



Jurnal Ilmu Kebumian

Teknologi Mineral

ISSN 0854 - 2554

Volume 24 Nomor 2, Mei-Agustus 2011

Ilmu Dan Teknologi Kebumian Dalam Kurikulum Pendidikan Tinggi Non
Kebumian

Kajian Perbandingan Sensitivitas Konfigurasi Wenner Dan Wenner-schlumberger.
Studi Kasus : Pendugaan Lapisan Batubara

Penggunaan Metode *Limited Entry Hole Steamflood* Untuk Perbaikan Distribusi
Uap Pada Reservoir Berlapis

Hubungan Antara Harga Salinitas Air Formasi Dengan Lingkungan Pengendapan
Pada Lapangan Minyak "milan"

Evaluasi Properties Rheologi Ltobm (*low Toxid Oil Base Mud*) Pada Sumur Rd-1
Dan Rd-2 Untuk Menentukan Cost Pada Sumur Rd-x Lapangan Tunu

Study Of The Baturaja Formation Well Sw-1, North West Java Basin Based On
Wireline Log Data And Its Implication For The Petroleum System

Pengaruh Barrier Dalam Pengurusan Minyak Berat Dengan Model 2d Sagd

Potensi Dan Pemanfaatan Bahan Galian Bentonit
Di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah

Skenario Untuk Meningkatkan Produksi Lapangan Sukowati

Pengendalian Erosi Dan Limbah Di Pertambangan Dengan Sistem Vetiver

Analisis Ekonomi Pengusahaan Komoditas Tambang Prospektif Batu Andesit Di
Daerah Gerbosari, Kecamatan Samigaluh , Kabupaten Kulonprogo



Jurnal Ilmu Kebumihan
Teknologi Mineral

PENANGGUNG JAWAB

Dr. Ir. S. Koesnaryo, M.Sc., IPM
Dekan Fakultas Teknologi Mineral
UPN "Veteran" Yogyakarta

PENGARAH

Dr. Ir. Dyah Rini Ratnaningsih, MT.

KETUA REDAKSI

Dr. Ir. Jatmika Setiawan, MT.

WAKIL REDAKSI

Mth. Kristiati EA., ST., MT.

REVIEWER/PENYUNTING AHLI

Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA (T. Geologi), Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K, M.Sc. (T. Geologi)
Dr. Ir. Barlian Dwi Nagara, MT (T. Pertambangan), Dr. Ir. Singgih Saptono, MT (T. Pertambangan)
Dr. Ir. Dyah Rini Ratnaningsih, MT (T. Perminyakan), Ir. Anas Puji Santoso, MT (T. Perminyakan)
Ir. Andi Sungkowo, M.Si (T. Lingkungan), Dr. Ir. Suharsono, MT (T. Geofisika)

EDITOR PELAKSANA

Dr. Ir. Eddy Winarno, MT., S.Si.
Johan Danu Prasetya, S.Kel., M.Si.

SEKRETARIS

Teddy Agung Cahyadi, ST., MT.
Jaka Purwanto, ST., M.Si.

BENDAHARA

Ir. Siti Umiyatun Choiriah, MT.
Margono, SE.

PELAKSANA (BAG. DESAIN)

Ika Wahyuning Widiarti, S.Si., M.Eng.
Dewi Asmorowati, ST.

PELAKSANA (TEKNIS)

Rusdiyono, Eko Widiyarto, Budi Iriyanti, Ferry Setiawan, ST

PENERBIT

Fakultas Teknologi Mineral - Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
JIK Tek Min terbit secara berkala setiap caturwulan

ALAMAT REDAKSI / TATA USAHA

Fakultas Teknologi Mineral, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta 55283
Telp. (0274) 487813, 487814 Fax. (0274) 487813,
E-mail : jiktm@gmail.com

DICETAK OLEH

Percetakan ALBIFA Yogyakarta
Isi di luar Tanggung Jawab Percetakan

Jurnal Ilmu Kebumian
Teknologi Mineral

DAFTAR ISI

Ilmu Dan Teknologi Kebumian Dalam Kurikulum Pendidikan Tinggi Non Kebumian S. Koesnaryo	1 - 4
Kajian Perbandingan Sensitivitas Konfigurasi Wenner Dan Wenner-schlumberger. Studi Kasus : Pendugaan Lapisan Batubara Suharsono	5 - 10
✓ Penggunaan Metode <i>Limited Entry Hole Steamflood</i> Untuk Perbaikan Distribusi Uap Pada Reservoir Berlapis Harry Budiharjo S.	11- 18 ✓
Hubungan Antara Harga Salinitas Air Formasi Dengan Lingkungan Pengendapan Pada Lapangan Minyak "milan" Sugeng Widada dan Bambang Triwibowo	19 - 28
Evaluasi Properties Rheologi Ltobm (<i>low Toxid Oil Base Mud</i>) Pada Sumur Rd-1 Dan Rd-2 Untuk Menentukan Cost Pada Sumur Rd-x Lapangan Tunu P. Subiatmono ; AX. Iwan Nugroho ; LD. Reza Humardhani	29 - 34
Study Of The Baturaja Formation Well Sw-1, North West Java Basin Based On Wireline Log Data And Its Implication For The Petroleum System Sugeng Widada	35 - 52
Pengaruh Barrier Dalam Pengurusan Minyak Berat Dengan Model 2d Sagd Suranto	53 - 64
Potensi Dan Pemanfaatan Bahan Galian Bentonit Di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah Sutarto, Bambang Mandala Putra dan Helmy Murwanto	65 - 74
Skenario Untuk Meningkatkan Produksi Lapangan Sukowati Suwardi	75 - 82
Pengendalian Erosi Dan Limbah Di Pertambangan Dengan Sistem Vetiver Bambang Wisaksono	83 - 90
Analisis Ekonomi Pengusahaan Komoditas Tambang Prospektif Batu Andesit Di Daerah Gerbosari, Kecamatan Samigaluh , Kabupaten Kulonprogo Anton Sudiyanto, Sudaryanto	91 - 104

PENGGUNAAN METODE *LIMITED ENTRY HOLE STEAMFLOOD* UNTUK PERBAIKAN DISTRIBUSI UAP PADA RESERVOIR BERLAPIS

Harry Budiharjo S.

Prodi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

Email: harry_hb@upnyk.ac.id

SARI

Injeksi uap pada reservoir berlapis adalah penginjeksian uap menuju lebih dari satu lapisan produktif. Banyaknya lapisan yang menjadi target injeksi menyebabkan buruknya distribusi uap menuju seluruh lapisan. Distribusi uap yang tidak merata dapat menyebabkan tingkat kematangan suatu lapisan tidak sesuai dengan yang telah ditargetkan dan akhirnya akan menyebabkan banyaknya saturasi minyak yang tertinggal di reservoir. Pada paper ini akan dibahas mengenai metode perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole* yang merupakan modifikasi kompleksi sumur injeksi dengan lubang injeksi yang terbatas dan terfokus. Lapisan yang akan diinjeksi dipisahkan dengan menggunakan *thermal packer*, sehingga dengan metode ini distribusi uap menuju masing-masing lapisan dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan panas pada masing-masing lapisan dan pada akhirnya dapat meningkatkan perolehan minyak. Dari studi kasus menunjukkan bahwa terjadi peningkatan perolehan minyak 28% sampai 67% setelah dilakukan perbaikan distribusi uap pada sumur injeksi dari suatu pola *inverted*.

Kata kunci: distribusi uap, reservoir berlapis, *limited entry hole*.

ABSTRACT

Steam injection for multi sand reservoir is a steam injection to more than one productive sand. Many layers of the target injection causes bad distribution vapour toward the whole layer. The distribution of steam that uneven can cause a degree of mature by of a layer not in accordance with that has been targeted and finally will cause oil saturation left in the reservoir. This paper will discuss an improvement method for distribution of steam by using Limited Entry Hole method which the modification of an injector well completion by limited holes and facused done. The layer which would have injected separated using thermal packer, thus this method will distribute steam to each layer can be controlled based on the heat needed for each layer and finally can improve oil recovery . From the case studies show that an increase in oil recovery is equal to 28% to 67% after improvements to the steam distribution on injector wells of a inverted pattern. Many layers of the target injection causes bad distribution vapour toward the hole layer.

Keywords: steam distribution, multisand reservoir, limited entry hole.

1. PENDAHULUAN

Uap terdistribusi secara areal dan vertikal di reservoir. Distribusi uap secara areal adalah distribusi uap dari sumur injeksi menuju sumur-sumur produksi pada suatu pola injeksi. Distribusi uap secara vertikal adalah distribusi uap menuju lapisan-lapisan produktif. Distribusi uap secara areal dan vertikal dipengaruhi oleh aspek geologi suatu reservoir. Pemantauan distribusi uap dapat dilakukan pada sumur injeksi, sumur observasi dan sumur produksi.

Lapisan yang menjadi target injeksi lebih

dari dua lapisan sehingga menyebabkan terjadinya distribusi uap yang tidak merata secara vertikal. Distribusi uap yang buruk pada akhirnya akan menyebabkan penyebaran panas yang tidak merata sehingga akan terdapat banyak saturasi minyak yang tertinggal di reservoir.

Permasalahan seperti yang telah dikemukakan di atas dapat diselesaikan dengan jalan melakukan perbaikan distribusi uap. Perbaikan distribusi uap secara areal sulit untuk dilakukan karena parameter yang sangat berpengaruh adalah kondisi geologi pada suatu

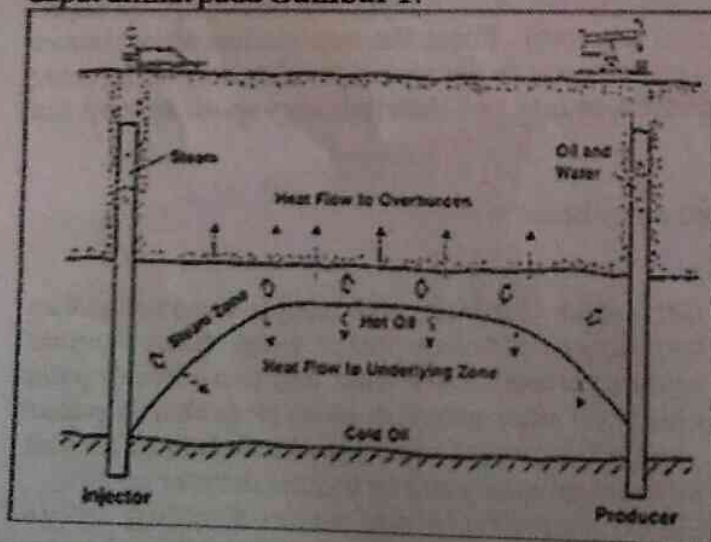
pola injeksi. Sebaliknya, perbaikan distribusi uap secara vertikal dapat dilakukan dengan beberapa metode mekanis yaitu dengan memodifikasi profil sumur injeksi atau produksi. Dalam penulisan paper ini metode yang digunakan untuk memperbaiki distribusi uap adalah dengan menggunakan salah satu metode mekanis yaitu *Limited Entry Hole*. Pada metode ini, jumlah dan ukuran lubang tergantung pada rate injeksi yang diinginkan, kualitas uap, kondisi injeksi, dan tekanan alir dasar sumur.

2. LANDASAN TEORI

a. Konsep Utama *Steamflood*

Pendesakan minyak oleh *steamflood* berdasarkan dua konsep, yaitu konsep *Frontal Advance/Frontal Displacement* dan *Gravity Override*. Pada kasus yang akan dibahas pada penelitian ini, pendesakannya berdasarkan konsep *Gravity Override*.

Konsep *gravity override* dalam pendorongan minyak dengan injeksi uap dikemukakan oleh *Vogel*. Perbedaan mendasar dari teori ini adalah bahwa pergerakan minyak yang telah berkurang viskositasnya karena pemanasan dari injeksi uap terjadi terutama secara gravitasional (bergerak dengan sendirinya ke tempat yang lebih rendah secara struktur maupun tekanan reservoirnya), bukan karena dorongan uap. Skema proses perpindahan minyak berdasarkan konsep *gravity override* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1:
 Mekanisme Pendorongan Minyak Dengan *Steamflood* Berdasarkan Konsep *Gravity Override*
 Uap yang diinjeksikan, karena berat

jenisnya yang kecil, mengapung di bagian atas formasi dan bergerak menyebar menjauhi sumur injeksi. Uap memanaskan minyak disekitarnya secara konveksi. Viskositas minyak akan berkurang sehingga memungkinkan untuk bergerak menuju sumur produksi. Zona uap akan semakin menebal bersamaan dengan berkurangnya minyak dalam formasi.

Dalam modelnya, *Vogel* dan *Neuman* menentukan laju injeksi uap berdasarkan keseimbangan energi antara panas yang dibawa oleh uap air dengan panas yang dibutuhkan untuk menjaga temperatur zona uap ditambah panas yang berdifusi ke *overburden* dan fluida di bawah zona uap. Minyak terproduksi adalah minyak terpanaskan yang bergerak di pertemuan uap ditambah minyak yang terdorong oleh air hasil kondensasi yang mengalir ke bagian bawah formasi, sementara minyak yang terbawa oleh uap air diabaikan. Oleh karena itu laju produksi minyak dapat ditentukan dengan menentukan laju perluasan dan penebalan zona uap atau laju pembesaran volume zona uap.

b. Reservoir Berlapis

Reservoir berlapis merupakan zona produktif yang terdiri dari beberapa lapisan batuan dimana karakteristik batuan dan kondisi reservoirnya tidak sama antara lapisan yang satu dengan yang lain. Suatu reservoir dinyatakan berlapis dari data seismik dan data *logging*. Dalam reservoir berlapis terdapat ketidakseragaman dari suatu tempat dengan tempat lain, dalam hal karakteristik batuan dan fluida yang menempatnya. Hal itu yang disebut heterogenitas reservoir.

Pembentukan reservoir berlapis sangat dipengaruhi oleh lingkungan pengendapan yang membentuknya. Lingkungan pengendapan adalah keadaan yang sangat kompleks yang disebabkan interaksi antara faktor-faktor fisika, kimia, dan biologis, dimana sedimen diendapkan. Lingkungan pengendapan memegang peranan penting dalam menentukan kecenderungan (*trend*) bentuk atau geometri reservoir, ketebalan dan luas area reservoir, juga mengontrol variasi internal (heterogenitas) reservoir seperti ukuran butir, sortasi, proses pengendapan *shale*, permeabilitas, dan perlapisannya. Siklus yang membentuk reservoir berlapis melalui tahap pelapukan, transportasi, dan pengendapan dalam lingkungan transisi

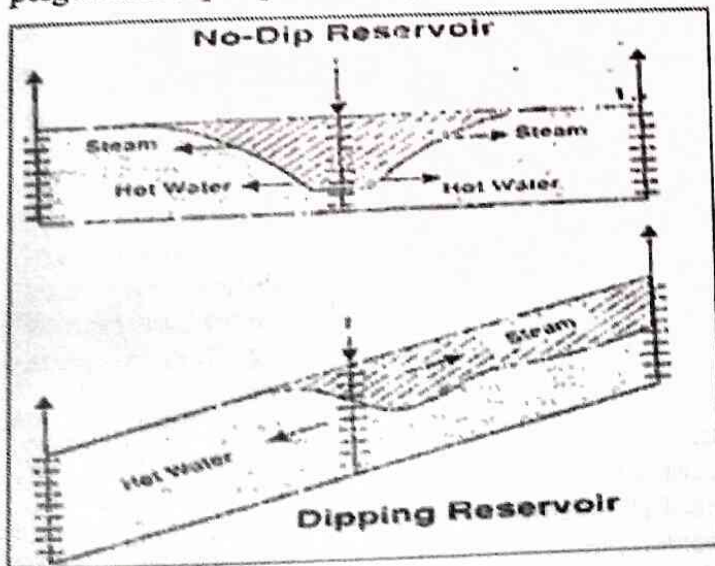
ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2:
Proses Diagenesa Reservoir Berlapis Batupasir

c. Kemiringan Reservoir

Pada reservoir yang tidak memiliki kemiringan, uap akan menyebar kesegala arah secara seragam, dan hanya dikontrol oleh *gravity override* dari uap. Pada reservoir yang homogen zona uap akan simetri dan tidak ada aliran melewati batas pattern, produksi minyak akan seragam pada seluruh sumur produksi. Ketika reservoir memiliki kemiringan yang signifikan ($>10^\circ$) uap akan cenderung bergerak menuju tempat yang lebih tinggi akibat berat jenis uap yang kecil, dan air yang terkondensasi akan bergerak menuju tempat yang lebih rendah. Skema pengaruh kemiringan reservoir terhadap pergerakan uap dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3:
Pengaruh kemiringan reservoir terhadap pergerakan uap

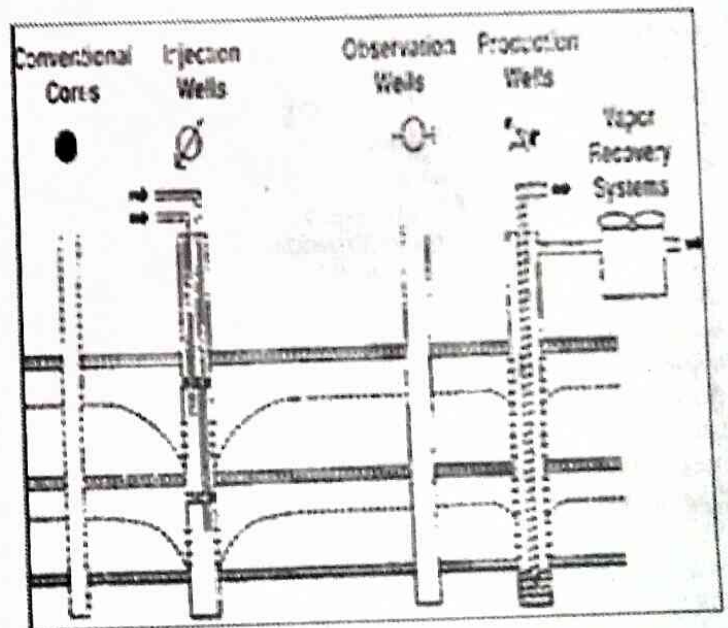
d. Distribusi uap

Distribusi uap di reservoir dipengaruhi

oleh parameter geologi dan reservoir. Parameter reservoir yang mempengaruhi distribusi uap adalah kedalaman reservoir, ketebalan zona produktif, kandungan minyak, temperatur dan tekanan reservoir, permeabilitas, karakteristik fluida reservoir dan kompresibilitas batuan. Parameter yang mempengaruhi kesuksesan injeksi uap adalah jenis batuan, mineralogi batuan, heterogenitas, kontinuitas reservoir dan kemiringan reservoir.

e. Pemantauan distribusi uap

Pemantauan performance dari *steamflood*, dapat dilakukan dengan mengumpulkan data yang berasal dari sumur injeksi, sumur observasi, sumur produksi dan sistem *casing vapor collection*. Selain data-data tersebut juga dibutuhkan data analisa core untuk mengevaluasi efektivitas pelaksanaan injeksi uap. Hubungan dari kelima sumber data untuk memantau *steamflood* digambarkan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4:
Sumber Data Yang Digunakan Untuk Memantau Proses *Steamflood*

• Sumur Injeksi

Terdapat beberapa jenis survei yang dapat dilakukan pada sumur injeksi untuk menentukan besarnya laju injeksi uap yang diinjeksikan dan panas yang terdistribusi pada suatu area atau pada interval target yang berbeda. Survei tersebut meliputi: kualitas uap dan laju

alir injeksi pada *wellhead*, profil injeksi, tekanan dan temperatur, *pressure transient*, *interwell tracer survey*. Pada tulisan ini hanya akan dibahas mengenai survei profil injeksi yang meliputi survei spinner dan survei krypton yang termasuk dalam kategori *interwell tracer survey*.

Survei Spinner

Spinner adalah instrumen yang digunakan untuk mengetahui kecepatan fluida. *Spinner* terdiri dari beberapa jenis, semua jenis yang ada menggunakan tenaga putar (*impeller* atau *spinner*) dan alat untuk menentukan laju alir pada setiap putaran. Ketika *spinner* diletakkan pada fluida yang bergerak/mengalir dibawah kecepatan minimum, *spinner* akan berputar berdasarkan laju alir linear sampai kecepatan aliran.

Spinner telah digunakan selama bertahun-tahun untuk menentukan aliran fluida pada sumur produksi dan sumur injeksi. Pada akhir 1950 dan awal 1960 pembacaan *spinner* telah diperbaharui dengan pengembangan dari *continuous spinner*. Sebelumnya *spinner* didesain untuk membaca pada keadaan yang statik secara berturut-turut pada lubang sumur untuk menentukan profil fluida.

Survei Radioaktif

Bahan-bahan radioaktif yang sering digunakan untuk mendapatkan profil fasa uap dan profil fasa cair pada sumur injeksi dari suatu proyek injeksi uap terdiri dari *iodine*, *methyl iodide*, *xenon* dan *krypton*. Sodium *iodine* digunakan untuk mendapatkan jejak (*trace*) pada fasa cair. *Methyl iodide* digunakan untuk mendapatkan jejak pada fasa uap. Gas *krypton* dan gas *xenon* untuk menentukan jejak fasa uap. Antara gas *krypton* dan gas *xenon*, yang paling sering digunakan adalah gas *krypton*, karena *krypton* mempunyai energi penembusan radiasi yang lebih besar dibanding *xenon*.

Survey radioaktif dilakukan dengan menginjeksikan *slug* gas radioaktif dan mencatat waktu transit dari *slug* radioaktif antara dua detektor gamma yang dimasukkan kedalam lubang sumur.

• Sumur Observasi

Sumur observasi adalah sumur yang dikompleksi secara *cased hole* (tidak berproduksi) dan berfungsi untuk melakukan logging secara

periodik. Sumur observasi biasanya ditempatkan di dalam suatu pola injeksi, dan dipasang casing yang dapat menghantarkan arus listrik atau casing yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, tergantung pada program pemantauan yang akan dilakukan.

Sumur observasi digunakan untuk memantau perubahan-perubahan yang terjadi pada reservoir. Sumur observasi ini sangat penting karena sumur injeksi dan sumur produksi tidak dapat digunakan untuk memantau temperatur, dan perubahan saturasi fluida/gas yang tercakup dalam suatu pola injeksi. Banyaknya sumur injeksi tergantung pada luas area, konfigurasi pola injeksi-produksi, geologi reservoir dan banyaknya informasi yang dibutuhkan.

Sumur observasi yang digunakan untuk memantau injeksi uap biasanya dikompleksi dengan casing berukuran 2" atau yang lebih besar. Terkadang, sumur observasi ada yang di perforasi untuk menentukan tekanan reservoir.

Logging pada sumur observasi memberikan informasi temperatur formasi dan saturasi gas/fluida. Temperatur adalah salah satu dari parameter-parameter yang berpengaruh terhadap performance dari injeksi uap. Saturasi gas dan fluida juga variabel yang penting untuk dipantau.

Survei Temperatur

Survei temperatur pada sumur observasi digunakan untuk menentukan temperatur rata-rata pada setiap lapisan, karakterisasi perkembangan daerah yang terisi oleh uap, menentukan kecepatan pemanasan pada suatu formasi. Pada injeksi uap, penentuan temperatur formasi yang didapatkan dari survei temperatur dapat digunakan untuk menduga tekanan pada daerah yang terisi uap.

Survei temperatur tidak dapat menentukan temperatur formasi yang sebenarnya. Sebagai gantinya, yang dipantau adalah temperatur pada lubang bor yang berdekatan dengan formasi. Efek dari konveksi fluida dan konduksi panas akan menggambarkan temperatur formasi yang sebenarnya.

Logging Saturasi Gas

Dual Detector Neutron Log (DDNL) dan

Pulsed Neutron Capture (PNC) Log dapat mengidentifikasi fasa gas pada reservoir yang dilakukan injeksi uap. Identifikasi gas dengan log ini lebih mudah dilakukan pada reservoir minyak berat dan formasi air tawar. Pada tulisan ini hanya akan dibahas mengenai *Pulsed Neutron Capture (PNC) Log*.

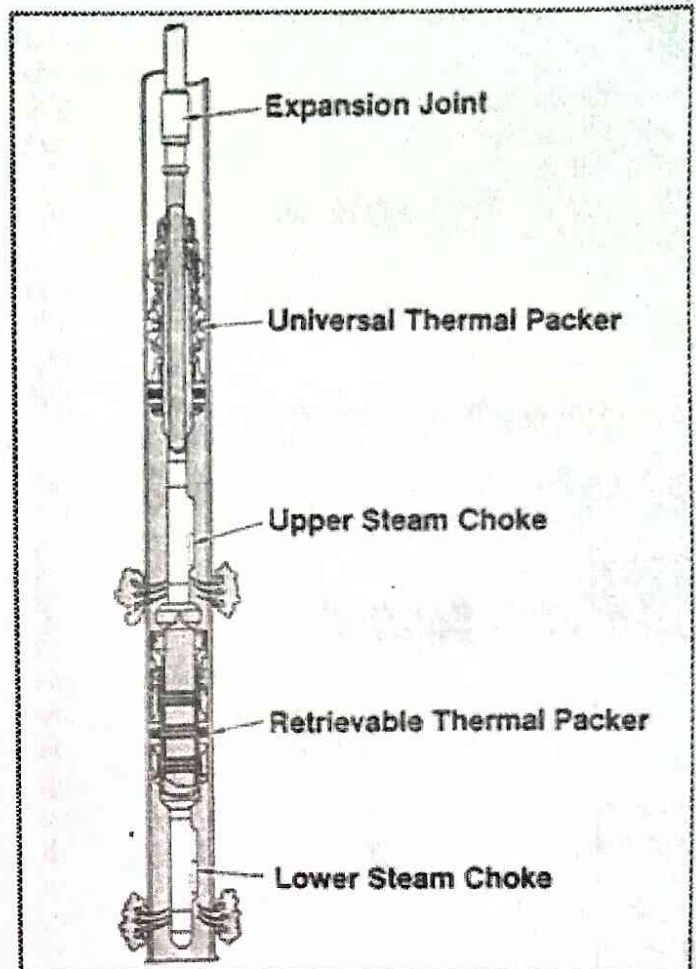
Pulsed Neutron Capture (PNC) Log mempunyai nama dagang *Thermal Decay Time-TDT (Schlumberger)*, *Thermal Multigate Decay-TMD (Halliburton)* dan *Pulsed Decay Capture-PDC (Atlas)*. Jenis log ini adalah yang paling bagus untuk mengidentifikasi gas pada injeksi uap.

f. Perbaikan Distribusi Uap Pada Sumur Injeksi Menggunakan Metode *Limited Entry Hole*.

Gravity override dan *chanelling* dapat menyebabkan penembusan uap pada sumur injeksi sebelum waktu yang telah ditargetkan dan buruknya efisiensi penyapuan. Sebagai konsekuensinya jumlah saturasi minyak yang sangat signifikan tertinggal di reservoir.

Beberapa metode mekanis dapat digunakan untuk meningkatkan distribusi uap melalui interval injeksi dan dengan demikian akan memodifikasi profil sumur secara vertikal sesuai uap yang diinjeksikan. Salah satu metode mekanis yang digunakan pada saat ini adalah: Rekomplesi Sumur Injeksi Menggunakan Metode *Limited Entry Hole*

Metode *Limited Entry Hole* adalah komposisi sumur injeksi dengan menggunakan lubang injeksi yang dibatasi pada suatu tubing yang diletakkan berlawanan dengan zona target injeksi (Hong and Griston 1986; Hong et al. 1987). *Limited Entry Injection* merupakan salah satu metode injeksi yang digunakan untuk menginjeksikan uap pada reservoir berlapis. Gambar 5 menunjukkan contoh konfigurasi sumur injeksi menggunakan metode *Limited Entry Hole*. Pada injeksi uap, besar dan ukuran lubang tergantung dari laju alir yang diinginkan, kualitas uap, kondisi injeksi dan tekanan lubang sumur. Ketika aliran kritis (*critical flow*) tercipta pada saluran keluar, laju alir injeksi pada zona yang terpisah dapat dikontrol secara akurat hanya dengan mengubah ukuran dan banyaknya saluran keluar.



Gambar 5:
Konfigurasi sumur injeksi menggunakan metode *Limited Entry Hole*

Variasi dari metode *limited entry* telah berhasil digunakan untuk memperlakukan formasi disekitar lubang bor sehingga dapat meningkatkan produktivitas atau injektivitas sumur injeksi (Lagrone and Rasmussen 1986). Shell telah menerapkan metode ini pada injeksi uap untuk menginjeksikan pada beberapa lapisan tunggal pada lapangan South Belridge (Small 1986). Pada aplikasi pada perusahaan Shell, *limited entry perforation* dilakukan pada casing. Metode *limited entry* juga diterapkan oleh chevron semenjak tahun 1970 pada beberapa proyek di San Joaquin. Chevron menggunakan metode *limited entry hole* dengan jenis *venturi choke*.

Metode *limited entry* didesain dan digagas pada beberapa jenis yang tergantung pada *critical flow* yang dapat dicapai dan dipertahankan. Contohnya, *critical flow* pada *nozzle, choke*, atau deflektor uap dapat digunakan.

Critical flow pada nozzle terdiri dari silinder pendek dengan bagian yang mengembang. Pada umumnya, panjang dari bagian yang lurus adalah sekitar satu-setengah kali diameter leher, atau bisa lebih besar. Sebagai tambahan, bagian divergen yaitu pada ujung yang meruncing dapat digunakan pada saluran keluar untuk menciptakan beberapa derajat perbedaan tekanan pada uap yang keluar. *Thermal packer* diletakkan diantara dua zona yang mengandung minyak untuk memisahkan alokasi uap yang diinjeksikan.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN.

Lapangan HB merupakan reservoir yang homogen dimana lapisan produktifnya terdiri dari tujuh lapisan yaitu lapisan A, B, C, D, E, F dan G. Masing masing lapisan dipisahkan oleh shale tipis yang menerus. Lapisan A, B, C, D dan E merupakan lapisan dari formasi X sedangkan lapisan F dan G merupakan lapisan dari formasi Y. Jenis minyak pada lapangan HB adalah minyak berat dengan derajat API 22. Pola injeksi uap yang diterapkan pada lapangan ini adalah *inverted seven-spot*. Luas dari satu buah pola injeksi adalah 11,27 acre. Pada paper ini akan dibahas salah satu pola injeksi dari lapangan HB yaitu pola injeksi HB-1.

Distribusi uap sebelum perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole*.

Kompleksi sumur injeksi pada pola injeksi HB-1 adalah paralel string injection. Injeksi menuju tujuh lapisan produktif tersebut dilakukan melalui dua buah string, yaitu *upper string* dan *lower string*. Dasar pemilihan target jumlah lapisan yang akan diinjeksi adalah berdasarkan formasi yang menjadi target injeksi. *Upper string* menginjeksikan uap menuju lapisan A, B, C, D dan E sedangkan *lower string* menginjeksikan uap menuju lapisan F dan G. Banyaknya lapisan yang dituju oleh uap yang berasal dari *upper string* menyebabkan distribusi uap menuju lima lapisan tersebut tidak merata. Sementara distribusi uap dari *lower string* menuju lapisan F dan G cukup bagus.

Profil distribusi uap menuju lapisan produktif pada sumur injeksi HB-1 dapat dilihat pada Tabel 1 yang merupakan hasil dari survei radioaktif pada sumur injeksi. Pada Tabel 1 terlihat bahwa pergerakan uap dari *upper string*

cenderung menuju lapisan B dan D sedangkan distribusi uap pada lapisan A, D dan E sangat buruk. Pergerakan uap dari *lower string* menuju lapisan F dan G bagus.

Tabel 1:

Distribusi uap sebelum perbaikan distribusi uap pada sumur HB-1

Lapisan	Steam Split		Steam rate (BSPD)	
	Rec	Actual	Target	Actual
A	9%	0%	72	0
B	34%	38%	272	312
C	25%	57%	200	468
D	10%	5%	80	41
E	22%	0%	156	0
F	43%	48%	160	345
G	47%	52%	234	373

Distribusi uap setelah perbaikan menggunakan metode *Limited Entry Hole*.

Perbaikan distribusi uap pada sumur injeksi HB-1 dilakukan dengan metode rekomplesi sumur injeksi menggunakan *Limited Entry Hole*. Pada sumur ini *Limited Entry Hole* dipasang pada empat stage. *Stage* pertama untuk injeksi pada lapisan A, B dan C. *Stage* kedua untuk injeksi menuju lapisan D dan E. *Stage* ketiga untuk injeksi menuju lapisan F dan *stage* keempat untuk injeksi menuju lapisan G. Masing-masing stage dipisahkan dengan menggunakan *thermal packer*.

Tabel 2 menunjukkan distribusi uap setelah rekomplesi sumur injeksi menggunakan metode *Limited Entry Hole*. Lapisan yang menjadi target utama perbaikan distribusi uap adalah lapisan D dan E, karena sebelum perbaikan dilakukan rekomplesi sumur distribusi uap pada lapisan ini sangat buruk. Setelah dilakukan perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole* pada sumur ini, terjadi perbaikan distribusi uap pada target sebesar 346 BSPD.

Tabel 2:
Distribusi uap setelah perbaikan distribusi uap pada sumur HB-1

lapisan	Steam Split		Steam rate (BSPD)	
	Rec	Actual	Target	Actual
A	33%	38%	600	639
B				
C				
D	33%	23%	600	387
E				
F	22%	35%	400	589
G	12%	4%	200	67

Perolehan minyak setelah perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole*.

Perhitungan perolehan minyak pada sumur-sumur produksi pola injeksi HB-1 dilakukan dengan menghitung besarnya selisih antara produksi sebenarnya dan prediksi produksi apabila tidak dilakukan perbaikan distribusi uap, sehingga dapat diketahui kenaikan produksi setelah dilakukan perbaikan distribusi uap. Prediksi Produksi apabila tidak dilakukan perbaikan distribusi uap dihitung dengan metode *Decline Curve Analysis*. Tabel 3. adalah hasil perhitungan perolehan minyak setelah perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole* dari seluruh sumur produksi dari pola injeksi HB-1.

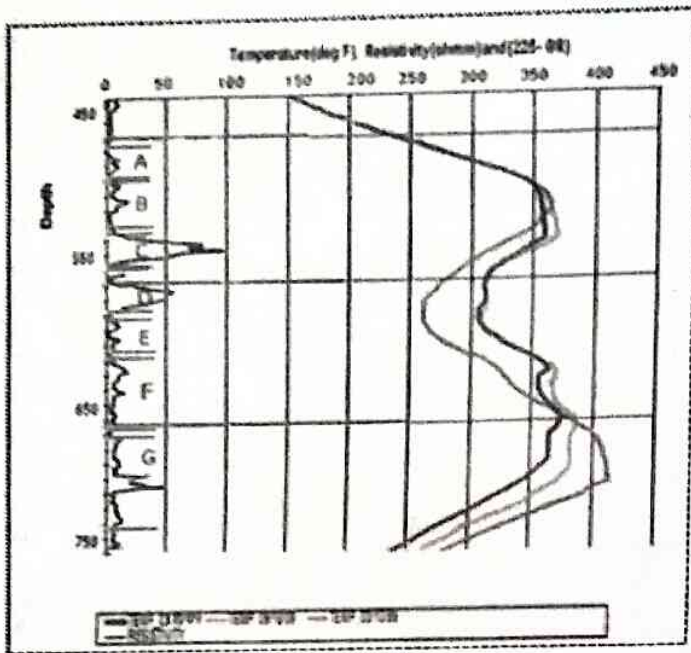
Tabel 3:
Perolehan minyak pola injeksi HB-1 Setelah perbaikan distribusi uap

Sumur Produksi	Produksi Setelah Perbaikan Distribusi Uap (BOPD)	Produksi Tanpa Perbaikan Distribusi Uap (BOPD)	Kenaikan Produksi (%)
HB-18A	11,77	6,31	50
HB-19B	8,58	2,76	67
HB-39A	2,30	0,98	57
HB-38A	14,65	8,01	45
HB-27A	5,73	3,13	45
HB-29A	23,49	16,80	28

Seluruh sumur produksi pada pola injeksi HB-1 menunjukkan adanya peningkatan perolehan minyak setelah dilakukan perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole*. Peningkatan produksi terbesar yang diperoleh setelah perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole* adalah dari sumur produksi HB-19B yaitu sebesar 67% sedangkan peningkatan produksi terkecil setelah perbaikan distribusi uap adalah dari sumur produksi HB-29A yaitu sebesar 28%. Keberagaman peningkatan produksi yang diperoleh dari masing-masing sumur produksi disebabkan oleh kondisi geologi pada pola HB-1 dan cadangan hidrokarbon yang berbeda pada masing-masing sumur produksi.

Besarnya peningkatan perolehan minyak yang diperoleh pada pola injeksi HB-1 berasal dari hasil perbaikan distribusi uap secara vertikal. Apabila tidak dilakukan perbaikan distribusi uap, produksi minyak akan cenderung menurun karena distribusi uap yang buruk akan menyebabkan penyebaran panas yang tidak merata dan pada akhirnya terdapat sisa saturasi minyak yang besar sehingga injeksi uap pada menjadi tidak efisien. Peningkatan temperatur pada reservoir minyak berat akan menurunkan viskositas minyak dan akhirnya minyak akan menjadi mudah mengalir.

Gambar 6 adalah profil temperatur sebelum dan sesudah perbaikan distribusi uap. Garis hijau adalah temperatur reservoir sebelum perbaikan distribusi uap dan garis merah adalah temperatur setelah perbaikan distribusi uap. Dari Gambar 6 tersebut terlihat bahwa terjadi peningkatan temperatur pada lapisan A, B, C, D, E, dan F, namun terjadi penurunan temperatur pada lapisan G. Peningkatan temperatur pada 6 lapisan tersebut adalah hasil dari perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole* sehingga terjadi peningkatan produksi yang cukup besar pada sumur-sumur produksi.



Gambar 6:
Grafik temperatur reservoir pada pola injeksi HB-1

4. KESIMPULAN

1. Metode perbaikan distribusi uap menggunakan *Limited Entry Hole* sangat baik digunakan dalam injeksi uap pada reservoir berlapis.
2. Peningkatan perolehan minyak yang didapatkan setelah perbaikan distribusi uap menggunakan metode *Limited Entry Hole* pada pola injeksi HB-1 berkisar antara 28% sampai 67%.
3. Besarnya perolehan minyak yang didapatkan dari masing-masing sumur produksi dipengaruhi oleh kondisi geologi pada pola HB-1 dan cadangan hidrokarbon yang berbeda pada masing-masing sumur produksi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Fatimah, Nurul: "Evaluasi Perolehan Minyak Setelah dilakukan Perbaikan Distribusi Uap pada Sumur Injeksi di Lapangan Duri *Steamflood* PT. Chevron Pacific Indonesia", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta, 2009.
- Friedman, G.M., "*Principles of Sedimentology*", John Wiley & Sons, New York, 1978.
- Hong K, C., Jhonson, R. S., Lherman, J. K., Sanford, S. J., "*Steamflood Reservoir*

Management", 1992.
Sulistiyaraso, H.B., : "Perhitungan Kehilangan Panas Pada Metoda Thermal", Jurusan Teknik Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta, 1999.