkat lunak untuk penghitungan luas dan waktu) adalah:

1. Parameter Permukaan
 - Jumlah *steam* yang diinjeksi
 - Kualitas *steam*
 - Tekanan *steam* permukaan
 - Waktu yang diperlukan untuk membentuk *steam chest*
2. Parameter Reservoir
 - Suhu *steam* dalam reservoir
 - Kemiringan batas atas reservoir
 - Suhu reservoir sebelum diinjeksi *steam*
 - Influx air
 - Suhu panas *scavaging* air
3. Parameter Kerugian Lubang Pengeboran
 - Kedalaman
 - Injektor
 - Tipe kompleks
 - Prosentasi udara
4. Parameter Thermal
 - Konduktivitas thermal
 - Kapasitas panas reservoir

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil *heat control system/heat management* analisis area-D field “X” yang terdiri dari 7 *pattern* dapat disimpulkan **bahwa:**

1. Sumur observasi **dapat** digunakan **untuk** memantau perkembangan *steam* yang diinjeksikan kedalam formasi. Sumur observasi pada patten K547, K529, L579 dan L650 juga digunakan untuk **mengetahui bahwa** distribusi *steam* tidak menembus daerah-daerah yang tidak diharapkan seperti patahan.
2. Parameter di permukaan yang diukur pada sumur produksi (seperti tekanan dan temperature) tidak **bisa** merepresentasikan kondisi reservoir lapisan tertentu. Karena produksi fluida (minyak dan air) tidak bisa dipastikan **berasal** dari lapisan mana.
3. Dari data *spinner* yang diambil secara berkala dapat diprediksi **prosentase** distribusi *steam* yang diinjeksikan. Tingkat permeabilitas yang bervariasi pada masing-masing lapisan berpengaruh terhadap **prosentase** distribusi *steam* yang diinjeksi kedalam masing-masing lapisan formasi.
4. Secara umum formasi Pertama yang terdiri dari empat lapisan dalam area-D field “X” hanya lapisan P5 yang sudah *mature*. Efektif *injection rate* untuk mempertahankan *maturity* pada lapisan P5 adalah:

Pattern K547

- Lapisan P5 belum matang.

Pattern K529

- *Injection rate* yang diperlukan untuk mempertahankan kematangan pada lapisan P5 *pattern* K529 adalah 408 BSPD per hari **(27.6%)**.

Pattern K526

- *Injection rate* yang diperlukan untuk mempertahankan kematangan pada lapisan P5 *pattern* K526 adalah 364 BSPD per hari **(34.5%)**.

Pattern L579

- *Injection rate* yang diperlukan untuk mempertahankan kematangan pada lapisan P5 *pattern* L579 adalah 1687 BSPD per hari (87.5%).

Pattern L576

- Lapisan P5 belum matang.

Pattern L650

- *Injection rate* yang diperlukan untuk mempertahankan kematangan pada lapisan P5 *pattern* L650 adalah 704 BSPD per hari (51.1%).

Pattern L556

- *Injection rate* yang diperlukan untuk mempertahankan kematangan pada lapisan P5 *pattern* L650 adalah 704 BSPD per hari (81.7%).

5. Secara umum temperature tinggi yang terbaca pada *wellhead* dipermukaan berasal dari lapisan P5. Hal ini dengan target injeksi *steam* pada obyek penelitian yaitu 51% dari total 17259 BCEW/day *steam* yang diinjeksi kedalam reservoir.

6.2 Rekomendasi dan Saran

6.2.1 Rekomendasi

1. Untuk sumur-sumur yang masih dingin sebaiknya dilakukan injeksi *steam* pada sumur produksi, untuk meningkatkan perolehan minyak. Hal ini dilakukan karena peningkatan produksi akibat injeksi *steam* baru akan terlihat dampaknya terhadap produksi minyak setelah beberapa tahun.
2. Menurunkan laju injeksi untuk lapisan-lapisan yang sudah *mature* dan mengalihkan *steam* tersebut ke lapisan-lapisan yang belum *mature* dengan *Neuman time* yang masih besar. Pengalihan target injeksi sebaiknya mempertimbangkan aspek ekonomis yaitu *net pay* dari lapisan target.
3. Menaikkan tekanan injeksi mendekati tekanan kepala sumur diijinkan untuk mempercepat *Neuman Time*.
4. Pada masing-masing *pattern* direkomendasikan:

Pattern K547

- Menaikkan tekanan injeksi pada sumur injeksi KA546 untuk mempercepat *breakthrough* pada lapisan P5.

Pattern K529

- Menutup sebagian perforasi sumur injeksi KA529 pada kedalaman 676ft-682ft. Penutupan ini dimaksudkan untuk mengalihkan sebagian *steam* injeksi ke lapisan P4.

Pattern K526

- Lapisan P2 di *pattern* ini mempunyai *net pay* yang cukup baik (15-20 ft) sehingga disarankan untuk menambah *steam* injeksi ke lapisan ini. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi laju injeksi *steam* ke lapisan yang sudah panas (P3 dan P5) dan mengarahkannya ke lapisan P2

Pattern L579

- Menutup sebagian perforasi sumur injeksi LA578 pada kedalaman 694ft-697ft. Penutupan ini dimaksudkan untuk mengalihkan sebagian *steam* injeksi ke lapisan P4.

Pattern L576

- Melakukan *cross check* terhadap *pattern* L579, K526 dan L556 untuk memberikan akurasi yang lebih baik pada analisis tingkat kematangan di *pattern* ini.

Pattern L650

- Menutup sebagian perforasi sumur injeksi LA650 pada kedalaman 662ft-668ft. Penutupan ini dimaksudkan untuk mengalihkan sebagian steam injeksi ke lapisan P4.

Pattern L556

- Melakukan evaluasi untuk menghitung *maintenance rate* pada lapisan P5, mengingat *breakthrough* tinggal 10 hari.

6.2.2 Saran

1. Data *injection rate* yang memiliki perbedaan terlalu besar antara satu dengan data yang lain, tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata *steam* injeksi. Perbedaan data yang sangat mencolok ini berpengaruh besar terhadap rata-rata *steam* yang diinjeksi.
2. Tanggal pengambilan data diseragamkan terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan rata-rata *injection rate*.
3. Koordinasi dengan pihak terkait dan studi keekonomian yang mendalam perlu dilakukan apabila hendak mengalihkan injeksi *steam* dari lapisan yang sudah matang ke lapisan yang belum matang.
4. Lakukan evaluasi yang lebih rinci terhadap *pattern* yang tidak memiliki sumur observasi dengan menganalisis sebaran *steam* pada *pattern* yang disebelahnya.

DAFTAR REFERENSI

- A., Zahedi, R., Johnson, and C., Rueda, "*Heat Management in Coalinga – New Insight to Manage Heat in an Fluid*", SPE 86984.
- CPI, 2005, "*Base Business – EOR Surveillance, Standardized Heat Management Process*", HOOU, tidak dipublikasikan.
- CPI, 2008, "*Heat Management Advisor, Duri Maturity Definitions*", slide, tidak dipublikasikan.
- Halliburton, 2008, "*Surveillance Training*", slide, tidak dipublikasikan.
- Neuman, C.H., 1985, "*A Gravity Override Model of Steamdrive*", J. Pet. Tech. 163-169.
- Vogel, J.V, 1984, "*Simplified Heat Calculation for Steamfloods*", J. Pet. Tech. 1127-36.

