

ISBN 978-979-98831-1-7

**PROSIDING**

**SIMPOSIUM NASIONAL 2007**

**IKATAN AHLI TEKNIK PERMINYAKAN INDONESIA**

**Profesionalisme IATMI  
dalam Mendukung  
Program Pemerintah untuk  
Sustainability Produksi Migas**

Simposium

Diskusi Panel

Forum Teknologi

Workshop

Student Paper Contest

Temu Mahasiswa

Education Day

Pameran

Turnamen Golf

Gala Dinner



**25 - 28 Juli 2007 - UPN "Veteran" Yogyakarta**



# PROSIDING

Halaman

HALAMAN JUDUL	iii
DAFTAR ISI	v
KATA PENGANTAR	ix
SUSUNAN PANITIA	xi



## **SIMPOSIUM NASIONAL 2007** **IKATAN AHLI TEKNIK PERMINYAKAN INDONESIA**

IATMI 2007-TS-01	Subsurface Geological Models of Semanggi Brownfield Cepu Block - Java, (Promesowati, Caroline Fransetyadi - UPN "Veteran" Yogyakarta).....	1
IATMI 2007-TS-02	Geological and Petrophysical Characterization of a North Blok Coastal Plains Pekanbaru, (Reza Satrio Nugraha, Budi Abran, Doni Heruadi - BOB PT. Bumi Siak Pusako - Pertamina Hulu).....	7
IATMI 2007-TS-03	Potensi dan Kualitas Batuan Formasi Kujung Pada Lintasan Kali Wungkal Tuban - Jawa Timur, (Bambang Triwibowo, Kuwat Santoso - UPN "Veteran" Yogyakarta).....	17

### **Profesionalisme IATMI dalam Mendukung Program Pemerintah untuk Sustainability Produksi Migas**

IATMI 2007-TS-04	Analisis dan Evaluasi Kebijakan Energi Nasional (M. Jusuf Jatnika, Haidari Utama, H. Sunarno Trianto - Unit Bisnis Pertamina Lirik).....	29
------------------	--	----

IATMI 2007-TS-06	Recovering Gas from Low Pressure Gas Wells, An Effort to Sustain Gas Production from Pager Gas Plant, (Ahmad Zainuddin - PT. Chevron Pacific Indonesia).....	43
------------------	--	----

### **EDITOR**

IATMI 2007-TS-07	Perbandingan Analisis Permeabilitas Menggunakan Persamaan Kozeny-Carman dengan Persamaan Fraktal, (Yusaphat Samantri - UPN "Veteran" Yogyakarta).....	51
------------------	---	----

**Dedy Kristanto (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

IATMI 2007-TS-08	Analisis Geologi dan Petrofisika Clean Zone dan Zona Perangkap Minyak di Lapangan Widi, (Widya Lur - PT. Pertamina Hulu).....	64
------------------	---	----

**Ahmad Hanif (PT Pertamina EP)**

**Doddy Abdassah (ITB)**

IATMI 2007-TS-09	Vertical Fracturing in Indonesian Sandstone and Carbonate Reservoirs, (Sudjati Rachmat dan Ari Mutadi - PT. Pertamina Hulu).....	72
------------------	--	----

**Taufan Marhaendrajana (ITB)**

**Wahyu Jatmiko (PPPTMGB "Lemigas")**

IATMI 2007-TS-10	Analisis Geologi dan Petrofisika Lapangan Widi, (Bambang Tjipto Santoso - CNOOC SES Ltd.).....	92
------------------	--	----

**Harry Budiharjo S. (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

IATMI 2007-TS-11	Problem Scale di Beberapa Lapangan Migas di Indonesia, (Lestari Saiti, Sri Wahyani, Ratnayu Sitaresmi - Universitas Trisakti).....	98
------------------	--	----



IATMI 2007-TS-41	Model-Model Perkiraan Permeabilitas Relatif Air-Metana Dalam Batubara, ( <b>Ratnayu Sitaesmi, MG. Sri Wahyuni, Sisworini, M. Taufik Fathaddin - Universitas Trisakti</b> ) .....	319
IATMI 2007-TS-42.	Forecasting Gas Production Performance of Horizontal Well, ( <b>Leksono Mucharam, Pudjo Sukarno, Septoratno Siregar, Darmadi, Andrey Dama, Iskandar Fahmi, Reza Akbar - Institut Teknologi Bandung</b> ).....	324
IATMI 2007-TS-43	Peran Teknologi Sekuestrasi CO <sub>2</sub> dalam Menciptakan Mekanisme Pembangunan Bersih di Indonesia, ( <b>Ego Syahrial, Letty Brioletty - PPPTMGB "Lemigas"</b> ).....	329
IATMI 2007-TS-44	Fenomena Generasi X dan Tantangannya di Tempat Kerja, ( <b>Sugembong - Star Energy, Sudarmoyo - UPN "Veteran" Yogyakarta</b> ) .....	344
IATMI 2007-TS-45	Multiphase Flow Model for Predicting Pressure Distribution in Pipeline Network, ( <b>Leksono Mucharam, Septoratno Siregar, Kuncoro A. Sidarto, Agus I. Hasan, Lala S.R, Rela P. Pamungkas, Whisnu U. Baroto - Institut Teknologi Bandung</b> ) .....	351
IATMI 2007-TS-46	Efek Laju Produksi Terhadap Faktor Perolehan Pada Horizontal Well Dengan Model Sumur Tunggal, ( <b>Hariyadi - UPN "Veteran" Yogyakarta</b> ) .....	360
IATMI 2007-TS-48	Penanganan Asbestos Sebagai Limbah B3 di Industri Migas, ( <b>Y.Lela Widagda - UPN "Veteran" Yogyakarta</b> ).....	369
IATMI 2007-TS-49	Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Sifat Fisik Batuan, ( <b>Suranto, Boni Swadesi, PB. Wahyono Cahyadi - UPN "Veteran" Yogyakarta</b> ).....	375
IATMI 2007-TS-50	Evaluasi Pemecahan Emulsi di SPU Manunggal Lapangan Tanjung, ( <b>P. Subiatmono, Aris Buntoro - UPN "Veteran" Yogyakarta, Setyo Wahono, Wida, Ari - PT. Pertamina UBEP Tanjung</b> ).....	380
IATMI 2007-TS-51	Evaluasi Survey dan Korosi Jaringan Pipa Minyak Lapangan Tanjung, ( <b>M. Taufik, Ilmi Ikhsan - Institut Teknologi Bandung, P. Subiatmono, Aris Buntoro - UPN "Veteran" Yogyakarta, Hariyono - PT. Pertamina UBEP Tanjung</b> ) .....	393
IATMI 2007-TS-52	Studi Kemungkinan Penggunaan Fiber Sebagai Saringan Pasir, ( <b>Suwardi - UPN "Veteran" Yogyakarta</b> ) .....	405
IATMI 2007-TS-53	Evaluasi Optimasi Jaringan Pipa Lapangan Tanjung, ( <b>Suwardi, Anas Puji Santoso - UPN "Veteran" Yogyakarta, Amega Yasutra - Institut Teknologi Bandung, Hariyono, Indriyono - PT. Pertamina UBEP Tanjung</b> ) .....	411



## EFEK LAJU PRODUKSI TERHADAP FAKTOR PEROLEHAN PADA HORIZONTAL WELL DENGAN MODEL SUMUR TUNGGAL

Oleh :

Hariyadi

Jurusan Teknik Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta

### ABSTRAK

Strategi pengaturan laju produksi untuk memperoleh hasil optimal dan maksimal belum diperhatikan dengan seksama, terutama pada besarnya laju produksi yang akan diaplikasikan. Banyak pendapat yang menyatakan bahwa dengan laju produksi yang besar akan menurunkan faktor perolehan minyak secara keseluruhan, tetapi ada juga yang berpendapat besarnya laju produksi tidak mempengaruhi faktor perolehan. Hal tersebut timbul sebagai akibat ketidakmampuan mengidentifikasi pengaruh gaya-gaya yang bekerja dalam reservoir terhadap mekanisme aliran.

Reservoir minyak bumi dengan mekanisme pendorong air, proses pergerakan batas minyak air di reservoir dipengaruhi oleh interaksi beberapa gaya yang bekerja, misalnya : gaya hisap sumur, dan gaya gravitasi fluida. Gaya-gaya ini sangat mempengaruhi kestabilan pergerakan batas minyak-air dan akibatnya ini sangat berpengaruh pada perilaku produksi dan faktor perolehan minyak.

Model fisik digunakan pada penelitian ini dengan model sumur tunggal untuk satu lapisan produktif. Penskalaan dilakukan menggunakan analisis dimensional terhadap semua parameter yang berpengaruh. Aplikasi hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan kaidah kesamaan antara model dengan prototipe yang direpresentasikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar harga perbandingan gaya gravitasi terhadap gaya hisap sumur atau semakin kecil laju alir maka waktu tembus air sehingga faktor perolehannya juga semakin besar.

**Keywords :** *horizontal well, sumur tunggal, laju produksi, rasio gaya gravitasi terhadap gaya hisap, faktor perolehan.*

### PENDAHULUAN

Di berbagai lapangan minyak sumur horizontal telah banyak digunakan dan efektif sebagai salah satu cara dalam memproduksi minyak dan gas dari reservoir. Keunggulan dari sumur horizontal dibandingkan dengan sumur vertikal adalah terutama dalam hal peningkatan perolehan minyak dan percepatan perolehan, sehingga banyak sumur horizontal digunakan untuk pengembangan lapangan marginal. Sedikitnya jumlah sumur yang diperlukan, produktivitas yang tinggi, dan peningkatan perolehan minyak dari sumur horizontal menjadikan lapangan yang dulu tidak ekonomis menjadi lebih ekonomis. Dari beberapa penelitian yang ada, sumur horizontal terbukti dapat digunakan sebagai salah satu cara efektif dalam pengembangan lapangan migas.

Pada laju produksi yang sama dalam reservoir minyak akan memberikan waktu tembus air (*breakthrough time*) yang lebih lama jika dibandingkan pada sumur vertikal. Atau dengan kata lain penerapan sumur horizontal dapat memperlambat terjadinya *water cresting/coning* yang dapat menurunkan faktor perolehan minyak.

Ada pendapat bahwa terjadinya *water cresting/coning* tidak mempengaruhi terhadap faktor perolehan, tetapi adapula yang beranggapan bahwa *water cresting/coning* akan menurunkan faktor perolehan minyak. Berdasarkan hal diatas maka penulis mencoba untuk membuktikan dua pendapat tersebut dengan melakukan percobaan menggunakan model fisik.

Penelitian tentang fenomena diatas masih jarang dilakukan di dalam laboratorium, untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang perilaku perubahan laju produksi terhadap terjadinya



*water cresting/coning* di sumur horizontal yang nantinya akan mempengaruhi faktor perolehan dari minyak. Pada penelitian ini digunakan model sumur horizontal dalam media berpori yang dimodelkan secara sederhana dalam skala laboratorium.

## TINJAUAN PUSTAKA

### APLIKASI SUMUR HORIZONTAL

Sumur horizontal adalah suatu sumur yang dibor sejajar/paralel dengan lapisan reservoir. Banyak kelebihan aplikasi sumur horizontal yang dapat diperoleh dibanding sumur vertikal,<sup>1-2,3-9</sup> yaitu terutama peningkatan perolehan minyak dan percepatan perolehan. Oleh karena itu sumur horizontal dapat juga digunakan sebagai salah satu strategi dalam pengembangan lapangan marginal. Sedikitnya jumlah sumur yang diperlukan, tingginya produktivitas sumur, dan meningkatnya perolehan minyak dari aplikasi sumur horizontal, menjadikan lapangan yang dulunya dikategorikan lapangan marginal menjadi ekonomis/menarik untuk dikembangkan. Dari beberapa literatur<sup>4-7</sup> dilaporkan bahwa beberapa lapangan marginal telah dikembangkan dan terbukti berhasil secara ekonomis. Dengan demikian sumur horizontal terbukti dapat digunakan sebagai salah satu cara efektif dalam program manajemen reservoir (*reservoir management*), dan hingga saat ini merupakan isu/topik penelitian dan pengembangan dalam dunia industri perminyakan.

### WATER CRESTING PADA SUMUR HORIZONTAL

*Water cresting* adalah peristiwa terproduksinya air pada sumur horizontal (*water coning* pada sumur vertikal). Hal ini menyebabkan turunnya produksi minyak, sebaliknya produksi air meningkat. Dalam keadaan statis *water cresting* terjadi karena terganggunya keseimbangan (*kestabilan*) gaya isap sumur (*viscous force*) dengan perbedaan gaya gravitasi (*gravity force*) dan kapiler (*capillary force*) fluida reservoir. Hal ini bisa terjadi jika gaya isap sumur lebih tinggi dari perbedaan gaya gravitasi fluida. Sedangkan pada kondisi dinamis *water cresting* terjadi akibat

perbedaan mobilitas air dan minyak. Semakin besar perbedaan mobilitas air dengan minyak, maka pergerakan air menuju sumur produksi akan lebih cepat jika dibandingkan perbedaan mobilitas air dengan minyak lebih kecil.

Untuk memperlambat terjadinya *water cresting*, maka perlu dijaga kestabilan bidang batas minyak-air dengan cara memproduksi fluida di bawah laju produksi kritis (laju alir maksimum dimana kestabilan bidang batas minyak-air masih terjaga).

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perkembangan *water cresting* adalah:

- Densitas. Perbedaan densitas air dan minyak semakin besar menyebabkan gaya isap sumur semakin besar sehingga kestabilan batas minyak-air semakin besar (semakin stabil). Akibatnya profil *water cresting* semakin landai (*lambat*).
- Viskositas. Viskositas air semakin besar, menyebabkan air semakin sulit mengalir akibatnya *water cresting* makin lambat. Demikian juga jika viskositas minyak semakin besar, menyebabkan minyak sulit mengalir akibatnya *water cresting* makin cepat.
- Panjang sumur horizontal. Semakin panjang sumur horizontal, pada laju produksi yang sama membutuhkan *drawn down* yang lebih kecil sehingga memperlambat *water cresting*.
- Letak sumur horizontal. Semakin jauh dengan WOC pergerakan air menuju lubang sumur semakin lambat, maka akan memperlambat *water cresting*.
- Ukuran *aquifer*, semakin besar ukurannya akan mempercepat *water cresting*.

Umumnya jika terjadinya *water cresting* semakin lambat akan berakibat: *tembus air* dan *water cut* semakin lambat, serta faktor perolehan lebih besar.

### RESERVOIR BOTTOM WATER DRIVE

Reservoir bertenaga dorong *bottom water* (*bottom water drive*) merupakan salah satu tipe reservoir/jebakan minyak yang banyak dijumpai di lapangan. Penerapan sumur horizontal pada reservoir bertenaga dorong ini telah banyak dilakukan di seluruh dunia dan terbukti efektif dalam meningkatkan faktor perolehan minyak<sup>1-2,6-9</sup>



Reservoir *bottom water drive* ditandai dengan adanya lapisan air (*aquifer*) tebal dan luas yang berada di bawah lapisan minyak dengan bidang batas antara minyak dan air disebut *water-oil contact* (WOC). Jika suatu sumur minyak pada reservoir ini diproduksi, air dari *aquifer* akan mendesak minyak menuju sumur produksi, dan bidang batas antara minyak dan air akan bergerak ke atas mendekati sumur produksi. Pergerakan bidang batas terjadi sebagai akibat adanya perbedaan tekanan antara bidang batas minyak-air dan lubang sumur. Peristiwa ini dikenal dengan sebutan *bottom water encroachment*. Kestabilan pergerakan bidang batas ini sangat dipengaruhi oleh laju alir produksi sumur atau gaya hisap sumur (*viscous force*). Laju alir produksi sumur yang tinggi akan menyebabkan tekanan *drawdown* yang tinggi juga, dimana apabila laju produksi sumur melebihi laju produksi kritis (*critical rate* atau laju alir maksimum dimana kestabilan bidang batas minyak-air masih terjaga), maka ketidakstabilan bidang batas minyak-air akan terjadi ditunjukkan dengan pergerakan bidang batas tersebut yang tidak merata menuju sumur produksi, biasanya disebut dengan rujungan air (*water coning/cresting*). Kondisi ini terjadi jika gaya hisap sumur (*viscous force*) melebihi besarnya perbedaan gaya gravitasi (*gravity force*) dan kapiler (*capillary force*) fluida reservoir.

Apabila di dalam reservoir rujungan air terbentuk, maka akan menyebabkan adanya semacam terobosan air. Kemudian bilamana rujungan air sampai pada sumur produksi (*water breakthrough*), maka dengan cepat produksi sumur akan didominasi oleh air yang ditunjukkan dengan fraksi air (*water cut*) pada fluida produksi yang tinggi. Kondisi ini sangat tidak menguntungkan ditinjau dari segi teknik maupun segi ekonomis.

Berdasarkan fenomena yang telah dijelaskan di atas, sumur horizontal banyak diaplikasikan dengan tujuan utama memperlambat terjadinya rujungan air dan memperbesar efektivitas penyapuan minyak oleh air dari *aquifer*. Akibatnya pengurasan minyak menjadi lebih baik.

Hal ini sangat memungkinkan karena pada sumur horizontal titik masuk fluida reservoir ke lubang sumur lebih banyak, sehingga distribusi

tekanan (*drawdown*) lebih luas dan lebih kecil dibandingkan dengan yang terjadi pada sumur konvensional (sumur tegak/miring). Gambar 1 menyajikan perbandingan *water coning/cresting* yang terjadi pada sumur vertikal/tegak dan sumur horizontal.

## PENSKALAAN

Pada pembuatan model fisik yang akan digunakan, hal yang terlebih dahulu dilaksanakan adalah penskalaan model yang akan dipakai. Agar model yang dipakai sesuai dengan ukuran di lapangan.

Inventarisasi terhadap semua parameter-parameter yang dianggap berpengaruh pada pendisainan dan operasional dari model sebagai langkah awal dalam melakukan analisis dimensional (*dimensionless analysis*) telah dilakukan

Perbandingan ukuran geometri model lapangan dan model laboratorium seperti terdapat pada **Tabel 1**.

## BAHAN DAN PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Dalam percobaan ini model menggunakan bahan dasar sand pack yang terbuat dari batu pasir kwarsa. Ukuran butir pasir kwarsa adalah 20 – 40 mesh. Bahan yang digunakan sebagai pengganti semen yaitu epoxy resin. Model sample core atau media berpori mempunyai dimensi panjang 100 cm, lebar 22.5 cm dan tebal 10 cm. Pleksiglass transparan dengan tebal 1 cm digunakan sebagai penutup samping dari *water banks* dibawah model media berpori.

Fluida yang digunakan didalam model adalah fluida yang tidak saling bercampur. Dalam kasus ini digunakan air dan kerosin yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Jenis Fluida	Densitas, gr/cc	Viskositas, cp
Air	1.0008	0.919
Kerosin	0.8116	1.675



Dalam percobaan ini air diberi zat pewarna agar water cresting dapat jelas dilihat dan juga untuk membedakan dengan kerosin yang mempunyai warna hampir sama.

Peralatan-peralatan penunjang selain model utama yang akan digunakan dalam proses percobaan atau *running* adalah sebagai berikut : Unit pompa hisap, Pessure Gauge ,Unit pompa vakum, Tanki Reservoir, Valve/Kran, Selang, Stopwatch, Gelas ukur, F-Clamps, Kamera

Rangkaian dari peralatan pada model yang digunakan dalam percobaan seperti terlihat pada **Gambar 2**.

## LANGKAH KERJA PENELITIAN

### PEMBUATAN KERANGKA MODEL FISIK MEDIA BERPORI

Terdiri dari bahan yang terbuat dari kayu dengan dimensi panjang 100 cm, lebar 22.5 cm dan tinggi 10 cm. Bahan penutup bagian bawah digunakan plexi glass dengan tebal 1 in, sedangkan penutup samping kiri dan kanan serta muka dan belakang digunakan kaca tebal 1 cm diganti dengan plexi glass dengan tebal 1 cm. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pengesetan dan juga karena pertimbangan kekuatan bahan terhadap tekanan yang akan diperlakukan pada sistem..

### PEMBUATAN MEDIA BERPORI

Pembuatan media berpori (*sandpack*) dilakukan dengan menggunakan pasir kwarsa ukuran 20 – 40mesh, dan sebagai perekat antar butir batuan pasir menggunakan epoxy resin. Selain pembuatan media berpori utama tersebut, juga dibuat core kecil (contoh batuan) dengan diameter 1 in, panjang 8 cm dengan komposisi dan perlakuan yang sama dengan media berpori utama dalam proses pembuatannya. Core ini dibuat untuk mempermudah pengukuran sifat-sifat fisik batuan yang merepresentasikan sifat fisik media berpori yang digunakan.. Sedangkan kadar epoxy resin yang dipakai adalah 4.2%.

Model media berpori yang telah selesai dan siap digunakan dalam pegesetan seperti tampak pada **Gambar 3**.

## PROSEDUR PENELITIAN

Setelah semua peralatan diset seperti pada **Gambar 3** maka proses *running* model bisa dilakukan, dimana prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Proses penvakuman model media berpori dengan menggunakan pompa vakum selama kurang lebih 24 jam. Proses ini bertujuan untuk mengeluarkan gas/udara yang terdapat di dalam model.
2. Proses penjujukan air yang telah diberi pewarna, pemberian warna bertujuan untuk membedakan antara kerosin dengan air pada waktu pengamatan volume pada gelas ukur pada waktu penampungan fluida
3. Proses penjujukan minyak, proses ini dilakukan dari atas model dengan menggunakan kerosin, volume minyak yang di injeksikan disesuaikan dengan volume yang telah ditentukan dalam perhitungan agar tercapai ketinggian kolom minyak yang diinginkan.
4. Setelah semua proses diatas, kemudian model didiamkan selama kurang lebih 24 jam, hal ini bertujuan untuk mendapatkan keadaan yang stabil.
5. Proses *running* model, dalam hal ini minyak dipompa dari sumur horizontal dengan menggunakan pompa peristaltik mikro dengan variasi beberapa laju produksi, selama proses ini dicatat berbagai harga tekanan pada masing-masing pressure gauge dan volume fluida (minyak dan air) yang diproduksi pada setiap selang waktu tertentu.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan penelitian tentang pengaruh laju produksi terhadap performace produksi sumur horizontal dan recoverynya yang dilakukan variasi pada media berpori di laboratorium diperlukan data-data seperti di bawah ini :

### Parameter geometri

Lebar reservoir	: 22.5	cm
Panjang reservoir	: 100	cm
Panjang sumur horizontal	: 55	cm
Tebal kolom minyak	: 7	cm



### Media berpori

Porositas: 0.327fraksi

Permeabilitas absolut : 4.437 darcy

Swi: 0.835

Sor: 0.716

Kro@Swi: 0.987

Krw@Sor: 0.726

### Fluida

Densitas kerosene :0.8116 gr/ml

Densitas air:1.0008 gr/ml

Viskositas kerosene: 1.675 cp

Viskositas air : 0.919 cp

OOIP: 4720 ml

Analisa sensitivitas dilakukan dengan memvariasikan laju produksi fluida yaitu sebesar, 1.3 ml/menit, 7.3 ml/menit dan 15 ml/menit. Pada masing-masing pelaksanaan percobaan untuk masing-masing laju produksi fluida tekanan yang bekerja pada bottom water drive adalah 1.2 psig dan pada kepala sumur adalah 1.0 psig.

### PEMBAHASAN

Pengaruh laju alir terhadap masuknya air pada sumur horizontal tentu akan sedikit berbeda pada sumur vertical. Pada sumur vertical air yang berasal dari bawah reservoir akan masuk melalui satu titik, tetapi pada sumur horizontal akan masuk melalui beberapa titik dalam lubang sumur.

Kecepatan masuknya air dalam lubang sumur dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya adalah laju alir fluida produksi.

Semakin besar laju alir fluida produksi maka jumlah fluida yang bisa diproduksi juga akan bertambah besar, tetapi karena perbedaan viskositas air dan minyak maka air akan lebih mudah bergerak daripada minyak, sehingga air yang diproduksi dari sumur makin bertambah dan laju alir minyak pun akan berkurang seiring berjalanya waktu.

Fenomena diatas dapat dilihat pada **Gambar 4**. Pada laju alir 1.3 cc/menit yang fluida air akan masuk pada menit ke-2148, dan air akan bertambah banyak secara drastic pada sampai menit ke-2328. Pada laju alir fluida yang lebih besar yaitu 7.3 cc/menit air akan terproduksi pada mulai menit ke-364 dan akan mengalami kenaikan secara drastis sampai pada menit ke-517, dan pada laju alir yang paling besar yaitu 15 cc/menit air

mulai terproduksi pada menit ke-130 dan akan mengalami kenaikan drastis sampai pada menit ke-255.

Pada waktu laju produksi air mengalami kenaikan secara drastis, pada waktu yang bersamaan laju produksi minyak akan mengalami penurunan secara drastis pula. Dari ketiga laju alir diatas laju alir yang paling besar yaitu 15 cc/menit air akan masuk ke dalam sumur pada waktu yang lebih awal dan yang paling terlambat masuk ke dalam sumur adalah pada laju alir 1.3 cc/menit.

Bentuk kurva pada saat kenaikan laju alir air yang sangat drastis pada ketiga laju alir sangat berbeda yang paling curam adalah pada saat laju alir yang rendah, seperti pada **Gambar 5** Hal ini disebabkan karena pada saat produksi front batas air-minyak (WOC) akan bergerak perlahan-lahan dan akan masuk ke dalam sumur secara bersamaan sehingga air yang masuk pun juga secara bersamaan pada daerah sepanjang sumur tersebut sehingga akan menyebabkan kenaikan secara mendadak. Sedangkan pada laju alir yang lebih tinggi air akan menerobos ke bagian tertentu saja, sehingga kenaikan jumlah air di dalam lubang sumur tidak sebesar pada laju alir 1.3 cc/menit.

Pada laju alir 15 cc/menit tentu akan menghasilkan kumulatif fluida produksi yang lebih besar dari pada laju alir yang lebih kecil pada waktu yang sama seperti pada **Gambar 6**. Sedangkan pada waktu yang sama faktor prolehan minyak (recovery factor) juga akan lebih besar dibandingkan dengan kedua laju produksi yang lebih rendah.seperti pada **Gambar 7**. tetapi faktor perolehan minyak terhadap kumulatif fluida produksi akan memberikan hasil yang paling besar untuk laju alir yang kecil yaitu 1.3 cc/menit pada kumulatif fluida produksi yang sama.

### KESIMPULAN

1. Laju alir yang besar pada sumur horisontal akan mempercepat waktu tembus air, sehingga akan menghambat masuknya minyak ke dalam sumur.
2. Laju alir yang kecil akan mempertinggi faktor perolehan minyak terhadap kumulatif produksi fluida yang sama, tetapi memerlukan waktu yang lebih lama.



3. Pengaruh besar kecilnya laju alir tidak memberikan perbedaan harga yang signifikan (kurang dari 10%) terhadap faktor perolehan pada kumulatif produksi yang sama.
4. Faktor sifat fisik fluida terutama densitas dan viskositas dan juga sifat fisik batuan juga berkontribusi dalam penentuan perolehan minyak.

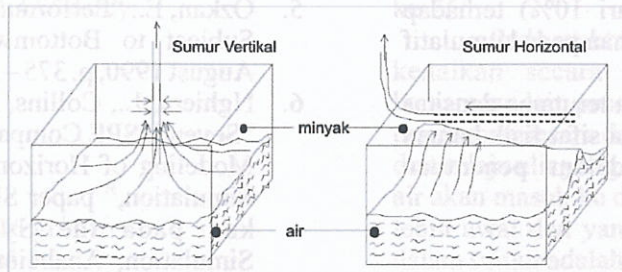
#### DAFTAR PUSTAKA

1. Yang, W. and Wattenbarger, R. A.: "Water Coning Calculations for Vertical and Horizontal Wells," paper SPE 22931 dipresentasikan pada the 66<sup>th</sup> Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, Texas, October 6-9, 1991.
2. Permadi, P.: "Practical Methods to Forecast Production Performance of Horizontal Wells," SPE paper 29310 dipresentasikan pada the 1995 SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, Mar. 20-22, 1995.
3. Permadi, P.: "Fast Horizontal-Well Coning Evaluation Method," paper SPE 37032 dipresentasikan pada Asia Pacific Oil and Gas Conference, Adelaide, Australia, October 28-31, 1996.
4. Souza, A.L.S., Arbabi, S., and Azis, K.: "A Practical Procedure to Predict Cresting Behavior in Horizontal Wells," paper SPE 39063 dipresentasikan pada the Fifth Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference and Exhibition, Rio de Janeiro, Brazil, August 30 – September 3, 1997.
5. Ozkan, E.: "Performance of Horizontal Wells Subject to Bottomwater Drive," *SPE*, August 1990, p. 375–383.
6. Nghiem, L., Collins, D. A., and Sharma, R.: "Seventh SPE Comparative Solution Project: Modeling of Horizontal Wells in Reservoir Simulation," paper SPE 21221 dipresentasikan pada the Symposium Reservoir Simulation, Anaheim, California, February 17-20, 1991.
7. Economides, M. J., Delmbacher F. X., Brand, C. W. and Heinemann, Z. E.: "Comprehensive Simulation of Horizontal-Well Performance," paper SPE 20717 dipresentasikan pada the 1990 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, Sept. 23-26, 1990.
8. Quandalle, P.: "Eighth SPE Comparative Solution Project: Gridding Techniques in Reservoir Simulation," paper SPE 25263 dipresentasikan pada 12<sup>th</sup> SPE Symposium on Reservoir Simulation, New Orleans, LA, U.S.A, February 28-March 3, 1993.
9. Goktas, B. and Ertekin, T.: "Implementation of a Local Grid Refinement Technique in Modeling Slanted, Undulating Horizontal and Multi-lateral Wells," paper SPE 56624 dipresentasikan pada the Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, October 3-6, 1999.
10. Ekram, S.: "Generalized Well Model for Accurate Coarse Grid Simulation of Coning Processes," *ECMOR V*, 1996, p 1-10

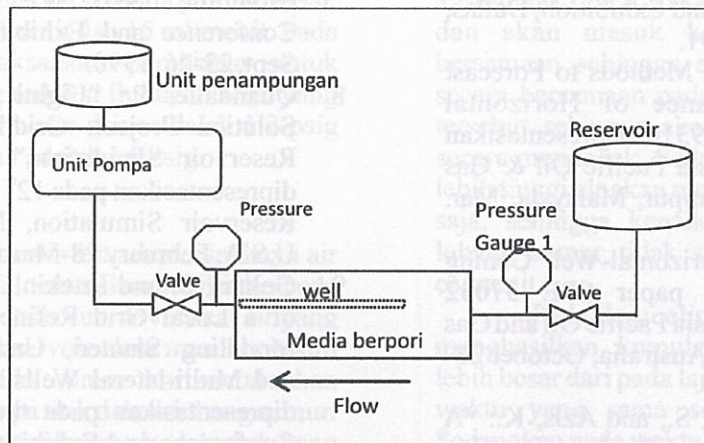
**TABLE 1. PERBANDINGAN DIMENSI PROTOTIPE DAN MODEL RESERVOIR**

Parameter	Keterangan	Lapangan	Model Lab.
<b>Geometri</b>			
▪ W	Lebar model reservoir	650 ft	22.5 cm
▪ L	Panjang model reservoir	1450 ft	100 cm
▪ $L_h$	Panjang sumur horizontal	800 ft	55 cm
▪ $h_o$	Tebal kolom minyak	75 ft	5 cm





**GAMBAR 1. WATER CONING /CRESTING PADA SUMUR VERTIKAL DAN HORIZONTAL**

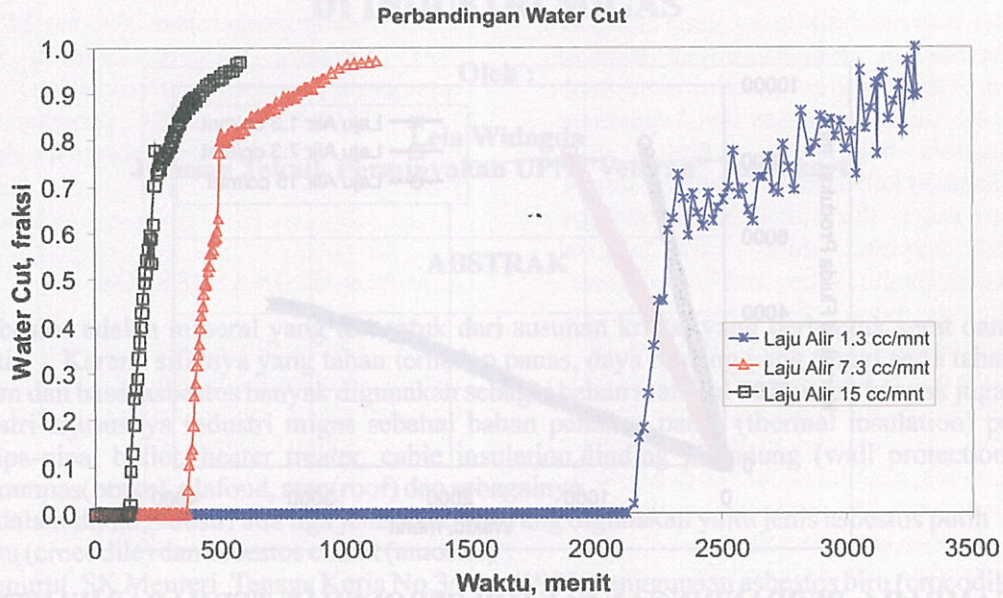


**GAMBAR 2. SKEMA PERALATAN MODEL**

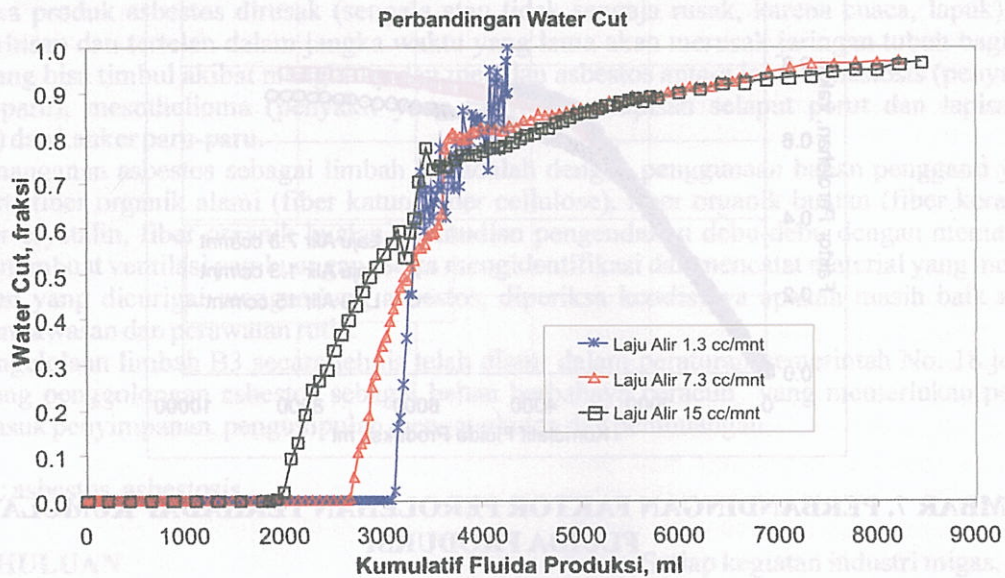


**GAMBAR 3. MODEL MEDIA BERPORI**



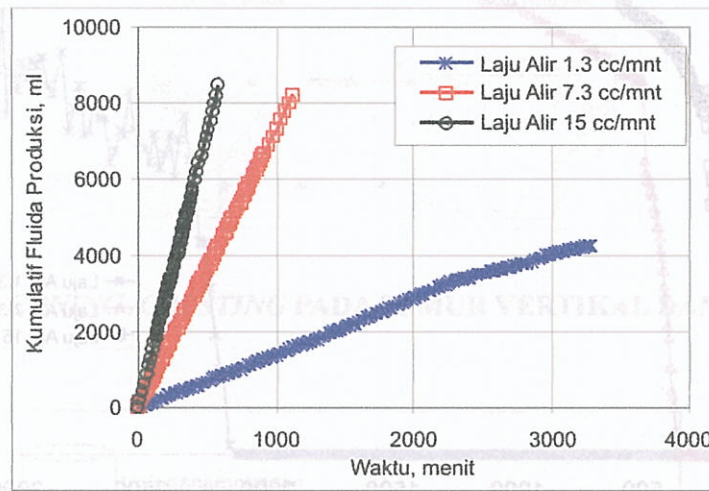


**GAMBAR 4. PLOT WATER CUT TERHADAP WAKTU PADA BERBAGAI LAJU ALIR**

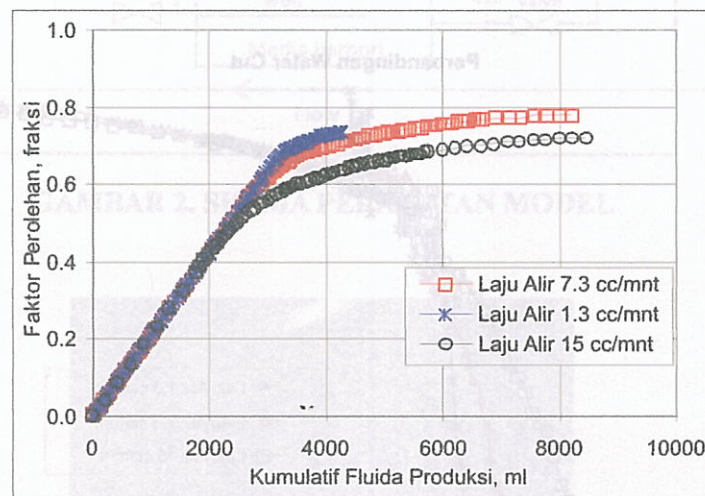


**GAMBAR 5. PLOT WATER CUT TERHADAP KUMULATIF PRODUKSI PADA BERBAGAI LAJU ALIR**





**GAMBAR 6. PERBANDINGAN FAKTOR PEROLEHAN TERHADAP WAKTU**



**GAMBAR 7. PERBANDINGAN FAKTOR PEROLEHAN TERHADAP KUMULATIF FLUIDA PRODUKSI**