



Forum Guru Besar  
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar  
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar  
Institut Teknologi Bandung

**Profesor Tutuka Ariadji**

**STRATEGI OPTIMASI  
PENGEMBANGAN LAPANGAN MIGAS:  
MENJAWAB TANTANGAN  
PRODUKSI NASIONAL**

20 Desember 2014  
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

**Orasi Ilmiah Guru Besar  
Institut Teknologi Bandung**  
20 Desember 2014

**Profesor Tutuka Ariadji**

**STRATEGI OPTIMASI  
PENGEMBANGAN LAPANGAN MIGAS:  
MENJAWAB TANTANGAN  
PRODUKSI NASIONAL**



Forum Guru Besar  
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: STRATEGI OPTIMASI PENGEMBANGAN LAPANGAN MIGAS:  
MENJAWAB TANTANGAN PRODUKSI NASIONAL  
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,  
tanggal 20 Desember 2014.

#### Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

#### UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis

Data katalog dalam terbitan

Tutuka Ariadji

STRATEGI OPTIMASI PENGEMBANGAN LAPANGAN MIGAS:  
MENJAWAB TANTANGAN PRODUKSI NASIONAL  
Disunting oleh Tutuka Ariadji

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2014  
viii+58 h., 17,5 x 25 cm  
**ISBN 978-602-8468-72-5**  
1. Teknik 1. Tutuka Ariadji

## KATA PENGANTAR

Menjawab tantangan migas nasional tidak bisa terlepas dari memahami perkembangan dinamik migas dunia dikarenakan karakter industri migas yang bersifat multinasional, global dan harga produk ditentukan oleh pasar internasional, selain ciri khas yang dibawa oleh industri migas tersebut yaitu padat modal, teknologi tinggi, dan beresiko tinggi. Perusahaan minyak multinasional kelas dunia sudah mulai masuk ke Indonesia sejak lebih dari 100 tahun yang lalu, dan ini menunjukkan betapa menariknya potensi migas Indonesia dan sekaligus memberikan pengalaman yang banyak bagi pemerintah, industri nasional, dan masyarakat migas. Menyambut kondisi ini, tulisan ini dimulai dengan memahami tantangan migas dunia ke depan dalam hubungannya dengan strategi pengembangan migas nasional. Kemudian untuk menjelaskan secara ringkas tentang industri migas, dikenalkan kegiatan dari sektor hulu hingga hilir di industri minyak dan gas bumi pada umumnya. Selanjutnya bahasan dikerucutkan pada hal paling esensi di industri migas dalam bidang mensuplai produk hulunya (minyak dan gas bumi), yang dituangkan dalam dokumen utama perencanaan pengembangan suatu lapangan, yaitu *Plan of Development (POD)*, dengan bahasan tentang penyusunan *POD*, fungsi yang dioptimalkan, dan metodologi pembuatan model reservoir yang seyogyanya dilakukan secara konsisten di industri. Kemudian untuk menghantarkan lebih jauh dalam pengelolaan lapangan,

bahasan dilanjutkan dengan penjelasan tentang mekanisme perolehan minyak yang terdiri dari *primary recovery*, *secondary recovery* dan *tertiary recovery* yang mana *Enhanced Oil recovery* (EOR) termasuk didalamnya. Setelah memahami kegiatan, metodologi, dan istilah-istilah penting di industri migas hulu, bahasan dilanjutkan dengan pemahaman terhadap kinerja produksi minyak dan gas nasional sebagai dasar untuk memahami arah pengembangan industri ini dalam menjawab tantangan produksi nasional.

Menyadari kondisi produksi minyak nasional yang terus menurun dan produksi gas nasional yang cenderung terus naik, maka rangkuman hasil penelitian pada topik-topik ini disusun menjadi strategi optimasi untuk menjawab tantangan nasional tersebut yang terdiri dari: (1) Penerapan *Enhanced Oil Recovery* secara masif dengan berbagai metode yang tepat untuk masing-masing lapangan, (2) Pengembangan lapangan gas berdasarkan Konsep *Win-win* antara Pemerintah dan Kontraktor Kerjasama, (3) Optimasi Terintegrasi *Subsurface-Surface* untuk Keakuratan Hasil dan Fleksibilitas Perencanaan, (4) Optimasi Produksi Sumuran Terintegrasi Geologi-Geofisk-Teknik Reservoir-Teknik Produksi, (5) Penanganan Produksi Karbondioksida untuk Lingkungan melalui *Carbon Capture and Storage*, (6) *Quick-Looked Plan of Development* untuk Percepatan Kenaikan Produksi, (7) Manajemen Resiko Pada Operasi Pengeboran Sumur untuk mengurangi biaya.

Diharapkan tulisan ini memberikan manfaat bagi semua pihak yang

turut bertanggungjawab, dan mempunyai kepedulian terhadap masa depan migas nasional yang masih akan mempunyai kontribusi signifikan pada APBN untuk menunjang pembangunan nasional dalam waktu yang cukup lama.

Bandung, 20 Desember 2014

**Tutuka Ariadji**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	vii
LANDASAN MORAL .....	1
PENDAHULUAN .....	2
Tantangan Dunia .....	2
Industri Minyak dan Gas Bumi .....	5
Kegiatan sektor hulu-eksplorasi, pengembangan lapangan hingga produksi .....	7
Perencanaan Pengembangan Lapangan ( <i>Plan of Development, POD</i> )	9
Tahapan Mekanisme Perolehan Minyak .....	14
Kondisi Produksi Minyak dan Gas Nasional dan Konsepsi Dasar untuk Menjawab Tantangan Produksi Nasional .....	17
STRATEGI OPTIMASI PENGEMBANGAN LAPANGAN MIGAS: MENJAWAB TANTANGAN PRODUKSI NASIONAL .....	22
Era Produksi Minyak Nasional: Masif <i>Enhanced Oil Recovery</i> (EOR)	22
Pengembangan Lapangan Gas Berdasarkan Konsep Win-Win antara Pemerintah dan Kontraktor Kerjasama .....	26
Aplikasi Algoritma Genetika untuk Optimasi Produksi pada Pengembangan Lapangan Secara Cepat .....	28
Optimasi Pengembangan Lapangan Terintegrasi <i>Subsurface-Surface</i> untuk Peningkatan Keakuratan Hasil dan Fleksibilitas Perencanaan .....	31

Optimasi Produksi Sumuran Tertintegrasi: Geologi & Geofisik – Teknik Reservoir – Teknik Produksi .....	33
Penanganan Produksi Karbondiosida: Menangani Isu Lingkungan .....	34
<i>Quick Looked</i> POD untuk Mempecepat Persetujuan POD dan Kenaikan Produksi Migas Nasional .....	35
Management Resiko Pada Pengeboran Sumur .....	38
DEDIKASI DAN UCAPAN TERIMA KASIH .....	41
REFERENSI .....	42
CURRICULUM VITAE .....	49

## STRATEGI OPTIMASI PENGEMBANGAN LAPANGAN MIGAS: MENJAWAB TANTANGAN PRODUKSI NASIONAL

### LANDASAN MORAL

Sebagaimana negara sedang berkembang, bangsa kita hidup dalam ketergantungan yang tinggi dalam banyak hal. Tidak terlepas dalam penelitian, kiblat penelitian adalah ke negara maju, yaitu bangsa yang menguasai teknologi dunia. Konferensi internasional terkemuka, jurnal internasional terpandang dan society keilmuan terbesar berada dan dikelola oleh negara-negara maju tersebut. Kondisi ini mempunyai konsekuensi logis bahwa tema dan topik bahasan adalah cenderung untuk memenuhi kebutuhan keilmuan dan penerapannya di negara-negara maju tersebut. Bukti-bukti ini jelas terlihat di berbagai tema dan makalah-makalah pada seminar internasional di bidang teknik perminyakan.

Walaupun demikian, kondisi tersebut seyogyanya tidak membuat kita kehilangan inovasi. Menyikapi kondisi ini, upaya asli (*genuine*) perlu dilakukan secara konsisten dalam kerangka road map penelitian agar akhirnya nanti dihasilkan produk penelitian yang bukan hanya untuk publikasi makalah tetapi lebih dari itu yaitu untuk dipergunakan oleh masyarakat secara luas, ataupun, produk penelitian dapat menjadi solusi

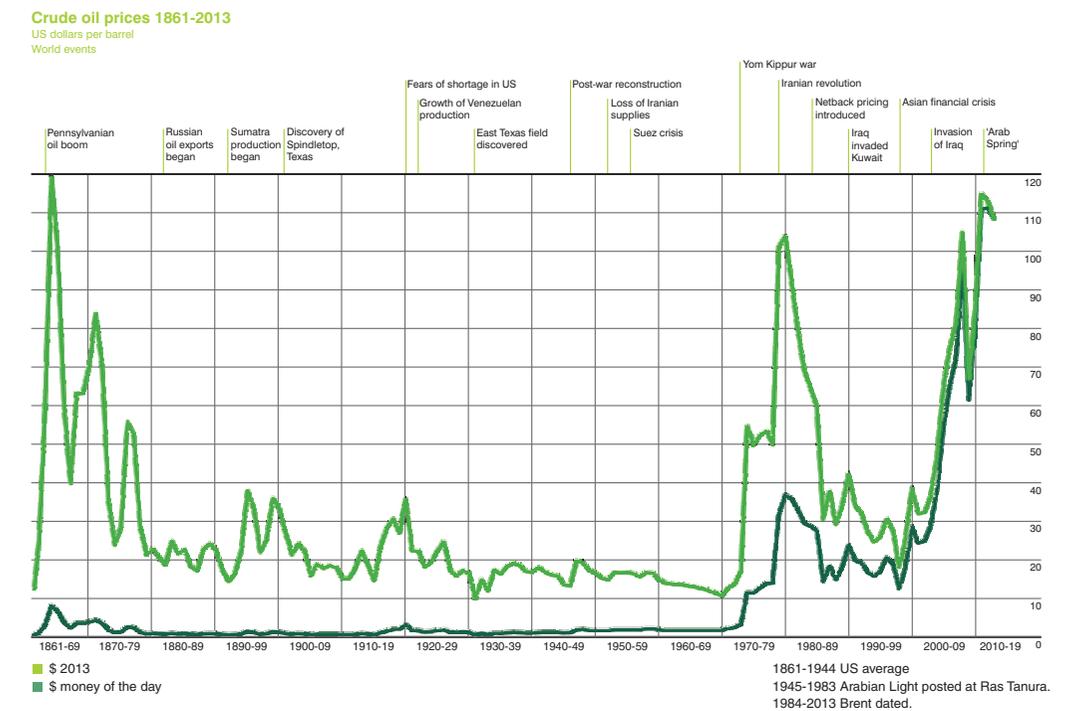
permasalahan nasional. Orientasi pada pemecahan masalah nasional ini akan mendorong penelitian yang berkualitas karena sebenarnya sumber permasalahan di lapangan-lapangan migas di Indonesia banyak dan mempunyai tingkat kesulitan tinggi, salah satu factor utamanya adalah karena 80% produksi minyak nasional berasal dari lapangan tua (*Mature Field*).

## PENDAHULUAN

### Tantangan Dunia

Industri minyak dan gas bumi bersifat sangat dipengaruhi oleh kondisi dan situasi internasional, baik politik, perdagangan, maupun perindustrian. Faktor geopolitik sangat berpengaruh dalam harga minyak dunia seperti ditunjukkan oleh Gambar 1. Terjadinya perang di Irak mengakibatkan *supply* minyak terganggu dan harga minyak melonjak sangat tajam dan mencapai angka fantastis. Hal ini dikarenakan cadangan minyak dunia hanya dikuasai oleh beberapa negara pada di Timur Tengah dan Amerika Selatan dan Amerika Tengah seperti ditunjukkan Gambar 2. Sedangkan konsumsi minyak dikuasai oleh dari negara-negara di Asia dan Eropa & Eurasia seperti ditunjukkan Gambar 3 (BP Statitical). Dengan demikian, terjadi tranportasi minyak antar negara yang menjadikan harga minyak sangat dipengaruhi oleh faktor geopolitik. Lain halnya dengan bisnis gas yang lebih bersifat regional, karena didasarkan pada transaksi

antara penjual dan pembeli yang bersifat regional. Kondisi ini menyebabkan cara pengembangan lapangan minyak dan gas menjadi berbeda, selain dari sifat alamiah minyak dan gas yang sudah jelas berbeda.

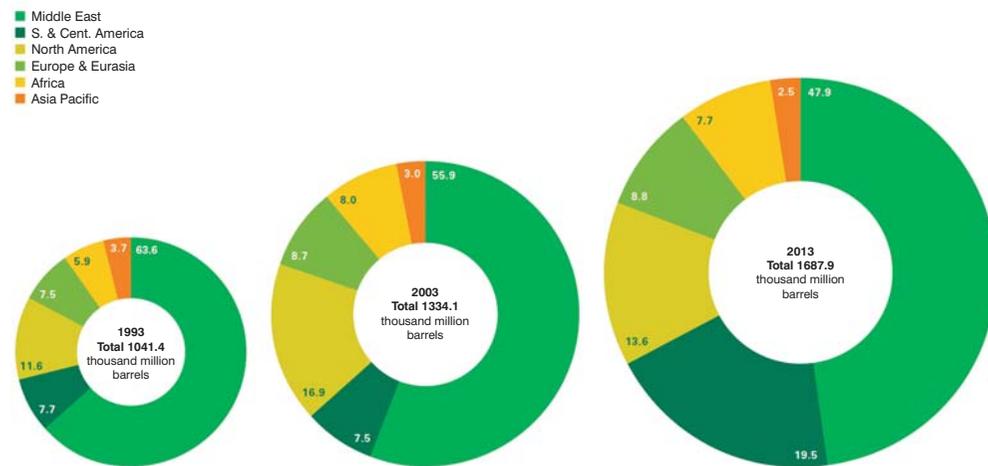


**Gambar 1.** Sejarah fluktuasi Harga Minyak Dunia (Sumber: *BP Statistical Review of World Energy 2014*)

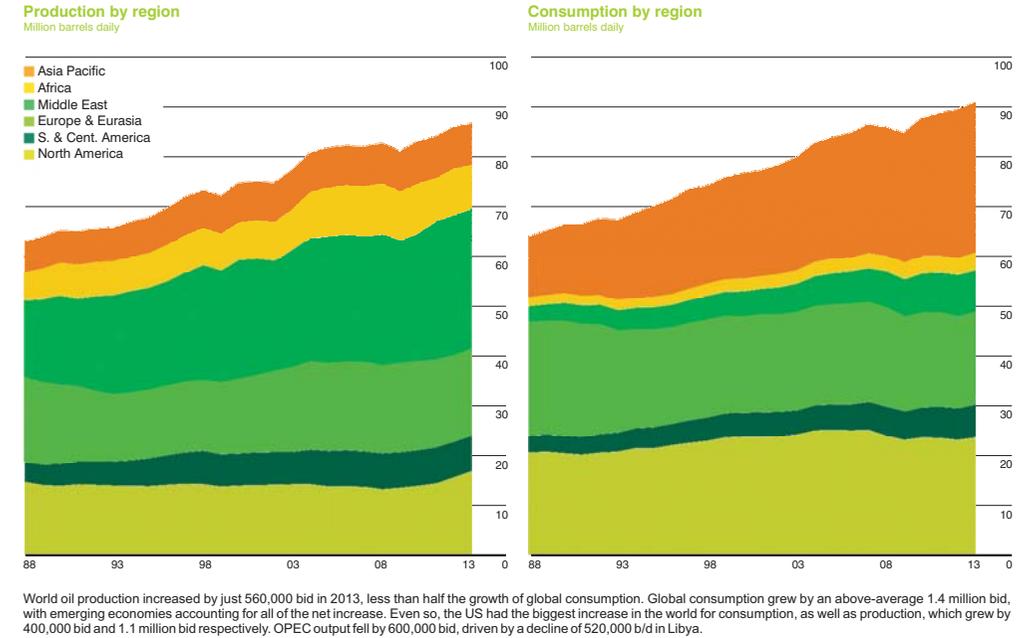
Sementara itu, dunia minyak dan gas dalam waktu dekat akan mempunyai tantangan baru dengan berubahnya status USA menjadi pengeksport gas yang berasal dari *shale gas* dengan potensi sangat besar, yaitu *technically recoverable gas resources* sebesar 862 TSCF (Sumber: *U.S Department of Energy, 2011. World Shale Gas Resources: An Initial Assessment*

of 14 Regions Outside the U.S, Whashington, DC.). Dilain pihak, potensi *resources* (bukan *recoverable resources*) *shale gas* Indonesia juga termasuk besar, yaitu diperkirakan sekitar 574 TSCF, lebih besar jika dibandingkan CBM yang sekitar 453,3 TSCF dan gas bumi 334,5 TSCF (Source: <http://www.indonesia.go.id/in/kementerian/kementerian/kementerian-energi-dan-sumber-daya-mineral/335-provinsi-lampung-energi/10141-potensi-shale-gas-indonesia-capai-574-tscf.html>). Dengan berkembangnya industri *shale gas* ini, USA menjadi *game changer* migas dunia dengan tidak akan lagi mengimpor minyak untuk kebutuhan energy domestiknya. Diberitakan bahwa Indonesia akan mengimpor gas dari USA.

Distribution of proved reserves in 1993, 2003 and 2013  
Percentage



**Gambar 2.** Negara-negara di Timur Tengah dan Amerika Selatan & Tengah memiliki cadangan terbesar didunia (Sumber: *BP Statistical Review of World Energy 2014*).



**Gambar 3.** Negara-negara di Asia, Eropa dan Eurasia merupakan Negara-negara dengan konsumsi terbesar di dunia (Sumber: *BP Statistical Review of World Energy 2014*).

### Industri Minyak dan Gas Bumi

Industri minyak dan gas dapat dikategorikan menjadi dua bagian besar, yaitu: hulu atau '*upstream*'- yang terdiri dari sektor eksplorasi dan produksi minyak, dan hilir atau '*downstream*'- yang berkaitan dengan pemurnian dan pengolahan minyak mentah dan produk gas, distribusi dan pemasaran. Tidak semua perusahaan memiliki sektor hulu dan hilir yang terintegrasi. Beberapa perusahaan hanya memiliki sektor hulu saja yang dikenal dengan *E&P (Exploration and Production) company* atau hanya memiliki sektor hilir saja yang dikenal dengan *R&M (Refinery and Marketing) company*.

Kegiatan operasi disektor hulu diawali dengan studi geologi dan geofisika (G&G), mengumpulkan data tentang lapisan bawah tanah bumi dan menemukan daerah tempat terakumulasinya minyak dan gas bumi. Setelah berbagai survei dilakukan (survei seismik, gravity, dll), data yang didapatkan diproses dan diinterpretasi guna mengevaluasi daerah/lapisan yang menjadi prospek adanya akumulasi hidrokarbon/minyak dan gas. Proses ini juga mengawali penentuan dari titik/daerah yang akan dilakukan pemboran.

Apabila teridentifikasi adanya prospek berdasarkan studi geologi dan geofisika (G&G), maka untuk membuktikannya dilakukan pemboran. Diperlukan ijin eksplorasi berdasarkan peraturan yang berlaku guna mendapatkan hak beroperasi dan melakukan pemboran didaerah tersebut. Ahli geologi, geofisika dan pemboran bekerja sama dalam satu tim untuk menentukan titik pasti dimana sumur akan dibor. Berbagai persiapan pemboran dilakukan antara lain pembebasan lahan, dibangun konstruksi pemboran dan *rig* ditransfer ke lokasi pemboran guna melakukan pemboran sumur.

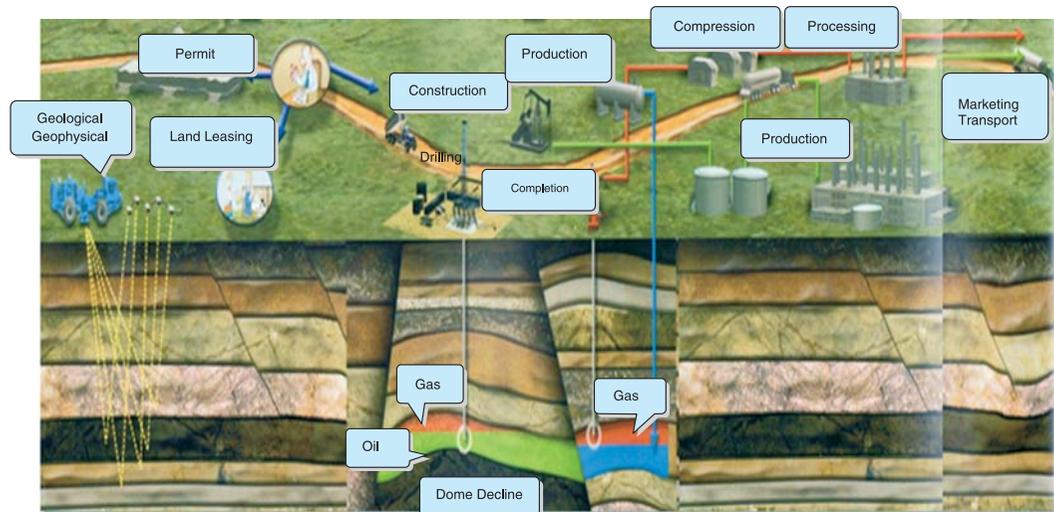
Setelah selesai dilakukan pemboran sumur dan terbukti adanya hidrokarbon, maka dilakukan evaluasi pada formasi produktif tersebut sampai pemboran dan dilakukan tes pada sumur tersebut. Rig pemboran dipindahkan dan beberapa keputusan harus dibuat untuk perencanaan sumur tersebut. Beberapa peralatan pemanen diinstal untuk memproduksi minyak dan/atau gas tersebut. Banyak faktor yang mempe-

ngaruhi produksi minyak, namun yang terpenting yaitu memproduksi minyak dengan aman dan dengan cara yang paling efisien dengan biaya yang efektif.

Minyak dan gas yang terproduksi dikumpulkan kedalam tangki penyimpanan yang selanjutnya akan dilakukan proses pemisahan. Dibagian pemisahan, minyak dan gas dipisahkan kedalam berbagai komponen hidrokarbon. Setelah dilakukan proses pemisahan, hidrokarbon siap untuk di pindahkan dan diproses lebih lanjut menjadi berbagai produk seperti minyak dan gas siap dijual, plastik ataupun produk petrokimia lainnya. Secara sederhana kegiatan dari sektor hulu hingga hilir digambarkan dalam Gambar 4 berikut ini.

### **Kegiatan sektor hulu-eksplorasi, pengembangan lapangan hingga produksi**

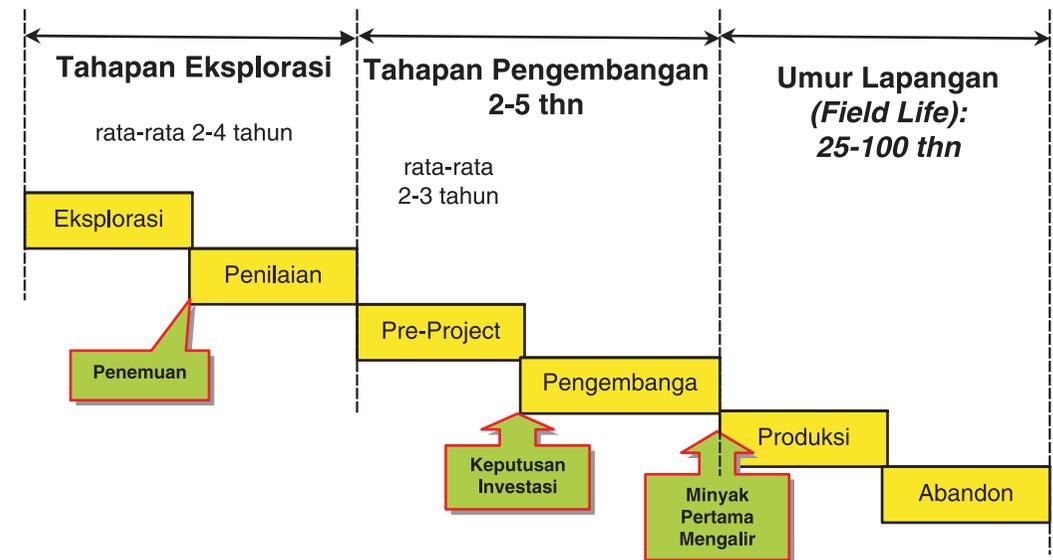
Kegiatan usaha minyak dan gas hulu (E&P) terdiri dari lima fase yaitu eksplorasi, penilaian, pengembangan, produksi dan ditinggalkan. Kemajuan dari satu tahap ke tahap berikutnya tergantung pada verifikasi lanjutan dari penilaian positif potensi komersial penemuan atau lapangan. Gambar 5 menunjukkan urutan tahapan kegiatan sector hulu.



**Gambar 4.** Kegiatan dari sektor hulu hingga hilir (Sumber: "Energize Your Future", Anadarko Petroleum, 2011).

**Keterangan:**

- *Geological, Geophysical* : Survei seismic, gravity, magnetic, dsb. yang dapat diterapkan
- *Land Leasing* : Proses yang dilakukan dalam upaya pembebasan lahan.
- *Permi* : Izin yang dibutuhkan untuk melakukan proses ekplorasi migas.
- *Construction* : Tahap persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pemboran.
- *Drilling, Completion* : Pemboran ke batuan formasi, penyelesaian menjadi sumur produksi.
- *Production* : Tahap memproduksi minyak dan gas
- *Processing, Marketing* : Tahap proses/pemisahan fluida setelah diproduksi, pemasaran



**Gambar 5.** Tahapan kegiatan sektor hulu. (Diadap dari referensi Gouraud, O, 2010."Petroleum Project Management Course-Total Professeurs Associes". Bandung. ITB).

**Perencanaan Pengembangan Lapangan (Plan of Development, POD)**

Tahap pengembangan dimulai ketika ditemukannya akumulasi cadangan hidrokarbon yang menguntungkan secara komersial setelah dilakukannya pemboran eksplorasi. Dalam fase ini dibutuhkan perencanaan yang matang dan keputusan akan dikembangkan seperti apa lapangan/penemuan hidrokarbon tersebut. Faktor yang penting yaitu memilih tipe pengembangan lapangan yang efisien dengan biaya yang efektif dan juga dapat menyelesaikan rencana pengembangan dengan waktu sesuai dengan jadwal/schedule. Fase ini melibatkan biaya investasi yang cukup besar, terutama ketika fasilitas produksi terletak di lepas pantai.

Suatu perencanaan pengembangan lapangan (*Plan of Development*) adalah suatu perencanaan yang secara terus menerus dijadikan rujukan, ditelaah kembali dan dapat disesuaikan dengan fakta aktual yang terjadi di lapangan. Pertanyaan apakah perencanaan yang telah dibuat sesuai dengan hasil monitoring di lapangan adalah pertanyaan yang harus dijawab dalam kehidupan sehari-hari. Terjadinya suatu kesamaan antara perencanaan dan hasil implementasinya di lapangan menjadi suatu konfirmasi, atau dapat dicurigai barangkali suatu kebetulan. Apabila suatu perbedaan terjadi, perlu dicermati bagaimana hal tersebut dapat terjadi, hal-hal apa yang menyebabkannya. Dengan demikian, suatu perencanaan pengembangan lapangan adalah juga merupakan suatu bagian dari suatu proses *looping* antara perencanaan dan implementasi secara terus menerus.

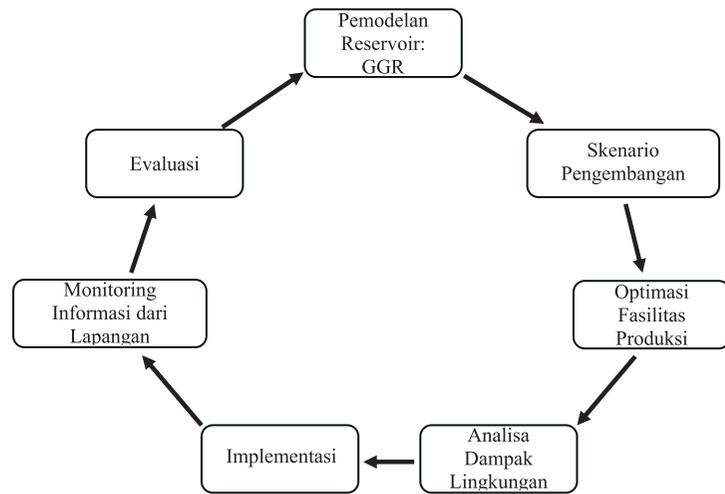
Proses *looping* tersebut berada dalam ilmu Manajemen Reservoir seperti ditunjukkan oleh Gambar 6. Proses tersebut dimulai dari pemodelan reservoir (bawah permukaan), optimisasi fasilitas produksi (sumur dan permukaan), dan keekonomian. Pemodelan reservoir melibatkan disiplin ilmu Geofisika, Geologi, Petrofisik, dan Reservoir secara terintegrasi dan bertujuan mencari skenario-skenario pengembangan lapangan terbaik secara teknis sesuai dengan target. Optimisasi fasilitas produksi meliputi kajian optimisasi sumuran dan fasilitas permukaan yang bertujuan memaksimalkan potensi lapangan, dan penanganan limbah fluida produksi yang dapat berupa limbah cair dan

gas agar dapat memenuhi baku mutu analisa dampak lingkungan. Analisa keekonomian bertujuan untuk memperoleh skenario terbaik secara ekonomis dengan memberikan perbandingan indikator-indikator keekonomian.

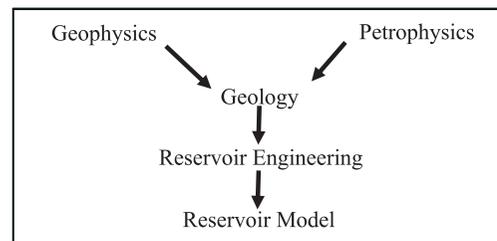
Dengan demikian *Plan of Development* (POD) secara lebih rinci adalah suatu perencanaan komprehensif yang melibatkan disiplin ilmu Geofisik, Geologi, Teknik Reservoir, Teknik Produksi, Teknik Pemboran, Perancangan Fasilitas Permukaan termasuk Analisa Dampak Lingkungan dan Ekonomi dan praktek-praktek terbaik untuk mengoptimalkan pengembangan suatu lapangan (*a comprehensive planning to develop a field involving Geophysics, Geology, Reservoir Engineering, Production Engineering, Drilling Engineering, Environment and Economics knowledge and best practices*). Suatu *POD* harus dapat menjawab bagaimana mengoptimalkan perencanaan yang mencakup spektrum disiplin ilmu yang sangat luas tersebut baik secara teknis maupun ekonomis.

Pendekatan pemodelan reservoir secara konvensional adalah pendekatan sekuensial dalam pembangunan pemodelan reservoir yaitu secara berurutan dari pemodelan geofisik oleh ahli geofisik yang hasilnya diserahkan ke ahli geologi dan petrofisik untuk pemodelan geologi, dan kemudian hasilnya diberikan ke ahli reservoir untuk pemodelan reservoir. Gambar 7a memberikan penjelasan tentang pendekatan sekuensial ini. Keuntungan dari pendekatan ini adalah lebih cepat karena sektoral, namun terdapat kelemahan pada keakuratan karena tidak terjadinya

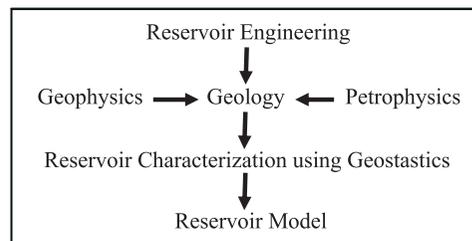
proses konfirmasi antar disiplin ilmu. Selain itu mengandung kelemahan dalam lemahnya membangun pemahaman dan evaluasi terhadap reservoir secara tim yang dapat mengakibatkan sulit untuk memperbaiki model.



**Gambar 6.** Perencanaan pengembangan lapangan dalam siklus ilmu manajemen reservoir.



**Gambar 7a.** Pendekatan tradisional sekuensial studi Geologi-Geofisik-Reservoir.

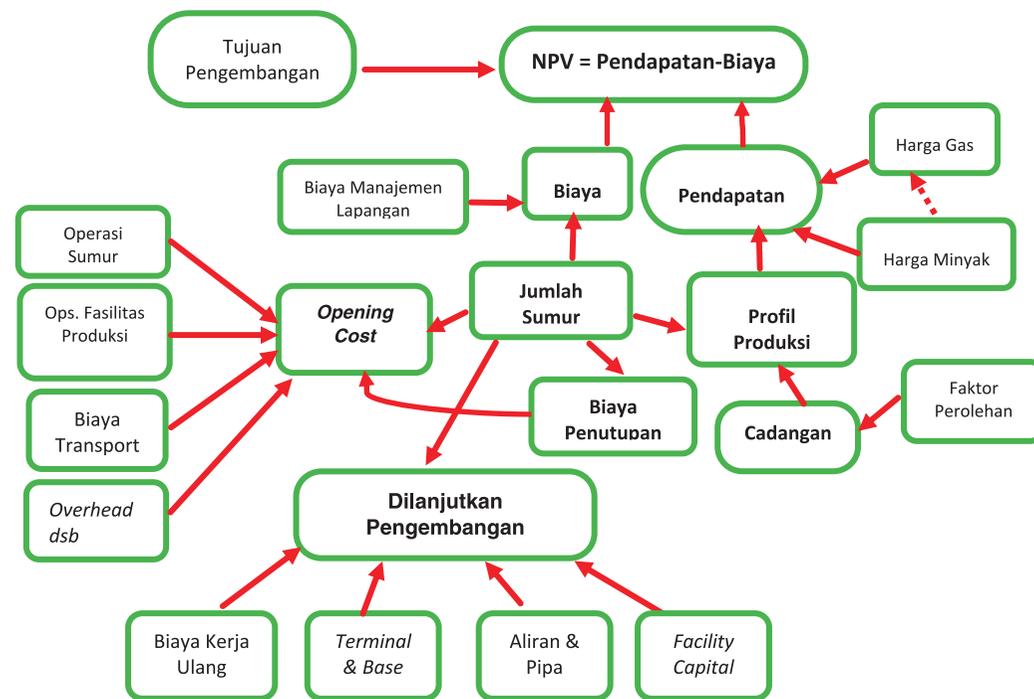


**Gambar 7b.** Pendekatan modern terintegrasi studi Geologi-Geofisik-Reservoir.

Setelah dikembangkan metode reservoir karakterisasi pada tahun 1980 untuk memenuhi semakin tingginya tuntutan keakuratan peramalan kinerja lapangan, pemodelan reservoir memerlukan informasi yang lebih lengkap dari berbagai disiplin ilmu untuk diintegrasikan dan saling dikonfirmasi sehingga menghasilkan tingkat keyakinan terhadap hasil yang tinggi. Pendekatan pemodelan reservoir secara multidisiplin ini dijelaskan dengan Gambar 7b.

Tujuan akhir dari *POD* adalah optimum secara ekonomi dengan memaksimalkan nilai keuntungan bersih sekarang dan tetap ramah pada lingkungan. Prinsip dasar memaksimalkan nilai keuntungan bersih sekarang yang dalam indikator ekonomi disebut *Net Present Value* (NPV) adalah perolehan (*Revenue*) dikurangi dengan pembiayaan (*Cost*).

*Revenue* adalah produksi minyak (dan atau gas) dikalikan dengan harganya, sedangkan *cost* adalah terdiri dari semua pengeluaran biaya pembukaan (*opening cost*), pengeboran, pemeliharaan sumur dan investasi fasilitas dan lain-lain. Gambar 8 memberikan ilustrasi tentang konsep perhitungan keuntungan tersebut (*NPV*) sebagai parameter yang harus dimaksimalkan dalam *POD*.



**Gambar 8.** Skema konsep perhitungan *Net Present Value* (Nilai Keuntungan Bersih Sekarang) (Dikembangkan dari referensi Gouraud, O, 2010. "Petroleum Project Management Course-Total Professeurs Associes". Bandung, ITB)

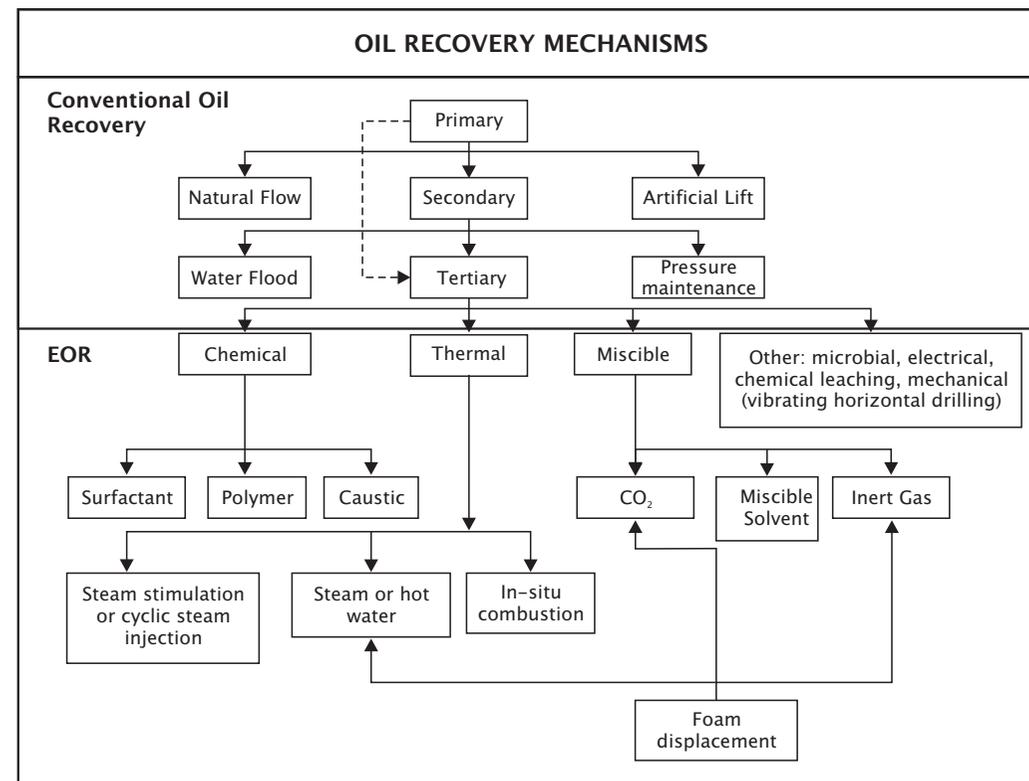
### Tahapan Mekanisme Perolehan Minyak

Pada saat awal tahap pengembangan lapangan minyak setelah melewati tahapan eksplorasi biasanya reservoir mempunyai tekanan awal yang mampu untuk mengalirkan fluida reservoirnya sendiri ke permukaan yang disebut sebagai *natural flowing* atau dikenal dengan *primary recovery*. *Primary recovery* merupakan proses untuk memproduksi hidrokarbon dengan memanfaatkan energi alami yang terkandung dalam reservoir itu sendiri. Efisiensi dari *primary recovery* tergantung pada tekanan alamiah di dalam reservoir. Proses alamiah ini diakibatkan oleh

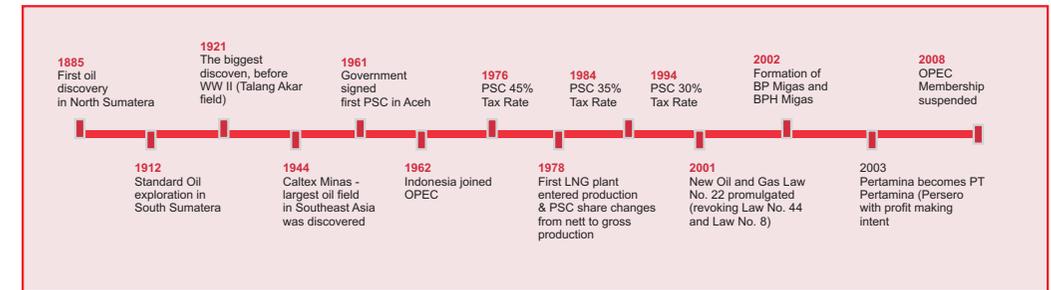
adanya ekspansi fluida, pendorongan fluida, gaya gravitasi, dan/atau keadaan kapilaritas. Seiring diproduksikannya reservoir, maka tekanan reservoir turun dan hanya mampu mendorong minyak mentah sampai ke dasar sumur produksi sehingga diperlukan bantuan tenaga pengangkatan buatan atau yang dikenal dengan *artificial lift*. Selanjutnya untuk transportasi minyak ke permukaan dibutuhkan alat bantu seperti *beam pumping unit*, *electrical submersible pump (ESP)*, *gas lift*, dan *hydraulic pump*.

Setelah minyak dan gas diproduksi dalam waktu yang cukup lama, maka periode tekanan reservoir makin lemah begitu juga dengan laju produksi. Oleh sebab itu diperlukan penerapan suatu teknik untuk dapat meningkatkan tekanan agar minyak dapat terdorong ke sumur produksi, yaitu dengan injeksi air atau gas ke reservoir, dan periode ini dikenal dengan *secondary recovery*, untuk mendapatkan tambahan perolehan minyak. Namun demikian perencanaan *secondary recovery* dengan injeksi air atau *immiscible gas* yang mulai dari tahap awal pengembangan lapangan dapat lebih menguntungkan dalam perolehan minyak dikemudian hari. Lebih lanjut, injeksi air atau gas akan mencapai batas efektivitasnya setelah implementasi berjalan dengan waktu sehingga diperlukan upaya tambahan tidak hanya sekedar pendorongan. Periode selanjutnya adalah periode *Tertiary recovery* yang juga disebut *Enhanced Oil Recovery (EOR)*. Konsep *tertiary recovery* bertujuan untuk memobilisasi sisa minyak di reservoir yang tidak dapat diambil pada periode Primary dan Secondary Recovery. Prinsip dasar metode-metode

dalam periode *Tertiary Recovery* adalah perbaikan efisiensi penyapuan (*sweep efficiency*), peningkatan mobilitas minyak dengan penurunan viskositas minyak, dan pengurangan gaya kapiler (tegangan permukaan) agar minyak semakin mudah mengalir dan tersapu ke permukaan. Secara umum EOR terbagi menjadi empat kategori, yaitu injeksi termal (*hot water, steamflood, in-situ combustion*), injeksi gas terlarut (*CO<sub>2</sub>, miscible solvent, inert gas*), injeksi kimia (*surfactant, polymer, caustic*) dan metode lain (*Microbial EOR, vibroseismic*). Gambar 9 memberikan diagram mekanisme-mekanisme perolehan minyak seperti dijelaskan di atas.



**Gambar 9.** Mekanisme-Mekanisme Perolehan Minyak (Sumber: diadopsi dari *Oil and Gas Journal*, 20 Maret 2000)

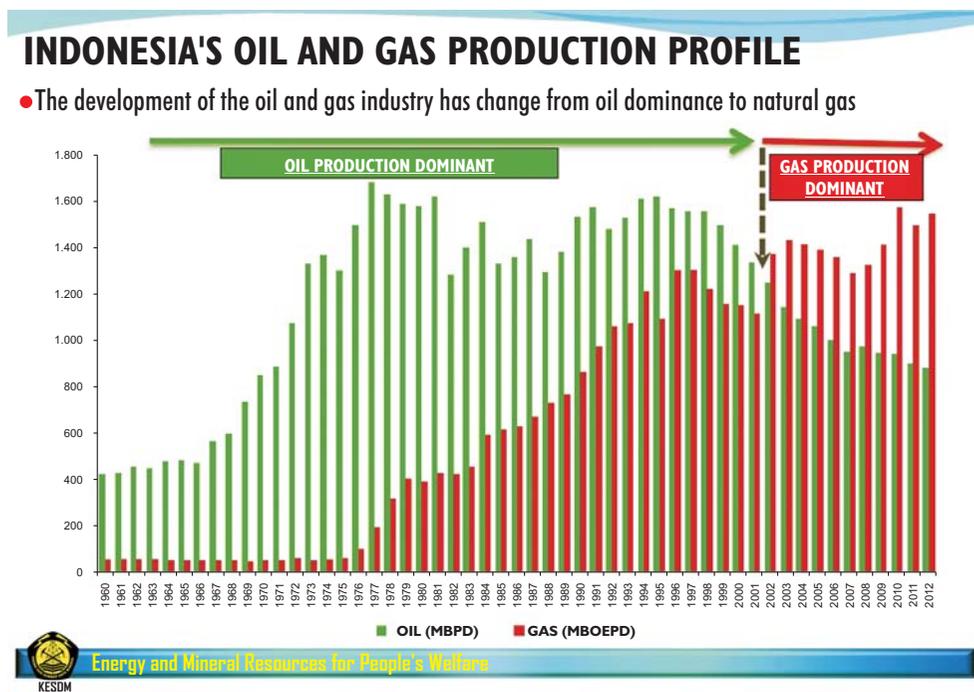


**Gambar 10.** Sejarah Produksi minyak Indonesia (Sumber: *Staring Down The Barrel*, 2012, oleh PWC Indonesia)

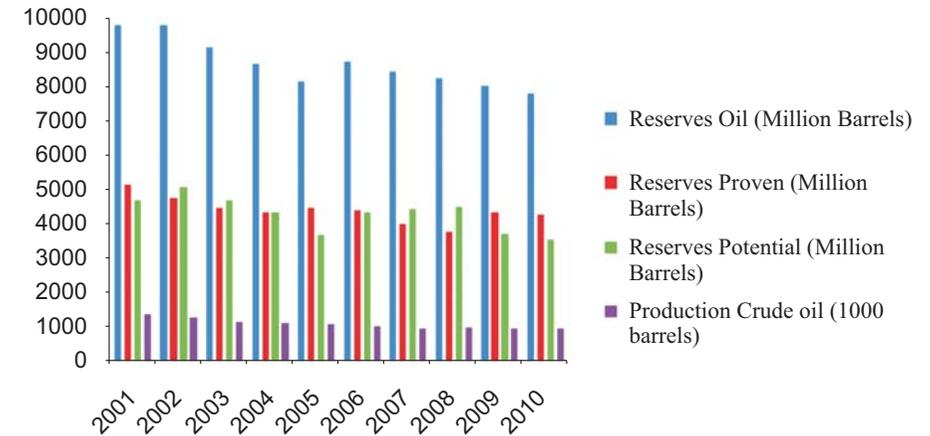
### Kondisi Produksi Minyak dan Gas Nasional dan Konsepsi Dasar untuk Menjawab Tantangan Produksi Nasional

Indonesia memiliki sejarah industri perminyakan yang panjang, dimulai dari tahun 1885 dengan penemuan minyak di Sumatera Utara, penemuan lapangan minyak terbesar di Asia Tenggara yaitu Minas oleh Caltex pada tahun 1944, bergabung dengan OPEC tahun 1962, kontrak bagi hasil dengan pajak 45% di tahun 1976, pembentukan BP MIGAS pada tahun 2002 sebagai konsekuensi Undang-undang No. 22 tahun 2001, dan keluar dari OPEC tahun 2008 karena menjadi *net oil importer* (Gambar 10). Produksi minyak nasional (Gambar 13) sudah dalam kondisi terus menurun, dari tahun 2001 sampai dengan 2010 turun sebesar 33 %. Di lain pihak, produksi gas (Gambar 11) masih terus bisa dinaikkan dan diharapkan akan mencapai puncaknya pada tahun 2019. Turunnya produksi minyak Indonesia tidak luput dari besarnya cadangan minyak terbukti (Proven) yang turun dari tahun 2001 ke 2010 (Gambar 12). Kondisi ini seyogyanya dipertimbangkan untuk menjadi arah dalam melakukan riset di perguruan tinggi dan lembaga riset lainnya.

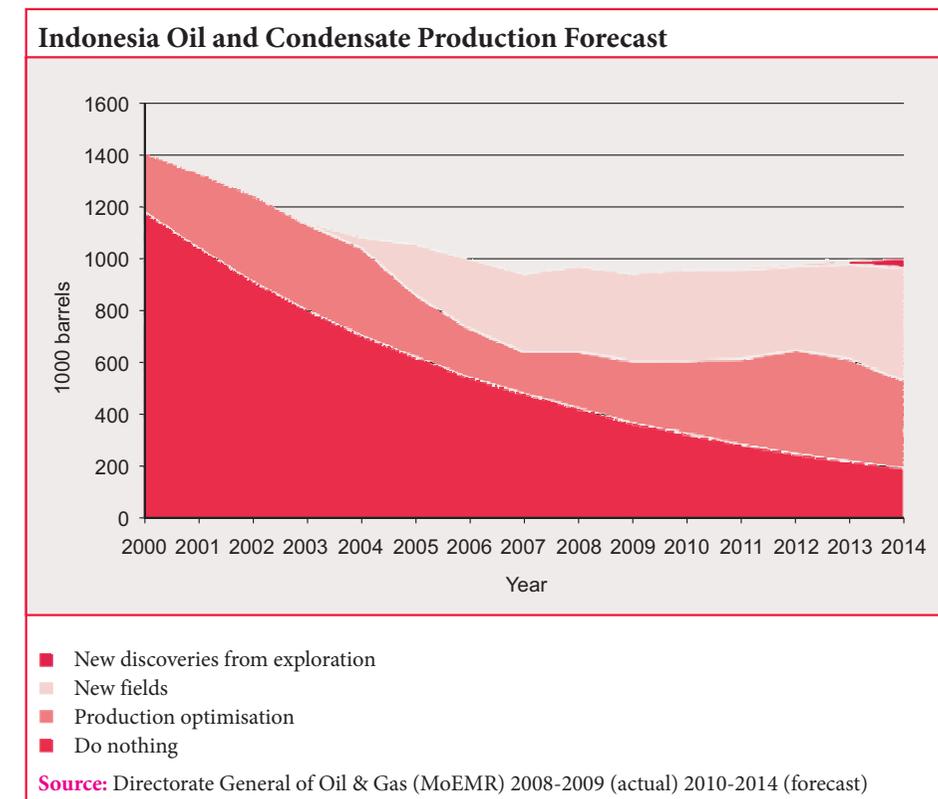
Prediksi produksi minyak dengan berbagai skenario pengembangan oleh ESDM (Gambar 13) menunjukkan bahwa penurunan produksi minyak yang tajam tidak dapat ditahan hanya dengan optimasi pengembangan Lapangan yang mana perusahaan minyak telah melakukannya sebagai pekerjaan sehari-hari dengan perawatan dan stimulasi sumur. Hanya dengan penemuan Lapangan baru dan melakukan penerapan *Enhanced Oil Recovery* yang masif dapat kembali menaikkan produksi secara signifikan. Area penemuan lapangan baru adalah eksplorasi para ahli geologi, sedangkan *EOR* adalah tugas para ahli teknik perminyakan dan multidisiplin ilmu yang diperlukan.



**Gambar 11.** Profile produksi minyak dan gas dari tahun 1960 sampai 2012 yang menunjukkan turunnya produksi minyak dan dominannya produksi gas pada dekade terakhir. (ESDM 2013)



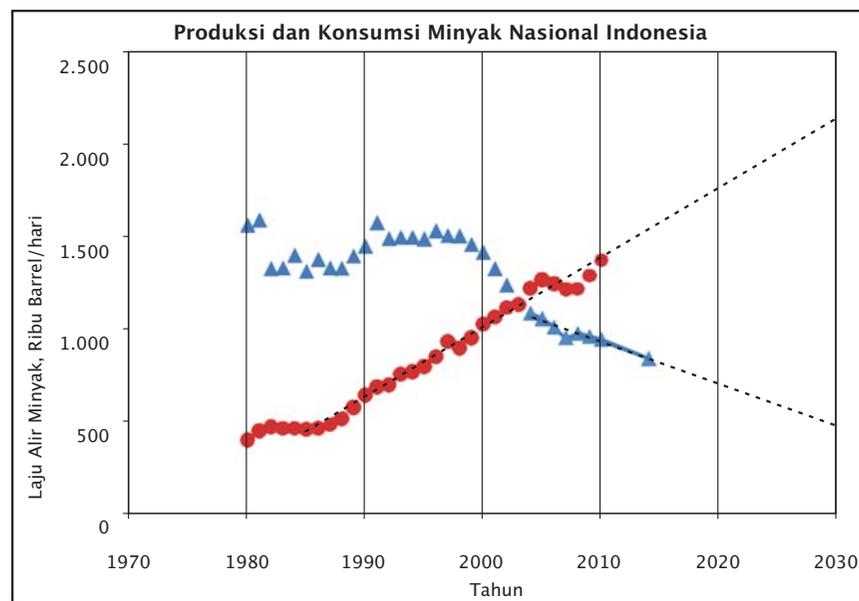
**Gambar 12.** Cadangan Minyak Indonesia antara tahun 2001-2010 (reproduced from *Oil and Gas in Indonesia: Investment and Taxation Guide, BP Statistical Energy Survey, 2008*).



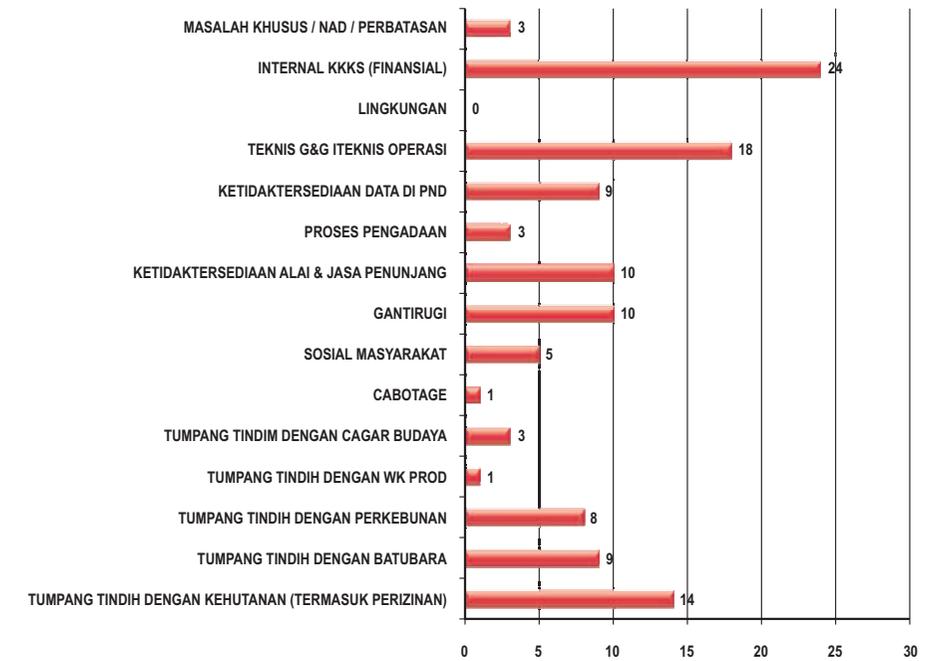
**Gambar 13.** Peramalan Kinerja Produksi Minyak dengan Berbagai Skenario (Dirjen MIGAS ESDM).

Hasil peramalan sederhana kami, jarak antara produksi dan konsumsi minyak nasional pada tahun 2030 diprediksikan sebesar lebih dari 1,5 juta barrel per hari seperti ditunjukkan pada Gambar 14 di bawah ini. Patutlah saat ini sudah semestinya Indonesia berada dalam era *Tertiary Recovery* dengan penerapan *Enhanced Oil Recovery (EOR)*. Sekaligus juga, produksi gas menjadi primadona berikut pemanfaatannya untuk masyarakat luas di tanah air.

Diluar itu, dari hasil Tim Pemantauan Peningkatan Produksi Migas (TP3M) ESDM tahun 2011, diperoleh kesimpulan kendala-kendala produksi seperti ditunjukkan dalam Gambar 15 di bawah ini. Tampak bahwa kendala teknis Geologi & Geofisik dan Produksi masih mempunyai porsi yang besar, selain kendala non-teknik seperti tumpang tindih lahan dan lain sebagainya.



Gambar 14. Peramalan Produksi dan Konsumsi Minyak Nasional Indonesia.



Gambar 15. Kendala produksi bagi Kontraktor Kerjasama (KKKS) (TP3M ESDM, 2011).

Dalam hal produksi gas, banyak lapangan sudah dalam kondisi tekanan reservoir yang rendah sehingga untuk meningkatkan produksi diperlukan untuk menurunkan tekanan kepala sumur, bahkan sampai tekanan atmosfer seperti pada Lapangan Badak, Kalimantan Timur milik Vico. Namun demikian, penemuan Lapangan Gas di daerah lepas pantai laut dalam di kawasan Indonesia Timur diharapkan puncak produksi gas dicapai pada tahun 2019. Tantangan ini berkualitas internasional dan perlu solusi-solusi yang berkualitas. Namun, keterbatasan sarana dan ketidak-mudahan ijin penggunaan data menyebabkan tidak banyaknya peneliti memanfaatkan data dan permasalahan nasional ini.

## STRATEGI OPTIMASI PENGEMBANGAN LAPANGAN MIGAS: MENJAWAB TANTANGAN PRODUKSI NASIONAL

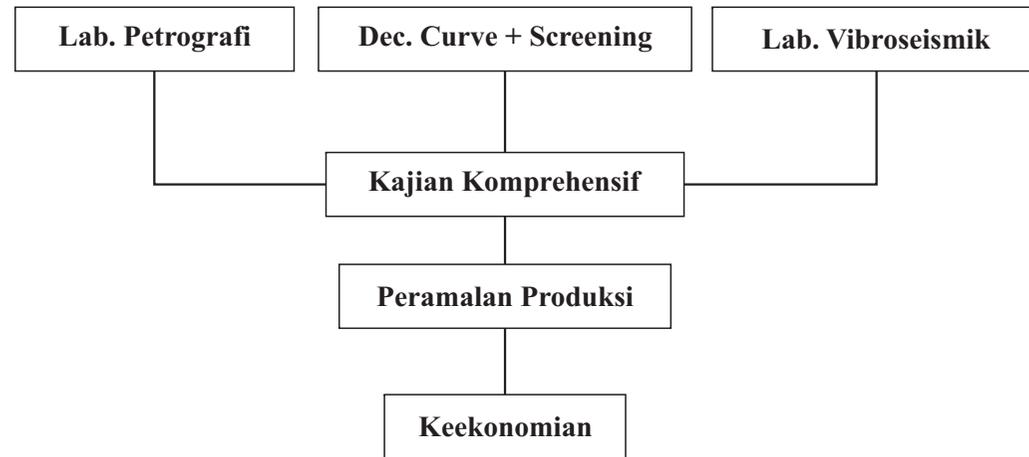
Menyadari kondisi produksi minyak nasional yang terus menurun dan produksi gas nasional yang masih terus naik, perlu kiranya disusun strategi optimasi untuk menjawab tantangan ini yang terdiri dari: (1) Penerapan *Enhanced Oil Recovery* secara masif dengan berbagai metode yang tepat untuk masing-masing lapangan, (2) Pengembangan lapangan gas berdasarkan Konsep *Win-win* antara Pemerintah dan Kontraktor Kerjasama, (3) Optimasi Terintegrasi Subsurface-Surface untuk Keakuratan Hasil dan Fleksibilitas Perencanaan, (4) Optimasi Produksi Sumuran Terintegrasi Geologi-Geofisk-Teknik Reservoir-Teknik Produksi, (5) Penanganan Produksi Karbondioksida untuk Lingkungan melalui *Carbon Capture and Storage*, (6) *Quick Looked Plan of Development* untuk Percepatan Kenaikan Produksi, (7) Manajemen Resiko Pada Operasi Pengeboran Sumur untuk mengurangi biaya.

### Era Produksi Minyak Nasional: Masif *Enhanced Oil Recovery* (EOR)

Berdasarkan data Kementrian ESDM (1 Januari 2013) bahwa Cadangan Awal di Tempat (*Original Oil In Place*, OOIP) Indonesia adalah sebesar 84,5 milyar barrel, sedangkan untuk produksi kumulatif (Np) minyak Indonesia sampai pada 31 Desember 2012 adalah sebesar 24,5 milyar STB, oleh karena itu, nilai perolehan minyak (*Recovery Factor*, RF) adalah 24,5 milyar barrel dibagi dengan 84,5 milyar barrel atau sekitar 28%. Selanjutnya, nilai estimasi cadangan tersisa terhadap Cadangan

Awal di Tempat (*Original Oil In Place*, OOIP) atau disebut dengan *Remaining Oil In Place* yang dimiliki Indonesia adalah (84,5-24,5) atau 60 milyar barrel. Apabila ditargetkan untuk menaikkan Faktor Perolehan (RF) sebesar 2 kali (menjadi 60%) dengan metode EOR, maka kita akan mendapatkan tambahan cadangan sebesar 24,5 milyar barrel dari cadangan pada tahun 2014. Hasil kajian yang kami lakukan dengan menggunakan persamaan empirik dari referensi US Department Of Eenergy (DOE) dan *EOR Screening* dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan Faktor Perolehan metode *Steam Drive*, *Surfactant Flooding* dan *CO<sub>2</sub> flooding* memberikan hasil >60%, oleh karena itu apabila EOR diterapkan di Indonesia dapat meningkatkan Faktor perolehan menjadi dua kali lipat (60%) sehingga cadangan bertambah 24,5 milyar barrel.

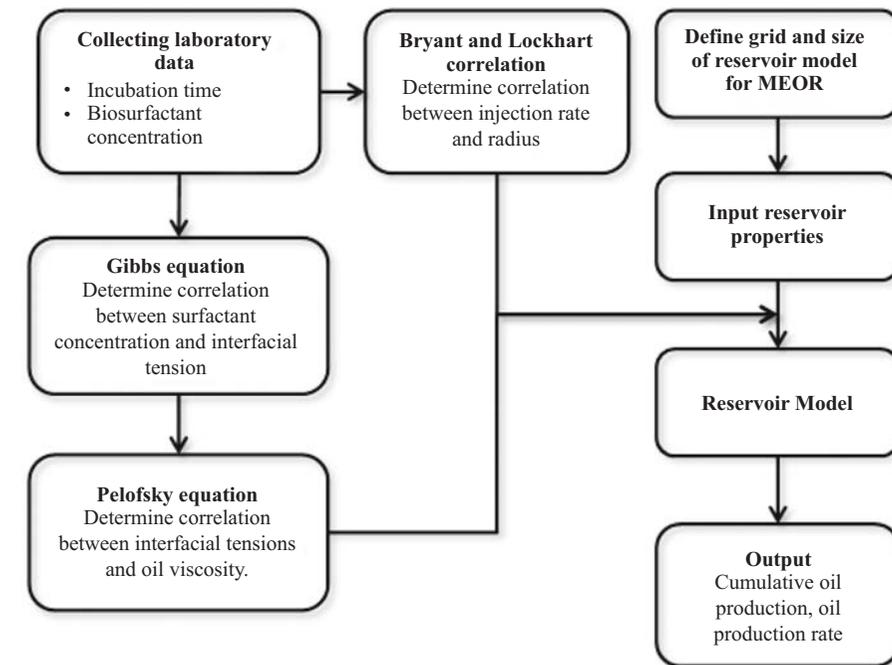
Suatu alternatif pilihan untuk EOR yang belum mendapat pengakuan dunia secara luas adalah Teknologi Vibroseismik. Riset dalam topik ini telah banyak dilakukan yang bermuara pada metodologi komprehensif penerapan teknologi vibroseismik (Gambar 16) dan investigasi mekanisme yang terjadi yang dimulai dari desain dan fabrikasi peralatan laboratorium (Ariadji, 2005), pencarian parameter optimum (Mardin dan Ariadji, 2005), peramalan kinerja produksi dan evaluasi keekonomian (Ariadji, Masbukhin, dan Poerwanto, 2005). Penelitian tersebut tidak terlepas dari implementasi teknologi vibroseimik di lapangan-lapangan di Indonesia yang mengindikasikan kenaikan produksi minyak berkisar antara 10%-30% (Poerwanto *et al*, 2005).



**Gambar 16.** Metodologi Penerapan Teknologi *Vibroseismic* (Ariadji, Masbukhin dan Poerwanto, 2005).

Pengembangan Microbial *EOR* untuk menjawab Metode *EOR* yang ramah lingkungan telah dikembangkan di ITB. Metode ini mempunyai prinsip mekanisme bahwa bakteri menguraikan rantai hidrokarbon dan menghasilkan asam sehingga menyebabkan minyak lebih mudah mengalir (Ariadji *et al*, 2012). Dikarenakan metode ini relatif lebih baru daripada metode *EOR* lainnya, sebagaimana layaknya metode peningkatan perolehan maka diperlukan teknik peramalan kinerja produksi sebagai hasil aplikasi teknologi ini sebelum implementasi. Untuk mengembangkan Teknologi *MEOR* ini dibutuhkan Multidisiplin ilmu antara Teknik Perminyakan, Kimia, dan Biologi. Kami telah mengembangkan metode peramalan kinerja produksi dengan menggunakan simulator reservoir konvensional yang digabungkan dengan hasil pekerjaan laboratorium yaitu masa inkubasi, konsentrasi biosurfaktan, dan tegangan permukaan,

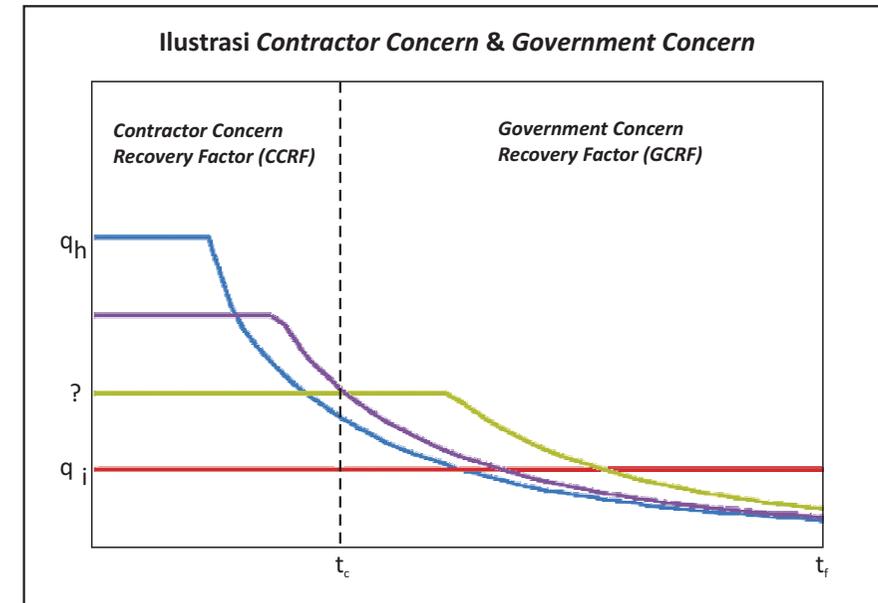
serta penggunaan beberapa persamaan untuk menghubungkan hasil pekerjaan laboratorium tersebut sehingga siap digunakan untuk simulator reservoir konvensional, yaitu persamaan Gibbs untuk menghubungkan konsentrasi biosurfaktan dan tegangan permukaan, persamaan Pelofsky menghubungkan tegangan permukaan dengan viskositas minyak, dan persamaan Bryant dan Lockhart menghubungkan laju alir injeksi dan radius penetrasi fluida injeksi. Gambar 17 menunjukkan diagram alir metode yang dimaksud (Ariadji *et al*, 2012).



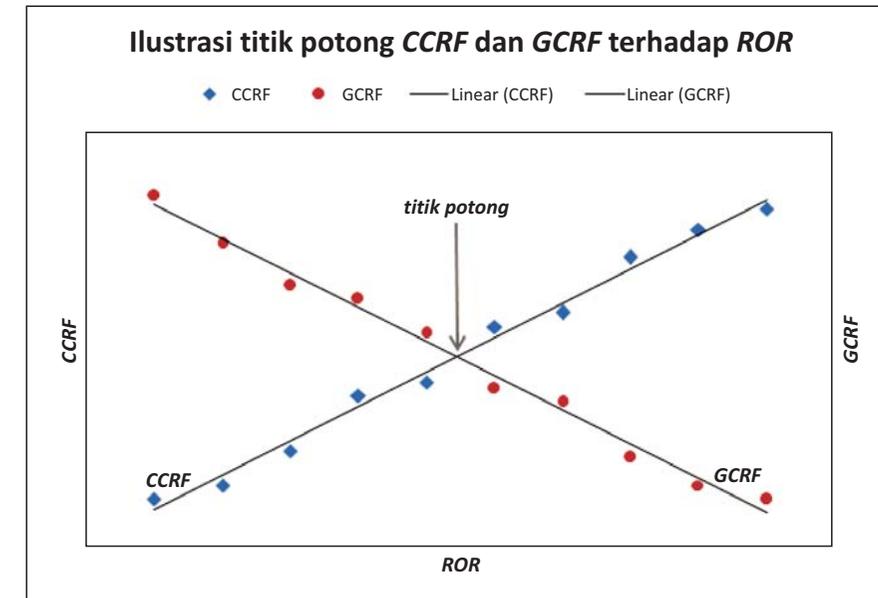
**Gambar 17.** Diagram Alir Metodologi Simulasi Reservoir *MEOR* dengan Simulator Konvensional (Ariadji *et al*, 2012).

## Pengembangan Lapangan Gas Berdasarkan Konsep Win-Win antara Pemerintah dan Kontraktor Kerjasama

Pengembangan lapangan gas berbeda dengan lapangan minyak yang mana laju alir lapangan gas ditentukan oleh pembeli (*buyer*) untuk periode waktu tertentu sesuai dengan kebutuhan, yang biasa disebut dengan *plateau rate*. Pihak Kontraktor Kerjasama (KKKS) selalu menginginkan laju alir gas yang setinggi-tingginya agar diperoleh nilai keekonomian sebesar-besarnya. Dilain pihak, pemerintah menginginkan pengambilan cadangan semaksimal mungkin, atau menyisakan sesedikit mungkin. Disini kami mengetengahkan istilah *Contractor Concern Recovery Factor* (CCRF) yang didefinisikan sebagai RF yang menjadi perhatian KKKS yaitu sampai kontrak berakhir, dimana setelah itu lapangan dikembalikan kepada pemerintah. Istilah kedua adalah *Government Concern Recovery Factor* (GCRF) yang didefinisikan sebagai RF setelah kontrak berakhir dan lapangan dikembalikan kepada pemerintah setelah itu sampai *economic limit*, dimana lapangan tidak operasikan lagi karena tidak ekonomis. Gambar 18 menunjukkan kedua kepentingan ini secara grafis (Ariadji, Kautsar, dan Duha, 2014). Secara teknis kedua kepentingan ini bertolak belakang, karena keinginan pemerintah tersebut akan berupaya memproduksi lapangan pada laju alir gas yang cukup rendah dalam waktu lama agar cadangan yang tertinggal atau tidak diambil se-minimal mungkin. Kedua kepentingan ini secara skematis ditunjukkan dalam Gambar 19 yang merupakan plot antara *Rate of Return* terhadap *Recovery Factor* (Faktor Perolehan), RF, yang menunjukkan plot konsep win-win ini.



**Gambar 18.** Ilustrasi Kepentingan Pemerintah (Government Concern Recovery Factor) dan Kepentingan Kontraktor (Contractor Concern Recovery Factor) yang dibatasi oleh waktu kontrak ( $t_c$ ). (Ariadji *et al*, 2014).



**Gambar 19.** Konsep win-win antara Pemerintah dan Kontraktor yang merupakan titik potong plot ROR dengan *Recovery Factor*. (Ariadji *et al*, 2014).

Selanjutnya, titik potong kedua kepentingan ini adalah titik potong kedua grafik dalam plot tersebut karena sifat yang berlawanan dalam mengupayakan kepentingan masing-masing. Titik potong tersebut kami sebut sebagai *win-win concept* (Ariadji *et al*, 2014).

### Aplikasi Algoritma Genetika untuk Optimasi Produksi pada Pengembangan Lapangan Secara Cepat

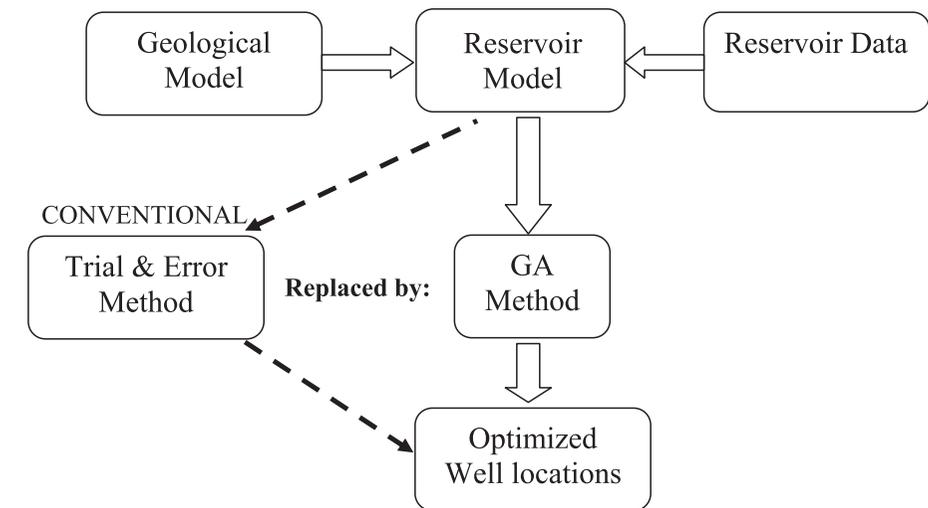
Untuk dapat melaksanakan pengambilan keputusan secara cepat, telah dikembangkan aplikasi metode Algoritma Genetika (GA) pada aspek pengembangan lapangan sebagai alat untuk menentukan lokasi sumur pengeboran yang akan menghasilkan produksi minyak terbesar secara cepat. Gambar 20 menunjukkan diagram alir metode yang dikembangkan (Ariadji *et al*, 2012) yang melibatkan Algoritma Genetika untuk melakukan optimisasi dengan fungsi objective dibangun oleh sifat fisik batuan seperti ditunjukkan pada Persamaan (1) dibawah ini (Ariadji *et al*, 2012):

$$\max_{(x,y) \in R} F(g(x,y), h(x,y), i(x,y)) = \overline{g(x,y)} * \overline{h(x,y)} * \overline{i(x,y)} \quad (1)$$

dimana  $\overline{g(x,y)}$  adalah nilai porositas pada koordinat x,y,  $\overline{h(x,y)}$  adalah nilai saturasi pada koordinat x,y, dan  $\overline{i(x,y)}$  adalah nilai permeabilitas pada koordinat x,y.

Selanjutnya, pengembangan lebih lanjut metode tersebut untuk banyak lapisan (multi layer) dan bisa memperhatikan lapisan-lapisan yang potensial saja untuk diproduksi, serta mengakomodasi radius

pengurusan, sumur-sumur yang telah ada, keberadaan fault dan dibuat kedalam software untuk digunakan sebagai perangkat lunak. Fungsi obyektif yang dikembangkan mempunyai formulasi seperti ditunjukkan pada Persamaan (2) dibawah ini, dan Gambar 21 menunjukkan diagram alir metode yang dikembangkan serta Gambar 22 memberikan ilustrasi piranti lunak yang telah dibuat. (Ariadji, Haryadi *et al*, 2014).

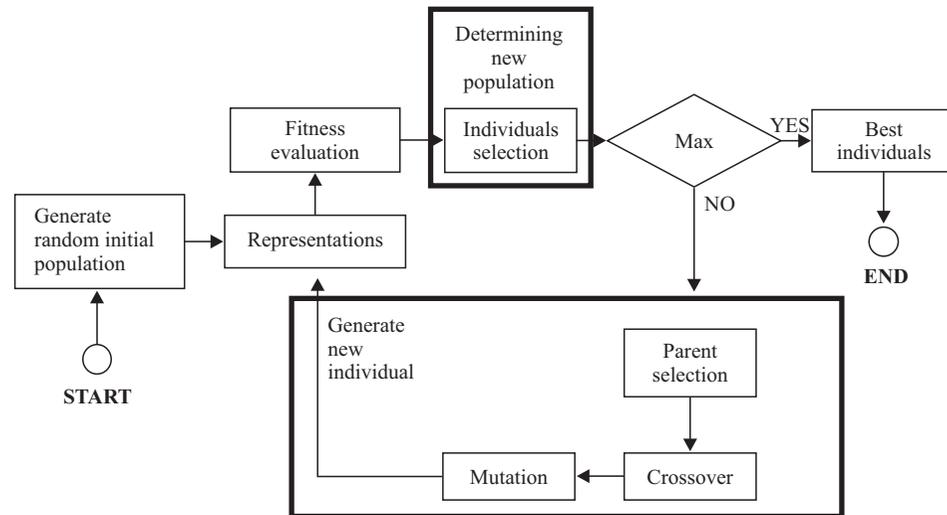


Gambar 20. Diagram Alir Penggunaan Metode Algoritma Genetika untuk Optimisasi Lokasi Sumur (Ariadji *et al*, 2012).

$$F_1 = \sum_{i=1}^k permeability(x,y) \times oil\ saturation(x,y) \times porosity(x,y) \quad (2)$$

$$F_2 = \sum_{i=1}^k permeability(x,y) \times oil\ saturation(x,y) \times porosity(x,y) \times pressure(x,y) \quad (3)$$

$$F_3 = \sum_{i=1}^k permeability(x,y) \times oil\ saturation(x,y) \times porosity(x,y) \times pressure(x,y) \times thickness(x,y) \quad (4)$$



**Gambar 21.** Diagram Alir Metode Optimisasi Lapangan *Multilayer Reservoir Multiwell* dengan Modified GA (Ariadji, Haryadi *et al*, 2014).

	X	Y	Perforated Layer(s)	Normalized Fitness Value
1	12	31	1,3,4,5,6,7,8,9,11,12,15,19	0.9205
2	7	27	5,6,7,21,24,25,26,28,31,32,36,49	0.8513
3	22	26	3,4,5,6,7,10,11,12,13,14,19,20	0.7143

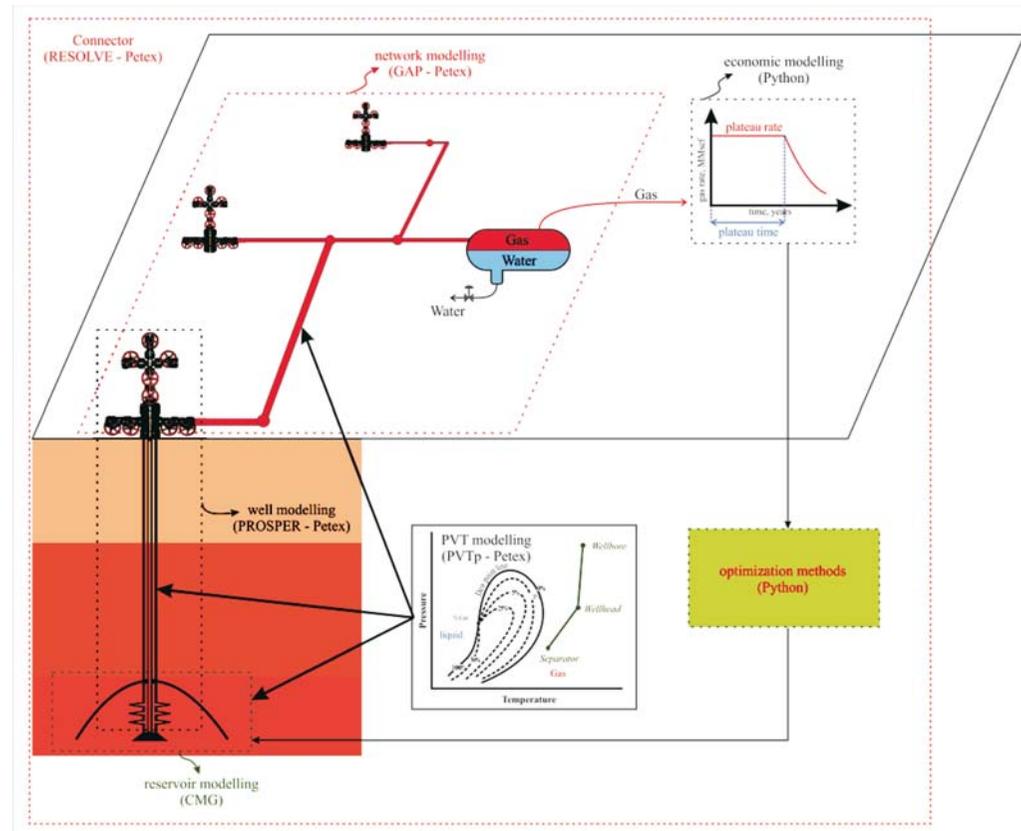
Note: Normalized Fitness Value Rangers Between 0 and 1

**Gambar 22.** Ilustrasi Tampilan Piranti Lunak Metode Optimisasi Lapangan *Multilayer Reservoir Multiwell* dengan Modified GA (Ariadji, Haryadi *et al*, 2014).

## Optimasi Pengembangan Lapangan Terintegrasi *Subsurface-Surface* untuk Peningkatan Keakuratan Hasil dan Fleksibilitas Perencanaan

Optimasi Pengembangan Lapangan Migas berdasarkan kajian-kajian Teknik Produksi dan Teknik Reservoir secara komprehensif. Kajian Teknik Produksi meliputi kajian produksi sumuran baik secara alamiah maupun secara pengangkatan buatan. Sedangkan kajian Teknik Reservoir yang dimaksud adalah meliputi kajian reservoir untuk memprediksikan kinerja reservoir di masa depan.

Sejalan dengan perkembangan ilmu teknik perminyakan dan kebutuhan peningkatan keakuratan metode, optimasi pengembangan lapangan memerlukan pendekatan terintegrasi *subsurface-surface* dan multidisiplin ilmu terkait sains dasar seperti Matematika, Kimia, dan Fisika. Sementara itu, di lain pihak, ilmu interpretasi dan karakterisasi Geologi dan Geofisika makin mendalam dan detil. Kompleksitas dalam integrasi *subsurface-surface* tidak bisa digabungkan secara analitik sehingga dibutuhkan pendekatan metaheuristik untuk mendapatkan solusinya yang lebih akurat dan fleksibel. Metode metaheuristik antara lain adalah Hibrid Algoritma Genetika (Yasutra *et al*, 2012), dan *Differential Evolution Algorithm* (Fahmi *et al*, 2014). Gambar 23 berikut memberikan ilustrasi model terintegrasi *subsurface-surface*.



Gambar 23. Model Pengembangan Lapangan terintegrasi *Subsurface-Surface* (Fahmi *et al*, 2014).

Dengan system terintegrasi tersebut, tujuan akhir model adalah memaksimalkan *Net Present Value* (NPV), yaitu Pendapatan (*Revenue*) dikurangi Biaya (*Cost*). Pendapatan adalah perkalian antara Produksi dengan Harga Minyak. Prolem optimisasi ini mempunyai formulasi sebagai berikut (Fahmi *et al*, 2014):

$$\max_{\mathbf{x}} NPV(\mathbf{x}) = \max_{(P_{sep}, ID_{flj}, x_k^j, y_k^j)} NPV(P_{sep}, ID_{flj}, x_k^j, y_k^j) = \sum_{t=0}^{t_0} \frac{CF_t(P_{sep}, ID_{flj}, x_k^j, y_k^j)}{(1 + i_{bank})^t} \quad (5)$$

dimana

$$NPV = \sum_{t=0}^{t_0} \frac{CF_t}{(1 + i_{bank})^t} \quad (6)$$

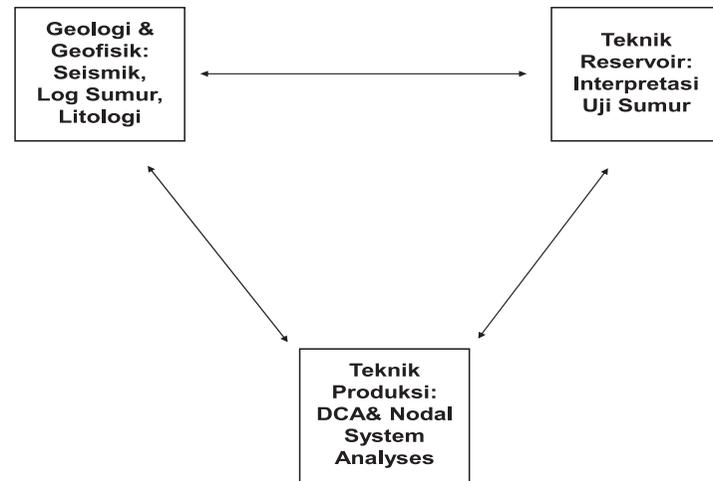
dan *constraint plateau rate* dan *plateau time* ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$q_{gk}(P_{sep}, ID_{flj}, x_k^j, y_k^j) = \begin{cases} q_{gp}, & 0 \leq t \leq t_0 \\ q(t), & t > t_0 \end{cases} \quad (3)$$

*Constraint plateau rate* dan *constraint plateau time* merupakan fungsi dari  $P_{sep}$ ,  $ID_{flj}$ ,  $x_k^j$  dan  $y_k^j$ . Fungsi laju alir ( $q_{gk}$ ) untuk nomor sumur ke  $k^{th}$  dan *plateau time* didefinisikan sebagai fungsi Piecewise, dimana  $q_{gp}$  adalah bernilai konstan untuk selang  $0 \leq t \leq t_0$  dan  $q(t)$  adalah fungsi tidak bertambah secara monotonik untuk  $t \geq t_0$ .

### Optimasi Produksi Sumuran Tertintegrasi: Geologi & Geofisik – Teknik Reservoir – Teknik Produksi

Optimasi produksi sumuran ini melibatkan secara komprehensif dan iterative antara Geologi & Geofisik yang memberikan model struktur dan litologi batuan dengan Teknik Reservoir yang memberikan karakterisasi reservoir dari interpretasi uji sumur (*well test interpretation*) dan Teknik Produksi yang memberikan indikasi tipe decline dari data produksi. Gambar 24 berikut memberikan ilustrasi keterikatan antar disiplin ilmu untuk mencari produksi sumur yang optimum.

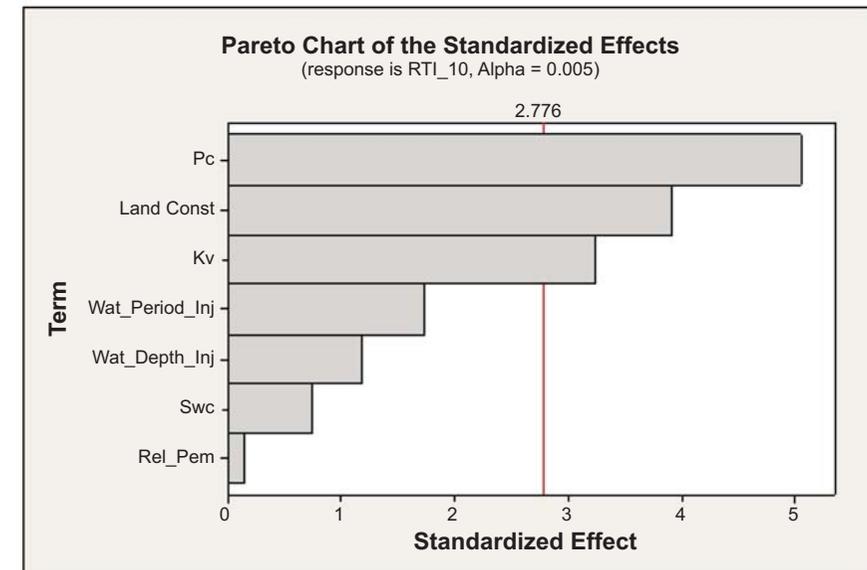


Gambar 24. Optimasi Sumuran terintegrasi Geologi & Geofisik-Teknik Reservoir-Teknik Produksi.

### Penanganan Produksi Karbondioksida: Menangani Isu Lingkungan

Pada masa ini, perhatian terhadap lingkungan menjadi penting dalam pengembangan lapangan, khusus dalam hal ini adalah berkaitan dengan penyimpanan karbondioksida (*CO<sub>2</sub> Storage*) dari lapangan migas yang memproduksi *CO<sub>2</sub>*. Perencanaan penyimpanan *CO<sub>2</sub>* dilakukan dengan simulasi reservoir injeksi *CO<sub>2</sub>* ke dalam aquifer atau reservoir dengan tujuan *CO<sub>2</sub>* yang diinjeksikan dapat tertampung dibawah tanah dan tidak bocor ke permukaan. Kajian terhadap topik ini sudah banyak dilakukan diantaranya oleh Ngiem *et al* (2008 dan 2009), namun masih diperlukan kajian untuk mengetahui informasi parameter-parameter penting yang berpengaruh sebelum implementasi lapangan dikarenakan keterbatasan data yang tersedia. Hasil kajian tentang topik tersebut menggunakan model reservoir dan simulator komposional untuk simulasi injeksi *CO<sub>2</sub>* ke

akuifer menunjukkan bahwa parameter yang paling perlu mendapat perhatian untuk diperoleh adalah data Tekanan Kapiler dan *Land Constant* (C), yaitu parameter *trapping* untuk masa pengamatan 10 tahun setelah injeksi *CO<sub>2</sub>* dan pada mekanisme residual trapping seperti ditunjukkan pada Gambar 25 di bawah ini (Ariadji and Saputra, 2013).



Gambar 25. Pareto Chart parameter-parameter berpengaruh pada pengamatan 10 tahun setelah injeksi *CO<sub>2</sub>* ke akuifer pada Lapangan Gundih (Ariadji and Saputra, 2013).

### Quick Looked POD untuk Mempecepat Persetujuan POD dan Kenaikan Produksi Migas Nasional

*Plan of Development* (POD) adalah dokumen legal sebagai prasyarat persetujuan dari lembaga yang berwenang untuk semua kegiatan pengembangan lapangan oleh perusahaan migas kontraktor. *POD* berisi perencanaan skenario pengembangan lapangan mulai pembangunan

model geologi, model reservoir, penentuan lokasi titik sumur yang paling baik untuk memproduksi hidrokarbon, fasilitas produksi yang dibutuhkan untuk menampung dan mengolah produksi hidrokarbon tersebut, dan dilanjutkan dengan evaluasi keekonomian untuk masing-masing skenario tersebut untuk menentukan skenario terbaik, kemudian dilanjutkan dengan penjadwalan implementasi lapangan, dan perencanaan non-teknis seperti *HSE (Health Safety & Environment)*, dan *CSR (Corporate Social Responsibility)*. Pembuatan *POD* tentunya dimulai setelah data tersedia yang meliputi data geofisik seperti seismik 3 dimensi hasil survey, geologi seperti sifat batuan melalui pengukuran logging sumuran, reservoir seperti sifat fisik fluida reservoir melalui Laboratorium *PVT* dan sifat fisik batuan melalui Laboratorium Core, test produksi dan tekanan, dan data lainnya yang diperlukan. Lama Proses pembuatan tergantung dari ukuran lapangan, kekomplekan masalah geologi atau reservoir, dan ketersediaan data, dan biasanya berkisar 6 bulan sampai lebih dari 1 tahun.

Setelah *POD* disampaikan ke lembaga yang pemerintah berwenang, biasanya akan memakan waktu selama beberapa minggu untuk mendapat persetujuan. *POD* terdiri program kegiatan yang setiap kegiatannya perlu mendapat persetujuan oleh lembaga yang berwenang sesuai usulan *Authorization for Expenditure (AFE)* agar nantinya mendapat hak *Cost of Recovery* setelah proses *Closed Out AFE*.

Permasalahan yang sering terjadi sehingga menyebabkan proses

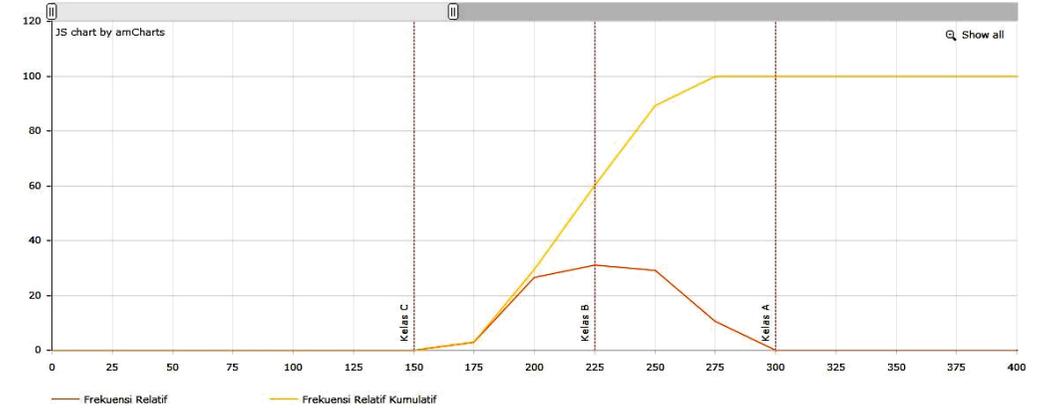
persetujuan *POD* menjadi lama adalah (1) proses pembuatan *POD* tidak dapat selesai dalam waktu yang singkat karena kendala data dan metodologi pengerjaan yang dapat disebabkan oleh ketidaktahuan atau ketidaksiapan perusahaan terhadap *SOP* dan kriteria untuk menyiapkan data (2) proses komunikasi dalam rangka konsultasi ataupun persetujuan memakan waktu yang lama. Menyadari hal ini maka muncul ide untuk mengusulkan metode baru yang disebut dengan *Quick Looked POD*. (Ariadi, Hernansyah, Permana, 2012)

Road penelitian dijalankan bersama sejumlah mahasiswa tugas akhir sehingga telah dikembangkan suatu perangkat lunak untuk mempercepat persetujuan *POD* dengan filosofi memberikan kepercayaan lebih kepada perusahaan migas kontraktor untuk mempersiapkan dokumen *POD*, dan aktif berkomunikasi dengan pihak yang berwenang sehingga dapat dilakukan sesuai *SOP/best practices* yang berlaku dan diketahui hal-hal yang diperlukan seperti pengambilan data survey atau pengujian laboratorium agar menjadikan dokumen *POD* yang siap untuk digunakan dalam pengambil keputusan. Untuk keperluan ini, selama beberapa tahun terakhir ini telah dikembangkan metode *Quick-Looked POD* bersama mahasiswa. Pada akhirnya metode ini adalah *on-line* dimana perusahaan migas kontraktor dapat mengisi *field-field* isian skor untuk data yang dibutuhkan dalam proses pembuatan *POD*, yaitu mulai dari geologi, geofisika, pemboran, reservoir, produksi, keekonomian dan non-teknis lainnya untuk selanjutnya dipakai sebagai penilaian. Skor tersebut berskala

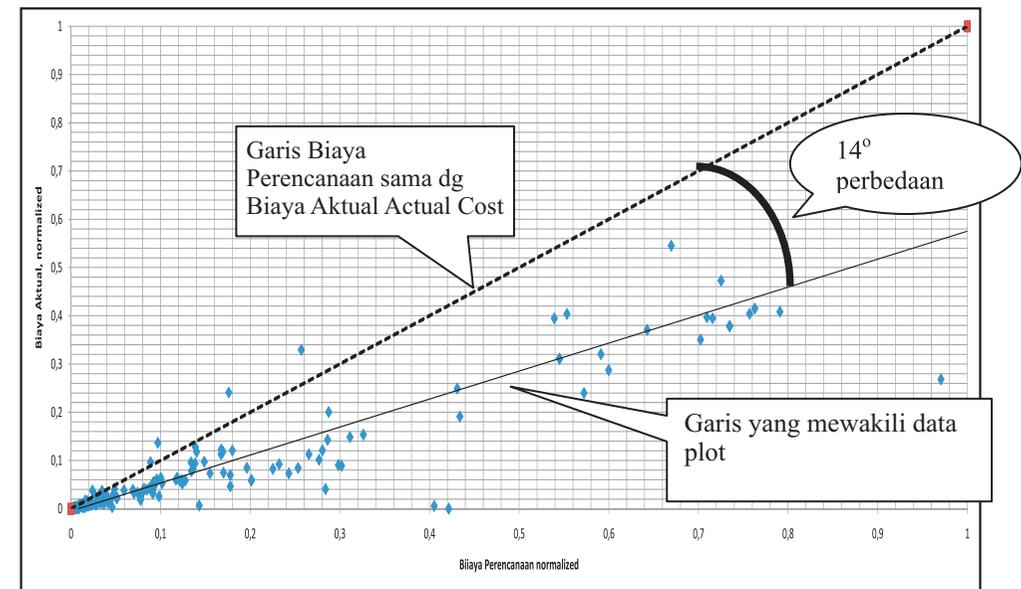
1 sampai dengan 4 yang mengindikasikan tingkat kuantitas dan kualitas masing-masing jenis data. Tabel 1 menunjukkan contoh tabel yang telah diisi dengan skor dan Gambar 26 menunjukkan hasil pengolahan data yang merekomendasikan kategori kelas *POD* dari *online*. Dengan demikian, perusahaan migas kontraktor pengusul *POD* dapat lebih cepat mengetahui status *POD* nya dan tindakan apa yang perlu dilakukan agar dapat disetujui. Diharapkan metode ini bisa mempercepat proses persetujuan *POD* dan tentunya implementasi skenario pengembangan lapangan dengan pengeboran tambahan/sisipan (*infill drilling*) dan kegiatan lainnya yang pada akhirnya akan mempercepat upaya peningkatan produksi migas.

### Management Resiko Pada Pengeboran Sumur

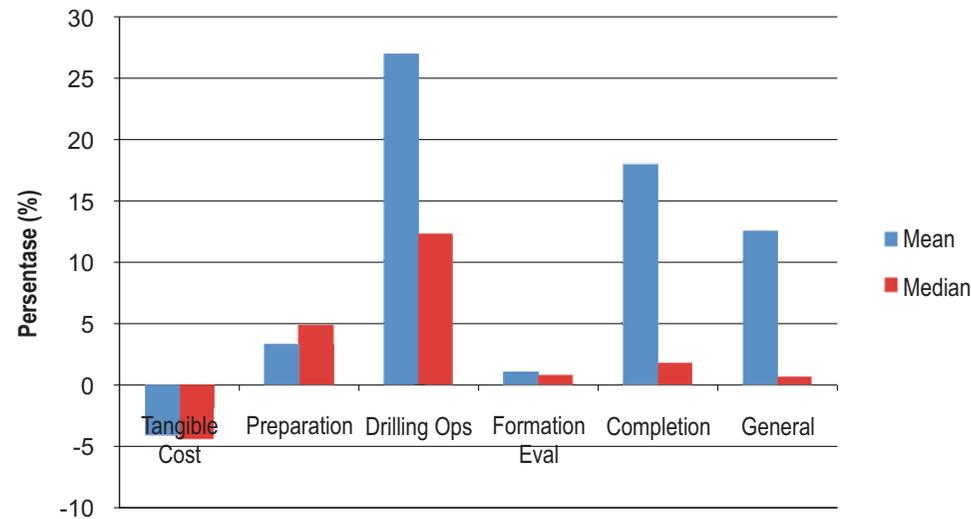
Hal terakhir yang diulas pada paper ini adalah analisa resiko pada operasi pengeboran. Pengeboran mempunyai porsi biaya yang sangat besar dalam pengembangan lapangan untuk itu perlu diantisipasi tingkat kendala masing-masing tahapnya untuk menghindari sehingga mengurangi membengkaknya biaya setelah pemboran. Gambar 27 menunjukkan tingkat perbedaan antara perencanaan dengan data lapangan. Dari data tersebut selanjutnya dilakukan analisa statistik per komponen biaya (Gambar 28) dan dilanjutkan dengan *root cause analysis* sebagai tindak lanjut perbaikan management pengeboran (Gambar 29). (Ariadji and Andriadinata, 2014).



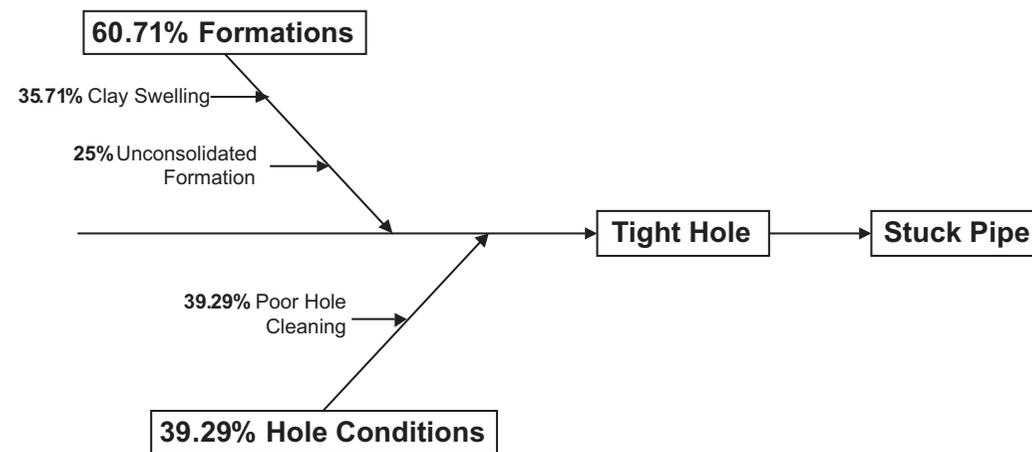
**Gambar 26.** Hasil Evaluasi Pembagian Kelas *POD* dengan *Software Online-Quick Looked POD*.



**Gambar 27.** Perbedaan antara Biaya dari Perencanaan (Budget) versus Aktual dari lebih dari 100 AFE pemboran (Ariadji and Andriadinata, 2014).



**Gambar 28.** Pertambahan biaya dalam % per biaya komponen dari biaya yang direncanakan (Ariadji and Andriadinata, 2014).



**Gambar 29.** Contoh *Root Cause Analysis* untuk mengelola problem yang akan terjadi selama pemboran untuk contoh *Stuck Pipe* (Ariadji and Andriadinata, 2014).

## DEDIKASI DAN UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada orang tua saya (almarhum Papi Suradji dan Ibu Yuisnusri), berani mendukung dengan *all out* dalam kondisi keterbatasan bagi pendidikan anaknya: saya kira saya berhasil mendekati harapan Papi dan Ibu. Kepada kakak-kakak saya (Mas Andi Setiadji, Mas Bambang Kristiadji, Mbak Dewi Pandansari) dan adik saya (Wahyu Dewadji): saya telah sampai dan berdiam di ITB. Saya berhutang budi pada istri saya (Nina Rosmalina) yang setia menemani saya dalam suka dan duka selama 24 tahun sejak menjadi sarjana, meraih gelar M. Sc., dan Ph. D., perjuangan yang tidak mudah dalam menjalani kehidupan. Kepada anak-anak saya (Zahra, Farah, Aslam, Bakhtiar), terimakasih sebagai teman hidup dan teman diskusi.

Saya mengucapkan beribu terimakasih kepada Profesor Pudjo Sukarno yang telah membimbing saya dari sejak saya mengerjakan Tugas Akhir, yang meletakkan dasar sebagai peneliti tuntut mencapai hasil berkualitas dengan bekerja keras dan berani mencoba, serta menanamkan karakter pendidik, Profesor Iman Soengkowo dimana saya belajar sosok berkarater akademik, Profesor Purwanto Mardisewojo dan Dr. Supomo Mangun Atmodjo dimana saya belajar berpikir jauh ke depan, Profesor Septorato Siregar dimana saya belajar bekerja teliti dan melangkah tahap demi tahap, Dr. Arsegianto dimana saya belajar berpikir *out of the box*, Profesor Doddy Abdassah yang mana saya belajar berpikir tajam dan kritis, Profesor Pudji Permadi dimana saya belajar tidak kenal menyerah

dan detil dalam bekerja, Dr. Leksono Mucharam dimana saya belajar mencermati ide baru dengan ide baru, Ir. Hernansyah yang banyak ide topik penelitian terapan, Profesor Sudjati Rachmat yang mudah membantu menyelesaikan masalah, Dr. Nenny Miryani Saptadji yang mengingatkan Dosen ada karena Mahasiswa ada dan semua kolega dosen di Teknik Perminyakan yang akrab dan kritis membentuk suasana akademis dinamis.

Terimakasih banyak kepada para mahasiswa bimbingan yang berani, berdedikasi dan pekerja keras dalam mengerjakan Tugas Akhir, Tesis, dan Disertasi sehingga berhasil memberikan sumbangan karya yang berkualitas, aplikatif, dan bermanfaat bagi masyarakat yang karena jumlahnya tidak memungkinkan disebutkan satu persatu.

## REFERENSI

- Ariadji, T., Masbukhin, A., dan Poerwanto, H.J.: "Metode Peramalan dan Evaluasi Keekonomian Teknologi Vibroseismik" *Simposium Nasional IATMI*, Bandung, 2005.
- Ariadji, T.: "Effect of Vibration on Rock and Fluid Properties: On Seeking Vibroseismic Technology Mechanisms" *Paper SPE No. 93112, SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*, Jakarta 2005.
- Ariadji, T., Sukarno, P., Sidarto, Kuncoro A., Soewono, E., Riza, Lala S. dan David, K. : "Optimization of Vertical Well Placement for Oil Field

Development Based on Basic Reservoir Rock Properties Using Genetic Algorithm", *ITB Journal Eng. Sci.*, Vol. 44, No. 1, 2012, hal.106 – 127, ISSN : 1978-3051. DOI: 5614/itbj.eng.sci.2012.44.2.2.

Ariadji, T., Hernansyah, dan Permana, I. M. R.: "Metode Quick Look : Percepatan Persetujuan Plant Of Development (POD)", *Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi (JTMGB)* Vol. 3 No. 2 Agustus 2012. ISSN : 0216-6410.

Ariadji, T., Azis, Prasandi A., Soewono, E., Syifa, Anas A., Riza, Lala S., Sidarto, Kuntjoro A. dan Sukarno, P. : "A Robust Method for Determining the Optimum Horizontal Well Direction and Length for a Petroleum Field Development Using Genetic Algorithm", the 5th International Conference on Research and Education in Mathematics, AIP Conf. Proc. (450, 319-325 (2012): doi: 10.1063/1.4724161. 2012 American Institute of Physics 978-0-7354-1049-7.

Ariadji, T., Kurnia, R., Mucharam, L., Nugroho, W., Nissaraly, Houssene F. dan Firdaus, F. : "Surfactant Laboratory, New Product Field Test and Reservoir Simulation Studies for Improving Oil Recovery", *Frontiers In Carbohydrate and Lipid Bioengineering For Energy, Health and Food Security*, 25th September 2012, West Hall ITB.

Ariadji, T. and Saputra, A.: "Quantification of Influencing Parameter of CO2 Storage Reservoir Simulation Model for Gundih Area Considering Residual and Solubility Trapping Using Design of Experiment", presented at the 7 Symposium on Gundih CCS, Tokyo,

Japan, 2013.

Ariadji, T., Haryadi, F., Rau, Irfan T., Aziz, Prasandi A., dan Dasilfa, R.: "A Novel Tool for Designing Well Placements by Combination of Modified Genetic Algorithm and Artificial Neural Network", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, ScienceDirect, Elsevier, June 2014.

Ariadji, T., Kautsar, M. Telaga, dan Duha, D. Kurniawan: "A New Method of Gas Plateau Rate Optimisation: A Win-Win Solution for the Gas Field Operator and the Government as the Owner," SPE 171518-MS presented at the SPE Asia Pacific Oil&Gas Conference and Exhibition held in Adelaide, Australia, 14-16 October 2014.

Ariadji, T., Mayusha, A.F., Nissa, N.N., Sidarto, K. A., and Soewono, E.: "Optimization of Direction and Length of Horizontal Wells in Oil Field-X using Fuzzy Subtractive Clustering and Fuzzy Logic Methods", to be published in the *Modern Applied Sciences*, Vol. 8, No. 6, December 2014.

Ariadji, T. dan Andriadinata, S.: "Risk Analysis of Drilling Operations to Improve Budget Planning", under reviewed by the *ITB Journal Eng. Sci.*, 2014

Dawud, A. dan Ariadji, T. "New Guideline for Gas Well Production Optimization Using Well Testing Data" *Proceeding, IPA Thirty First Annual Convention & Exhibition*, Jakarta, May 2007.

Elizabeth, F. dan Ariadji, T.: "Comprehensive Analysis of Permeability

Determination Techniques Using Well Test Analysis, Nodal Analysis, Core Analysis, Timur Correlation and Formation Tester", *Proceeding, International Geosciences Conference and Exhibition*, Jakarta, August 2006.

Fahmi, I., Ariadji, T., Sidarto, Kuntjoro A., Syihab, Z. dan Sukarno, P.: "Application of Differential Evolution Algorithm for Well Placement and Pipeline Size Optimization in Dry gas Integrated Production System", submitted to the 2014 Elsevier Journal of Petroleum Science and Engineering.

Himawan, A. dan Ariadji, T.: "Searching A New EOR Method: A Laboratory Study of Combination of Vibration Stimulation and Surfactant Injection" *Proceeding, IPA Thirty First Annual Convention & Exhibition*, Jakarta, May 2007.

Mariyani, S., Ariadji, T., and Suryanto, H.: "Reservoir Characterization through Single Well Numerical Simulation Study using DST Matching for a Gas Condensate Reservoir" *Paper SPE No. 93218, SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*, Jakarta 2005.

Mardin, M. dan Ariadji, T.: "Semi-analytical Approach of Optimum Vibration Frequency Determination that Gives Maximum Improvement of Reservoir Rock Porosity" *IPA 30th Annual Convention and Exhibition*, Jakarta, 2005.

Nghiem, L., Yang, C., Shrivastava, V., Kohse, B., Hassam, M. and Colin, C.:



## CURRICULUM VITAE

### I. DATA DIRI



Nama : **TUTUKA ARIADJI, M.Sc., Ph.D**

Tmpt./Tgl Lahir : Solo, 26 Agustus 1964

Kewarganegaraan : Indonesia

Telepon selular : +62811227745

E-mail : tutukaariadji@tm.itb.ac.id,  
tutukaariadji@gmail.com

Istri : Nina Rosmalina

Anak : Zahra Akbari Ariadji, Farah Nafisa Ariadji,  
Aslam Shiddiqi Ariadji, Bakhtiar Zaid Ariadji

### II. RIWAYAT PENDIDIKAN

- Desember 1996 : Doktor (S3), Texas A&M University, USA, Ph.D., Petroleum Engineer.
- May 1994 : Master of Science (S2), Texas A&M University, USA, M.Sc., Petroleum Engineer.
- October 1988 : Sarjana (S1), ITB, Ir. Teknik Perminyakan
- 1980-1983 : Sekolah Menengah Negeri I, Solo.

### III. PENGALAMAN KERJA/PROFESIONAL

- Technical Assisntant at Exploration and Production Technology

Department (EPTD) Texaco, Houston, USA (August 1996- January 1997)

- Teaching Assistant: Pressure Transient Analysis course(Texas A&M University, Texas –USA, 1993-1996)
- Software Development: Reservoir & Production Engineering, EOR method selection (ITB, 1989-1996)
- Mengajar Kursus Teknik Perminyakan pada Industri Migas (1997-sekarang)
- Sebagai Konsultan Migas dari tahun 1997 sampai sekarang dan telah mengerjakan lebih dari 75 pekerjaan studi meliputi topik Teknik Reservoir, Teknik Produksi, Perencanaan Pengembangan Lapangan, dsb. (1997-sekarang)
- Sebagai Nara Sumber Bidang Migas untuk Perusahaan Migas Nasional, Multinasional, BPMIGAS/SKKMIGAS, ESDM (2010-sekarang)

#### IV. PENGALAMAN ORGANISASI

##### Struktural:

- Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, ITB (2011-sekarang)
- Sekretaris Program Studi S2/S3 Teknik Perminyakan ITB (2009-2010)
- Direktur Politeknik Balikpapan (2006-2008)
- Sekretaris Program Studi S2/S3 Teknik Perminyakan ITB (2005-2006)

- Sekretaris Departemen Teknik Perminyakan ITB (2003-2004)
- Ketua Lembaga Pengembangan dan Kesejahteraan Mahasiswa ITB (2001-2003)
- Ketua Pembina Kampus ITB (1999-2001), Anggota Ketua Pembina Kampus ITB (1997-1999)
- Asisten Pembantu Rektor I (Bidang Akademik) ITB (1997-2001)

##### Non Struktural:

- Sekretaris Komisi Program Pascasarjana (KPPS) FTTM-ITB Periode 2011-sekarang
- Wakil Ketua Tim Pemantuan Peningkatan Produksi Migas (TP3M) ESDM, 2011
- Ketua Chevron Univeristy Partnership Program ITB 2011-2014.
- Anggota, Anggota Dewan Pakar IATMI (2012-2014)
- Menwa: Ka Staf Logistik, Komanadan Kompi Yon I ITB (1986-1988),Ketua Corps Alumni 2004-2005.

#### V. KURSUS/PELATIHAN

1. Kursus Pimpinan ITB 2011 (Lokakarya Sistem Pengelolaan dan Pengembangan ITB, Bandung, 13-14 Januari 2011.
2. The 7 Habits For Managers Workshop, Bandung, 6-8 April 2012.
3. Resimen Mahasiswa Mahawarman: Pendidikan Dasar, Pelatih (1985-1986)

## VI. SERTIFIKAT/PENGHARGAAN/TANDA JASA

1. Penghargaan sebagai Dosen Berprestasi Tahun 2012 Tingkat Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Bidang Pengajaran, 26 Juli 2012, SK Rektor ITB No. 175/SK/I1.A/KP/2012.
2. Satyalencana Karya Satya XX Tahun, 09-Apr-13, SK Presiden RI No. 17/TK/Tahun 2013
3. Peserta Terbaik Kedua (Silver) Kursus Pimpinan ITB tahun 2004, Maribaya.

## VII. PUBLIKASI

Dipilih dari lebih dari 50 publikasi.

1. Abdillah, R. and Ariadji, T.: "Neural Network Application on Selection of the Best Correlation of Multiphase Flow in Pipe" *IPA 29<sup>th</sup> Annual Convention*, Jakarta, 2003.
2. Ariadji, T.: "Effect of Vibration on Rock and Fluid Properties: On Seeking Vibroseismic Technology Mechanisms", *Paper SPE No. 93112, SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*, Jakarta 2005.
3. Ariadji, T, Mariyani, S., and Suryanto, H.: "Reservoir Characterization through Single Well Numerical Simulation Study using DST Matching for a Gas Condensate Reservoir", *Paper SPE No. 93218, SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*, Jakarta 2005.
4. Ariadji, T., Masbukhin, A., Poerwanto, J.H., and Scarborough, D: "Metode Peramalan dan Evaluasi Keekonomian Teknologi Vibroseismik" *Simposium Nasional IATMI*, Bandung, 2005.

5. Mardin, M. and Ariadji, T.: "Semi-analytical Approach of Optimum Vibration Frequency Determination that Gives Maximum Improvement of Reservoir Rock Porosity", paper IPA05-SE-021, *IPA 30<sup>th</sup> Annual Convention Proceedings (Volume 2)*, August 2005.
6. Elizabeth, F. and Ariadji, T.: "Comprehensive Analysis of Permeability Determination Techniques Using Well Test Analysis, Nodal Analysis, Core Analysis, Timur Correlation and Formation Tester" *Proceeding, International Geosciences Conference and Exhibition*, Jakarta, August 2006.
7. Himawan, A. and Ariadji, T.: "Searching A New EOR Method: A Laboratory Study of Combination of Vibration Stimulation and Surfactant Injection" *Proceeding, IPA 31<sup>st</sup> Annual Convention & Exhibition*, Jakarta, May 2007.
8. Ariadji, T., Dawud, A., and Buhari, A.: "New Guideline for Gas Well Production Optimization Using Well Testing Data" *Proceeding, IPA Thirty First Annual Convention & Exhibition*, Jakarta, May 2007.
9. Ariadji, T., Sabbeq, S., Winardhie, S., and Simamora, J.H.: "Application of Anomaly Impedance In An Integrated Geological Modeling For A Brownfield" *Proceeding, IPA 33<sup>rd</sup> Annual Convention & Exhibition*, Jakarta, May 2009.
10. Ariadji, T. and Tanuwijaya, C.: "Seeking Effects of Vibration Stimulation on Coalbed Methane (CBM) Reservoir to Accelerate Gas Production Using Laboratory and Stimulation Studies" *Jurnal JTM Vol. XVI No. 4/2009*.
11. Ariadji, T., and Kusmianto, M.: "Nomograph Baru Untuk

Penentuan Jumlah Tray Absorber Pada Sistem Dehidrator Gas Glycol", Simposium IATMI 2009, Bandung 2-5 Desember 2009.

12. Ariadji, T. Azis, P.A, Soewono, E., Asy-Syifa, A., Riza, L.S, and Sidarto, K.A.: "A Robust Method for Determining the Optimum Horizontal Well Direction and Length for a Petroleum Field Development Using Genetic Algorithm", *The 5<sup>th</sup> International Conference on Research and Education in Mathematics, AIP Conf. Proc.*, **450**, 319-325 (2012), American Institute of Physics.
13. Ariadji, T., Kurnia, R., Mucharam, L., Nugroho, W., Fabrice, N.H., and Firadus, F.: "Surfactant Laboratory, New Product Field Test and Reservoir Simulation Studies for Improving Oil Recovery", *Abstract Book: Frontiers In Carbohydrate and Lipid Bioengineering For Energy, Health and Food Security*, 25<sup>th</sup> September 2012, West Hall ITB.
14. Ariadji, Sukarno, P., Sidarto, K.A., Soewono, E., Riza, L.S., David, K.: "Optimization of Vertical Well Placement for Oil Field Development Based on Basic Reservoir Rock Properties using Genetic Algorithm", *ITBJ. Eng. Sci, Bandung*, 2012.
15. Ariadji, T., Hernansyah, dan Permana, I.M.R.: "Metode Quick Look: Percepatan Persetujuan Plant Of Development (POD)", *Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi (JTMGB)*, Vol. 3, No. 2 Agustus 2012.
16. Yasutra, A., Ariadji, T., Syihab, Z., dan Sukarno, P.: "Metoda Optimasi Secara Kontinyu Terintegrasi Sistem Subsurface-Surface Untuk Pengembangan Lapangan Migas" *Simposium Nasional & Kongres XII Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia (IATMI)*. Gran Melia Kuningan Jakarta 3-5 Desember 2012.

17. Fadli, A. dan Ariadji, T.: "Metode Usulan Penentuan IPR Dua Fasa Minyak-Gas Untuk Reservoir Bertenaga Dorong Gas Terlarut dengan Menggunakan Tekanan Semu Multifasa (Fasa Gas-Minyak)", *Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi (JTMGB)*, Vol. 3, No.3 Desember 2012.
18. Redjoso, M.T. dan Ariadji, T.: "Kuantifikasi Ketidakpastian Pengembangan Lapangan Secara Terintegrasi Surface dan Subsurface dengan Menggunakan Desain Eksperimental" *Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi (JTMGB)*, Vol. 4 Nomor 2, Agustus 2013.
19. Ariadji, T., Haryadi, F., Rau, Irfan T., Aziz, Prasandi A., dan Dasilfa, R.: "A Novel Tool for Designing Well Placements by Combination of Modified Genetic Algorithm and Artificial Neural Network", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Science Direct, Elsevier, June 2014.
20. Ariadji, T. Andryan Saputra: "Quantification of Influencing Parameter of CO<sub>2</sub> Storage Reservoir Simulation Model for Gundih Area Considering Residual and Solubility Trapping Using Design of Experiment", presented at the 7 Symposium on Gundih CCS, Tokyo, Japan, 2013.
21. Ariadji, T., Kautsar, M. Telaga, and Duha, D. Kurniawan: "A New Method of Gas Plateau Rate Optimisation: A Win-Win Solution for the Gas Field Operator and the Government as the Owner", SPE 171518-MS will be presented at the the SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition held in Adelaide, Australia, 14-16 October 2014.
22. Ariadji, T., Mayusha, A.F., Nissa, N.N., Sidarto, K. A., and

Soewono, E.: "Optimization of Direction and Length of Horizontal Wells in Oil Field-X using Fuzzy Subtractive Clustering and Fuzzy Logic Methods", to be published in the *Modern Applied Sciences*, Vol. 8, No. 6, December 2014.

23. Ariadji, T. and Andrianata, S.: "Risk Analysis of Drilling Operations to Improve Budget Planning," submitted to and under reviewed by the *ITB Journal Eng. Sci.*, 2014.

### VIII. LAIN LAIN

#### Sumbangan Penting untuk ITB:

1. Penyusun Konsep Gagasan dan Pengembangan Gedung Riset dan Museum Energi ITB untuk *Center of Research Excellence*, (2011-2014).
2. Tim Akreditasi Program Studi TM (beberapa kali, 1998-2013)
3. Ketua/Koordinator Tim PHKI Dikti (Hibah Kompetisi) Thema D ITB, 2011-2013

#### Kegiatan Riset, Pengembangan Wawasan, Sebagai Nara Sumber, Organisasi di Luar ITB:

1. Tim Peneliti *Carbon Capture Storage ITB for Gundih Area, Central Java Province, Indonesia* (2012-sekarang).
2. Peneliti Konsorsium Riset *Oil and Gas Recovery for Indonesia* (OGRINDO) (2007-sekarang)
3. Peserta "Total Energy & Education Seminar", Paris, January 30<sup>th</sup> to February 4<sup>th</sup>, 2011
4. Peserta Chevron Reservoir Management Forum 2013, Houston,

13-19 April 2013

5. Koordinator Forum Industri oleh MWA, Medco Energy Building, Jakarta.
6. Anggota *Society of Petroleum Engineers* kontinyu selama 10 tahun, dan Anggota Ikatan Alumni Teknik Perminyakan Indonesia.

