



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Sudjati Rachmat

**KONTRIBUSI STIMULASI
DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS
SUMUR-SUMUR MIGAS NASIONAL**

29 April 2016
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung
29 April 2016

Profesor Sudjati Rachmat

KONTRIBUSI STIMULASI
DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS
SUMUR-SUMUR MIGAS NASIONAL



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Judul: KONTRIBUSI STIMULASI DALAM PENINGKATAN
PRODUKTIVITAS SUMUR-SUMUR MIGAS NASIONAL
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 29 April 2016.

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

Sudjati Rachmat
KONTRIBUSI STIMULASI DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS
SUMUR-SUMUR MIGAS NASIONAL
Disunting oleh Sudjati Rachmat

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2016
viii+52 h., 17,5 x 25 cm
ISBN 978-602-8468-92-3
1. Pertambangan 1. Sudjati Rachmat

KATA PENGANTAR

Orasi ilmiah yang disampaikan pada hari ini adalah merupakan hasil pengalaman pribadi dalam penelitian bersama para mahasiswa dan para rekan sejawat dan juga berdasarkan pengalaman mengajar selama lebih dari 35 tahun di Teknik Perminyakan ITB. Hal ini disampaikan karena keinginan untuk berkontribusi dalam mengurangi laju penurunan produktivitas sumur-sumur migas di Indonesia.

Berbagai topik dan kelompok penelitian yang berhubungan dengan stimulasi sumur migas pada saat ini masih terus dikembangkan di Teknik Perminyakan ITB, bahkan beberapa penelitian untuk stimulasi sumur-sumur geothermal juga sudah mulai dilakukan sejak tahun 2010 sampai saat. Harapan utama dari penyampaian orasi ilmiah ini adalah akan terciptanya kelanjutan atmosfer penelitian berkelanjutan dalam bidang ini oleh para generasi penerus.

Rasa terima kasih yang tiada hingganya disampaikan kepada Ketua dan para anggota Forum Guru Besar ITB, Pimpinan ITB Pusat dan Pimpinan FTTM yang memberikan kesempatan untuk menyampaikan orasi ilmiah pada forum yang sangat terhormat ini, juga rasa terima kasih disampaikan kepada para mahasiswa dan rekan sejawat yang selalu memberikan atmosfer kerja dan penelitian yang sangat kondusif. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan teknologi perminyakan selamanya.

Bandung, 29 April 2016

Prof. Sudjati Rachmat

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
II. STIMULASI SUMUR-SUMUR MIGAS	4
<i>II.1. Kerusakan Formasi</i>	4
<i>II.2. Acidizing- Acid Fracturing</i>	6
<i>II.3. Hydraulic Fracturing</i>	8
<i>II.4. Surfactant Huff and Puff</i>	13
<i>II.5. Cyclic Steam Stimulation (CSS)</i>	15
<i>II.6. Nano Ferro Fluid Electro Magnetic Heating</i>	19
<i>II.7. Microbial Huff and Puff</i>	25
<i>II.8. Hydraulic Fracturing of Coal Bed Methane</i>	30
DAFTAR PUSTAKA	33
DEDIKASI DAN UCAPAN TERIMA KASIH	36
CURRICULUM VITAE	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Cadangan Minyak Bumi Indonesia 2006 (Sumber : Kementerian ESDM)	1
Gambar 2	Cadangan Minyak Bumi Indonesia 2013 (Sumber : Kementerian ESDM)	1
Gambar 3	Cadangan Minyak Bumi Dunia 2015 (Sumber : OGJ, Januari 2015)	2
Gambar 4	Prediksi Produksi dan Konsumsi Minyak Bumi Indonesia (Sumber : Kementerian ESDM)	3
Gambar 5	Profil Produksi Minyak Bumi Indonesia (Sumber : Kementerian ESDM)	3
Gambar 6	Kerusakan Formasi Oleh Invasi Fluida Pemboran (Sumber : Schlumberger)	5
Gambar 7	Kerusakan Formasi Oleh Invasi Fluida Pemboran (Sumber : Schlumberger)	5
Gambar 8	Skema Pelaksanaan <i>Acid Fracturing</i> (Sumber : Schlumberger)	6
Gambar 9	FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 10 % untuk acidizing 100 % limestone ²⁸	9
Gambar 10	FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 15 % untuk acidizing 50 % limestone, 50 % dolomite ²⁸	8
Gambar 11	FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 10 % untuk acidizing 25 % limestone, 75 % dolomite ²⁸	8
Gambar 12	Penampakan melintang propagasi perekahan hidraulik ⁴	9
Gambar 13	Pemasukan proppan ke dalam rekahan ⁴	10
Gambar 14	Model Rekahan PKN ($h_f < L_t$) ⁴	11
Gambar 15	Model Rekahan KGD ($h_f > L_t$) ⁴	12

Gambar 16	Kurva Optimalisasi Hydraulic Fracturing ²⁹	13
Gambar 17	Proses injeksi surfaktan <i>Huff 'n' Puff</i> ³⁰	17
Gambar 18	Pengaruh % <i>massa Surfactant Huff 'n' Puff</i> ³⁰	15
Gambar 19	Pengaruh <i>Soaking Time Suractant Huff 'n' Puff</i> ³⁰	15
Gambar 20	Skema sumur <i>cyclic steam</i> ³¹	16
Gambar 21	Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap laju injeksi steam ³¹	17
Gambar 22	Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap temperatur ³¹	17
Gambar 23	Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap jumlah Cyclic Steam ³¹	18
Gambar 24	Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap waktu injeksi ³¹	18
Gambar 25	Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap soaking time ³¹	18
Gambar 26	Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap laju steam quality ³¹	19
Gambar 27	Hubungan antara suhu pemanasan ferrofluida dan waktu yang dibutuhkan ³²	27
Gambar 28	Hubungan antara SAR dan frekuensi yang dipancarkan oleh induktor (Kallumadil et al., 2009) ³²	21
Gambar 29	Perambatan suhu terhadap waktu dan jarak yang diekspersikan dengan Excel (1 dan 2) dan Matlab (3). ³²	23
Gambar 30	Perubahan suhu terhadap waktu di thermokopel #1 dan fitting inversi tak-liner serta parameter estimasinya untuk persamaan Box-Lucas ³²	23
Gambar 31	Perubahan suhu terhadap waktu di thermokopel #2 dan	

fitting inversi tak-liner serta parameter estimasinya untuk persamaan Box-Lucas ³²	24
Gambar 32 Perubahan suhu terhadap waktu di thermokopel #3 dan fitting inversi tak-liner serta parameter estimasinya untuk persamaan Box-Lucas ³²	24
Gambar 33 Perambatan panas dengan metode inversi LM dimana didapat hubungan suhu T dengan jarak x dan waktu t berupa ³² : $T=24,6+12,9(1-e^{-0,05t})e^{-0,25x}$	25
Gambar 34 Tahapan Injeksi Mikroba Huff and puff ³³	26
Gambar 35 Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Konsentrasi Biosurfaktan ³³	28
Gambar 36 Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Tegangan Antarmuka ³³	28
Gambar 37 Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Porositas ³³	28
Gambar 38 Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Permeabilitas ³³	29
Gambar 39 Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Viskositas Minyak ³³	29
Gambar 40 Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Saturasi Minyak ³³	29
Gambar 41 Potensi Sumber Daya Gas Indonesia (Sumber : Kementerian ESDM)	30
Gambar 42 Kurva Langmuir Adsorption Isoterm ³⁴	31
Gambar 43 Oilfield Review Summer 2009, Copyright © 2009 Schlumberger	31
Gambar 44 Laju alir produksi gas dan air base case ³⁴	32

KONTRIBUSI STIMULASI DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS SUMUR-SUMUR MIGAS NASIONAL

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah merupakan suatu negara dengan cadangan minyak terbukti nasional yang terus menyusut dalam 10 tahun ini, dari 4,4 miliar barel pada awal tahun 2006 menjadi sekitar 3,7 miliar barel pada awal tahun 2013 sesuai dengan data pada Gambar 1 dan Gambar 2 di bawah ini :

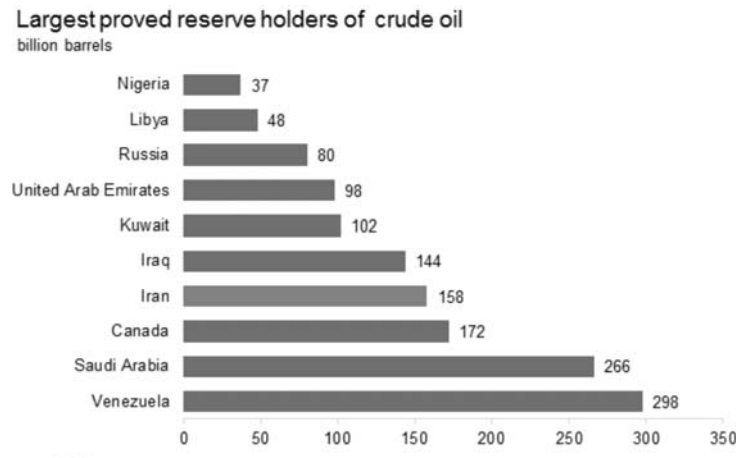


Gambar 1: Cadangan Minyak Bumi Indonesia 2006 (Sumber : Kementerian ESDM)



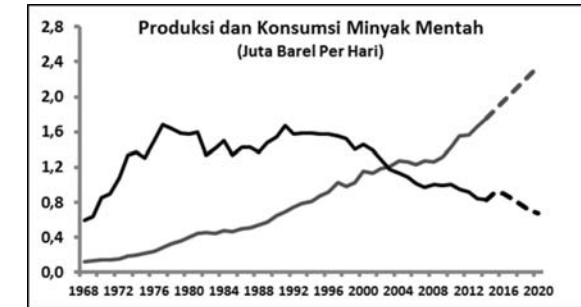
Gambar 2: Cadangan Minyak Bumi Indonesia 2013 (Sumber : Kementerian ESDM)

Cadangan minyak bumi Indonesia tidak begitu besar bila dibandingkan dengan cadangan negara-negara produsen minyak utama dunia yang mempunyai distribusi sebagai berikut ini :

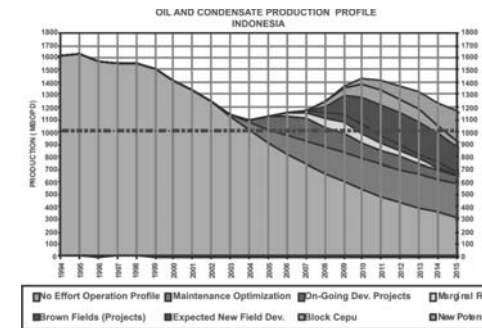


Gambar 3: Cadangan Minyak Bumi Dunia 2015 (Sumber: OGJ, Januari 2015)

Selain dari penurunan cadangan, kecenderungan produksi minyak Indonesia juga semakin menurun dengan kebutuhan minyak yang terus meningkat dari tahun ke tahun, Periode Januari - September 2015, produksi rata-rata minyak nasional sebesar 783.000 barel per hari atau 95 persen target produksi dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara Perubahan (APBN-P) 2015 dan pada bulan Maret 2016, produksi minyak nasional sebesar 833 barrel per hari berhasil melebihi target dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) 2016, yakni sebesar 830.000 barel per hari (bph) sesuai dengan prediksi data sebagai berikut ini:



Gambar 4: Prediksi Produksi dan Konsumsi Minyak Bumi Indonesia
(Sumber: Kementerian ESDM)



Gambar 5: Profil Produksi Minyak Bumi Indonesia (Sumber: Kementerian ESDM)

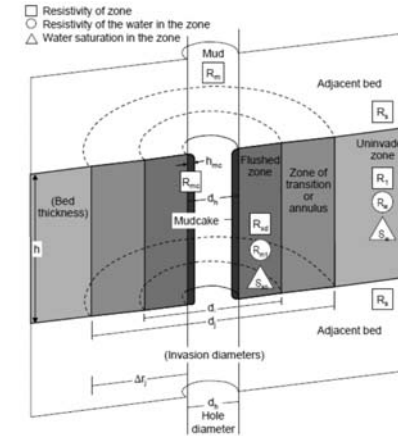
Berbagai usaha yang bisa dilakukan untuk mengurangi laju penurunan produksi minyak ini, salah satu cara untuk mengurangi laju penurunan produksi ini adalah dengan stimulasi sumur-sumur produksi migas dari reservoir. Adapun stimulasi sumur itu sendiri bisa dilakukan dengan berbagai cara seperti *Acizing-Acid Fracturing*, *Hydraulic Fracturing*, *Surfactant Huff and Puff*, *Cyclic Steam Stimulatioan*, *Nano Ferro Fluid Electro Magnetic Heating (NFF-EMH)*, *Microbial Huff and Puff*, *Multiple Layer Fracturing Coal Bed Methane*.

II. STIMULASI SUMUR-SUMUR MIGAS

II.1. Kerusakan Formasi

Apabila terjadi permasalahan kemampuan alir di dalam media berpori sekitar sumur-sumur migas, dapat dipastikan bahwa produksi akan mengalami penurunan sesuai dengan permasalahan kemampuan alir sumur-sumur tersebut. Stimulasi sumur adalah proses untuk memperbaiki kemampuan alir sumur agar diperoleh perbaikan permeabilitas awal formasi atau perbaikan kemampuan alir formasi yang mengalami penurunan permeabilitas (*formation damage*) di sekitar lubang sumur.

Kerusakan formasi di lubang sumur ini bisa disebabkan oleh berbagai hal, seperti aktifitas pengeboran, penyemenan, ataupun aktifitas-aktifitas dalam kegiatan produksi. Kuantifikasi kerusakan formasi ini pada umumnya disebut sebagai *Skin*. Kerusakan formasi di sekitar lubang sumur mengakibatkan kehilangan tekanan tambahan di sekitar lubang sumur yang berakibat pada penurunan *Productivity Index* (PI) sumur tersebut, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6 di bawah ini. Akibatnya, produktifitas aliran minyak atau gas dari reservoir ke permukaan akan mengalami penurunan.



Gambar 6: Kerusakan Formasi Oleh Invasi Fluida Pemboran (Sumber : Schlumberger)

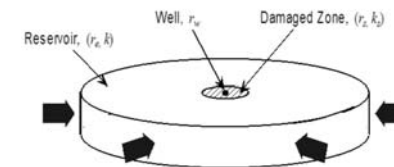
Hal ini bila dijelaskan secara sederhana untuk aliran fluida satu fasa pada geometri aliran radial pada sumur minyak oleh persamaan berikut:

$$p_e - p_{wf} = \frac{141.2 q_{sc} B \mu}{kh} \left(\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) + s \right) \quad (1)$$

Dengan pengertian *skin factor* s sebagai kuantifikasi kerusakan formasi yang terjadi di media berpori di sekitar sumur produksi minyak, s dinyatakan sebagai:

$$s = \left(\frac{k}{k_s} - 1 \right) \ln \left(\frac{r_s}{r_w} \right) \quad (2)$$

Hal ini ditunjukkan oleh ilustrasi sederhana sebagai berikut ini:

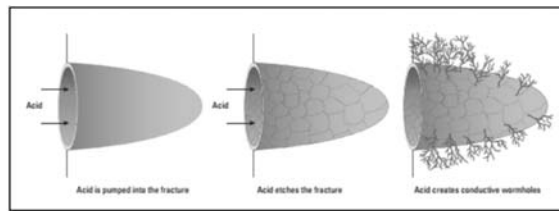


Gambar 7: Kerusakan Formasi Oleh Invasi Fluida Pemboran (Sumber : Schlumberger)

II.2. Acidizing – Acid Fracturing

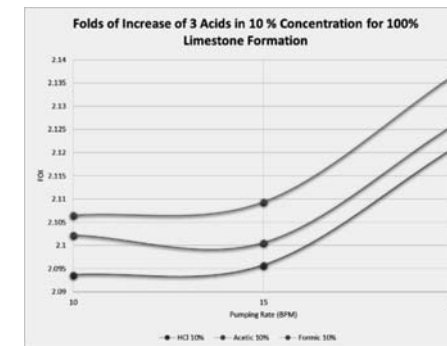
Ada beberapa metode yang biasa dilakukan dalam stimulasi sumur-sumur migas. Salah satu metode yang sering digunakan adalah *acid stimulation*. Pada dasarnya, *acid stimulation* terdiri dari *acid fracturing stimulation method* dan *matrix acidizing stimulation method*. *Matrix acid stimulation* dapat dilakukan pada formasi sandstone yang mengalami damage di sekitar lubang sumur, sedangkan *acid fracturing* dilakukan pada reservoir karbonat yang memiliki permeabilitas asli yang sangat kecil. *Acid fracturing* sendiri tidak efektif bila dilakukan pada formasi sandstone karena tidak bisa melarutkan mineral sandstone.

Acid fracturing adalah metode stimulasi sumur dengan menggunakan asam HCL dan asam organik seperti *Formic acid* (HCOOH) dan *Acetic Acid* (CH₃COOH). Fluida diinjeksikan pada tekanan di atas tekanan rekah sehingga menghasilkan rekahan yang diharapkan menghasilkan konduktivitas yang besar. Larutan asam akan memasuki rekahan dan melarutkan mineral karbonat disekitarnya membentuk etsa (*etching*). Proses etsa ini diharapkan sedemikian rupa untuk membentuk saluran konduktif yang tidak akan tertutup ketika rekahan mengalami penutupan pada saat tekanan mencapai *closure pressure*. Dimensi rekahan yang terbentuk pada dasarnya dipengaruhi oleh kinetika reaksi asam pada rekahan, jenis dan volume asam yang digunakan

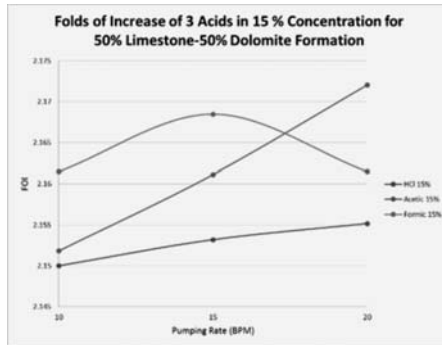


Gambar 8: Skema Pelaksanaan Acid Fracturing (Sumber : Schlumberger)

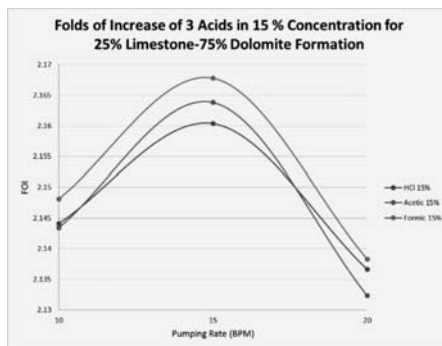
Salah satu indikator keberhasilan suatu stimulasi sumur ditunjukkan oleh besaran harga FOI (*Fold of Increase*), yaitu perbandingan antara *Productivity Index* (PI) setelah dan sebelum stimulasi dilakukan. Hasil penelitian Sudjati Rachmat dan Alris Alfharisi (2015) untuk pelaksanaan *Acid Fracturing* dengan 3 jenis asam: *Hydrochloric acid* (HCl), *Formic acid* (HCOOH) dan *Acetic Acid* (CH₃COOH) untuk berbagai komposisi batuan karbonat ditunjukkan oleh Gambar 9 sebagai hasil perhitungan FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 10 % untuk acidizing 100 % limestone , Gambar 10 hasil perhitungan FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 15 % untuk acidizing 50 % limestone dan 50 % dolomite dan Gambar 11 hasil perhitungan FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 15 % untuk acidizing 25 % limestone dan 75 % dolomite. Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan berbagai konsentrasi *Formic Acid* untuk *Acid Fracturing* pada berbagai komposisi karbonat memberikan hasil yang terbaik.



Gambar 9: FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 10% untuk acidizing 100% limestone²⁸



Gambar 10: FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 15% untuk acidizing 50% limestone, 50% dolomite²⁸



Gambar 11: FOI untuk 3 jenis asam dengan konsentrasi 10% untuk acidizing 25% limestone, 75% dolomite²⁸

II.3. Hydraulic Fracturing

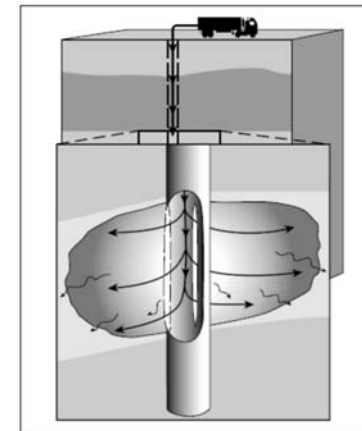
Perekahan hidrolik menurut Lake dan Clegg⁴ adalah proses pemompaan fluida ke dalam lubang bor dengan laju injeksi yang sangat besar kepada formasi untuk mendapatkan geometri aliran linier atau bi-linier. Ketika tekanan dalam lubang bor meningkat mencapai nilai yang

melebihi *breakdown pressure* formasi formasi akan mulai rekah (*break down*) dan fluida yang diinjeksikan mulai bergerak ke dalam rekahan.

Setelah awal rekahan (*breakdown*) terbentuk, propagasi rekahan dan aliran fluida di dalam rekahan menjadi sangat penting. Hal ini didominasi oleh perilaku kehilangan fluida (*fluid-loss*). Carter⁴, mendefinisikan laju kehilangan fluida sebagai q_L dan dinyatakan sebagai:

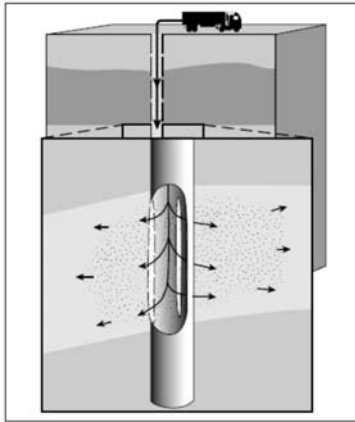
$$q_L \cong \frac{2C_L A}{\sqrt{t - \tau}} \quad (3)$$

Dimana C_L adalah koefisien kehilangan fluida, A adalah elemen area rekahan (*i.e increased inflow area*), t adalah waktu yang diukur sejak awal pemompaan fluida perekah dan τ adalah waktu pada saat elemen area rekahan terbentuk atau terbuka.



Gambar 12: Penampakan melintang propagasi perekahan hidrolik⁴

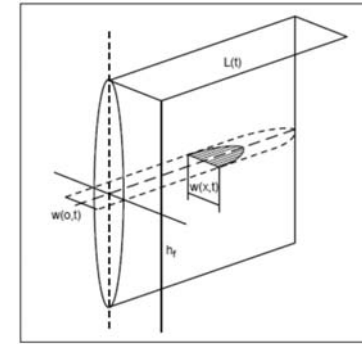
Setelah *pad, proppant-laden* dipompakan untuk mengalirkan *propping agent* ke dalam rekahan. Bubur *proppant-laden* masuk ke dalam sumur dan mengalir menuju *fracture tip* (Gambar 13)



Gambar 13: Pemasukan proppan ke dalam rekahan⁴

Perekahan hidrolik banyak digunakan di dunia perminyakan. Perekahan hidrolik dapat meningkatkan laju alir minyak dan/atau gas dari reservoir yang berpermeabilitas rendah (*low perm reservoir*), meningkatkan laju alir minyak dan/atau gas dari sumur yang telah mengalami kerusakan (*damaged*), menghubungkan rekahan alami dan/atau (*cleats*) pada CBM ke lubang sumur, menurunkan kehilangan tekanan (*pressure drop*) sekitar sumur untuk mencegah produksi pasir, meningkatkan penempatan pasir *gravel pack*, menurunkan kehilangan tekan di sekitar lubang sumur untuk meminimalisir masalah yang berhubungan dengan endapan asfalt dan paraffin, meningkatkan area pengurasan atau jumlah kontak formasi dengan sumur dan menghubungkan luasan penuh vertical pada reservoir ke sumur miring atau sumur horizontal.

Pemodelan 2D : PKN



Gambar 14: Model Rekahan PKN ($h_f < L(t)$)

Perkins dan Kern berasumsi bahwa *fixed height* rekahan vertika terpropagasi di dalam daerah batas penuh lapisan *pay*, dimana perbedaan tegangan pada atas dan bawah lapisan *pay* cukup besar untuk mengcah rekahan berkembang ke luar daerah *pay*. Mereka mengasumsikan persamaan 3 seperti Gambar 15, dimana lapisan melintangnya berbentuk elips dengan lebar maksimum pada lapisan proporsional dengan *net pressure* pada setiap titik di batuanya. Melalui operasi integral persamaan fluida Newtonian pada lapisan elips⁴, dengan batas *fracture half length*, L dengan $p_{net} = 0$ pada ujung rekahan, diperoleh

$$p_{net} = \left[\frac{16\mu q_i E'^3}{\pi h_f^4} L \right]^{1/4} \quad (4)$$

Dengan substitusi persamaan 3 dan 4 diperoleh,

$$w(x) = 3 \left[\frac{\mu q_i (L - x)}{E'} \right]^{1/4} \quad (5)$$

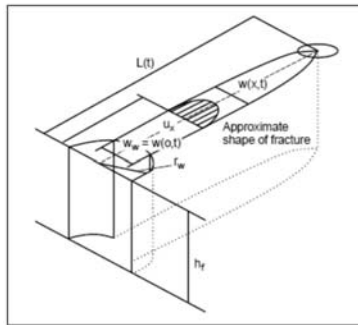
dimana $w(x)$ lebar rekahan; x adalah jarak sepanjang rekahan; μ adalah viskositas fluida; q_i adalah laju alir injeksi fluida; L adalah *fracture half length*.

Dalam satuan *oilfield* unit dimana q dalam bbl/min dan w dalam in, maka lebar pada lubang sumur ($x=0$) adalah :

$$w_w = 0.38 \left(\frac{q \mu L}{E'} \right)^{1/4} \quad (6)$$

Pada model ini, lebar rata-rata pada rekahan adalah $\pi/4$ (sekitar 80%) lebar pada lubang bor. Dengan fluida Newtonian, lebar rekahan tidak dipengaruhi oleh tinggi rekahan.

Pemodelan 2D : KGD



Gambar 15: Model Rekahan KGD ($h_f > L_t$)⁴

Khristianovich dan Zheltov menurunkan persamaan untuk propagasi perekahan hidrolik dengan mengasumsikan lebar rekahan pada setiap jarak dari sumur tidak dipengaruhi oleh posisi vertikalnya, (misalnya lapisan melintang persegi panjang dengan selip pada batas atas dan batas bawah), yaitu tinggi rekahan lebih besar dari panjangnya. Model KGD mencakupi aspek mekanika rekahan pada ujung rekahan.

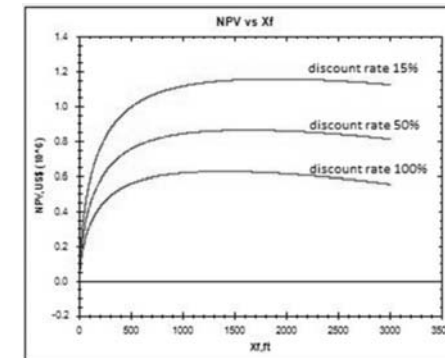
Melalui operasi integral persamaan fluida Newtonian pada penampang persegi panjang⁴, diperoleh :

$$p_{net} = \left[\frac{16 \mu q_i E'^3}{\pi h_f^4} L \right]^{1/4}, \quad (7)$$

dengan lebar pada lubang subur adalah :

$$w_w = \left[\frac{84 \mu q_i L^2}{\pi E' h_f} \right]^{1/4}. \quad (8)$$

Hasil perhitungan optimalisasi pelaksanaan *hydraulic fracturing* dan pengembangan panti lunak oleh Sudjati Rachmat dan Berman Danyel Sinaga (2016) diperoleh hasil yang valid untuk menentukan rancangan panjang rekahan yang optimal dari segi perhitungan teknis dan analisis keekonomiannya :

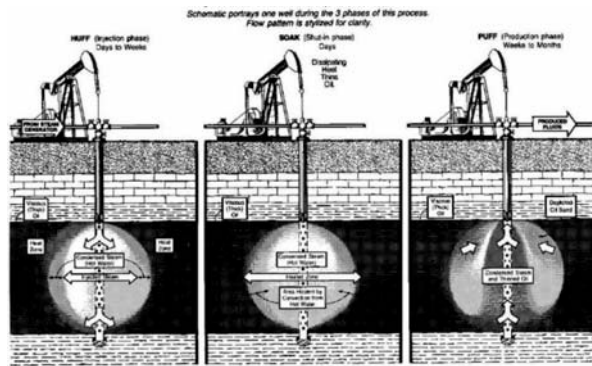


Gambar 16: Kurva Optimalisasi Hydraulic Fracturing²⁹

II.4. Surfactant Huff and Puff

Berbeda dengan *Surfactant Flooding*, injeksi surfaktan *Huff'n'Puff* bukanlah termasuk metode EOR karena tidak meningkatkan perolehan minyak pada reservoir akan tetapi meningkatkan perolehan minyak hanya pada sekitar lubang sumur saja. Hal ini dikarenakan oleh lokasi injeksi surfaktan yang berbeda dari *Surfactant Flooding*. Pada metode

injeksi surfaktan *Huff'n'Puff* surfaktan tidak diinjeksikan ke dalam sumur injeksi melainkan langsung diinjeksikan ke dalam sumur produksi. Tahapan dari metode ini diawali dengan menginjeksikan surfaktan ke dalam sumur produksi, menutup sumur agar memberikan waktu yang cukup bagi surfaktan untuk bereaksi, kemudian terakhir adalah membuka kembali sumur untuk memproduksikannya kembali.

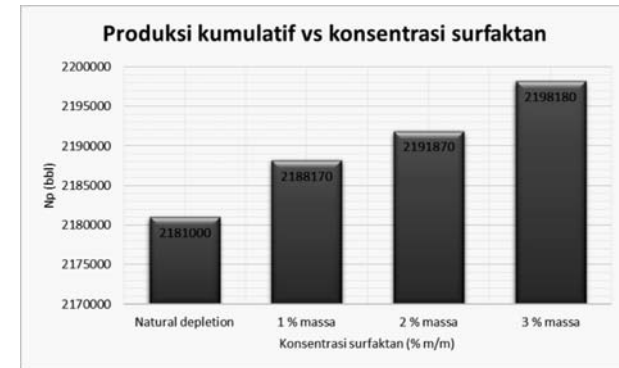


Gambar 17: Proses injeksi surfaktan *Huff 'n'Puff*²⁰

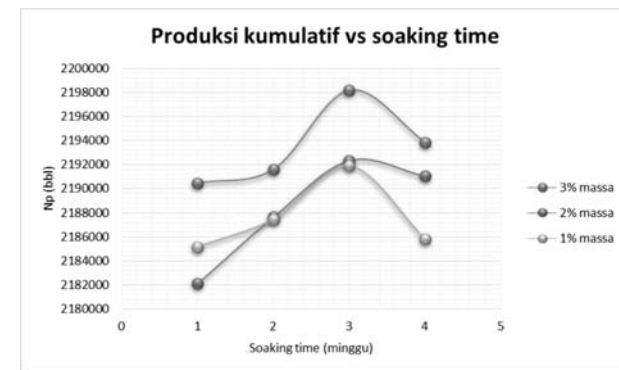
Pencampuran surfaktan dengan minyak akan membentuk emulsi yang akan mengurangi besar tekanan kapiler sehingga minyak residual yang ditinggalkan water drive dapat dikeluarkan. Pada konsentrasi awal yang masih sedikit surfaktan akan berbentuk monomer. Saat konsentrasi bertambah maka akan tercapai suatu tahap yang dinamakan CMC (*Critical Micelle Concentration*) yaitu konsentrasi minimal untuk terbentuknya micelle atau agregat koloidal dalam larutan. IFT (*Interfacial Tension*) akan bernilai kecil pada kondisi micelle ini.

Hasil perhitungan sensitifitas terhadap % masa dan *soaking time* terhadap kumulatif produksi minyak yang dihasilkan menurut Sudjati

Rachmat dan Brian Kristianto (2015), diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 18: Pengaruh %massa Surfactant Huff 'n'Puff³⁰

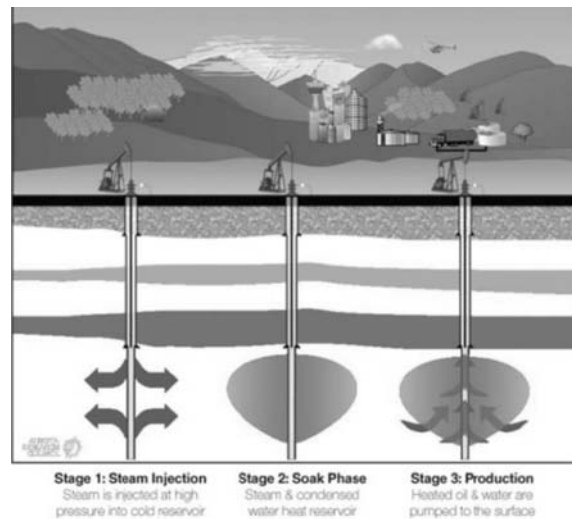


Gambar 19: Pengaruh Soaking Time Suractant Huff 'n'Puff³⁰

II.5. Cyclic Steam Stimulation/ CSS

Cyclic steam stimulation merupakan suatu metode untuk menginjeksikan energi panas ke dalam formasi pada satu sumur. Metode ini dilakukan dengan bergantian dalam menginjeksikan uap dan produksi minyak pada

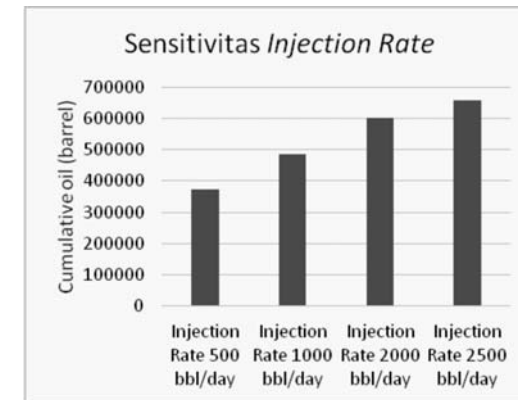
satu sumur yang sama, sehingga proses produksi pada sumur *cyclic steam* terbagi menjadi 3 proses



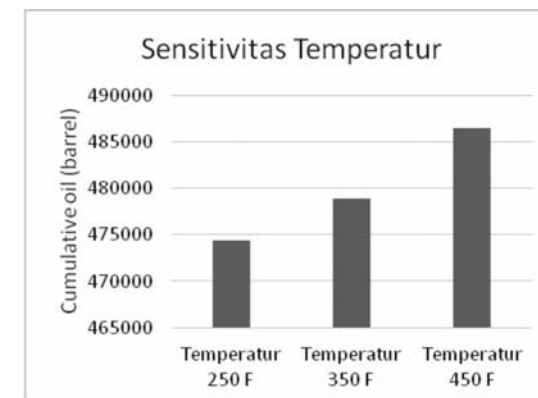
Gambar 20: Skema sumur *cyclic steam*³¹

1. *Injection phase*, pada periode ini steam diinjeksikan selama periode waktu tertentu
2. *Soaking phase*, pada periode ini sumur ditutup untuk membiarkan panas dari hasil injeksi *steam* menyebar ke sekitar sumur. Periode ini dilakukan tidak terlalu lama berkisar antara 3-7 hari, untuk menghindari besarnya *heat loss*.
3. *Producing phase*, pada periode ini sumur kembali diproduksi. Ketika sumur diproduksi, minyak akan mengalir ke zona *steam* di sekitar lubang sumur, sehingga minyak yang sebelumnya tidak terpengaruh oleh panas mulai mengalami penurunan viskositas.

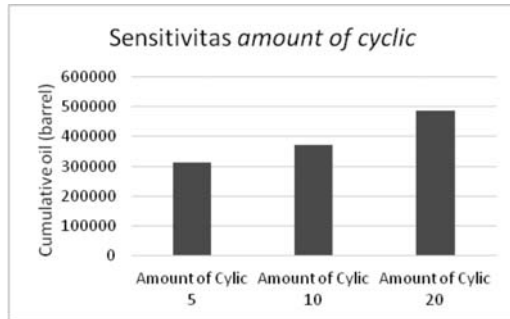
Hasil percobaan perhitungan sensitifitas produksi kumulatif minyak dengan laju injeksi, temperatur, jumlah cyclic, waktu injeksi, soaking time dan steam quality oleh Sudjati Rachmat dan Muhamad Zevni Kurniadi (2015) ditunjukkan oleh Gambar 21 sampai dengan 26.



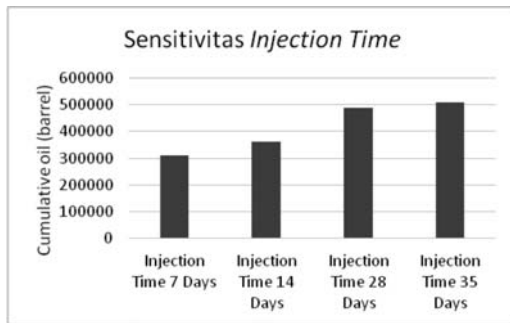
Gambar 21: Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap laju injeksi steam³¹



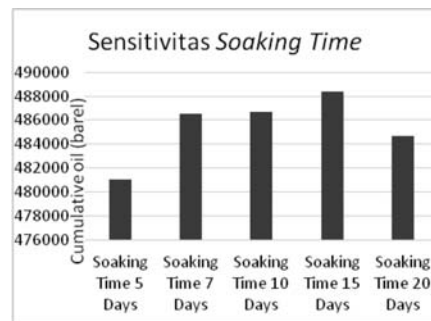
Gambar 22: Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap temperatur³¹



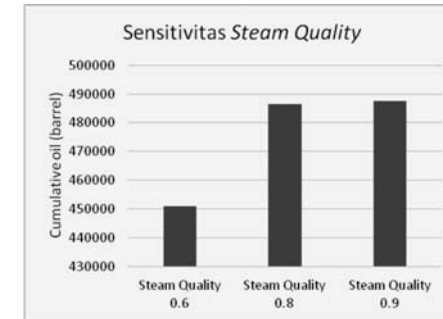
Gambar 23: Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap jumlah Cyclic Steam³¹



Gambar 24: Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap waktu injeksi³¹



Gambar 25: Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap soaking time³¹



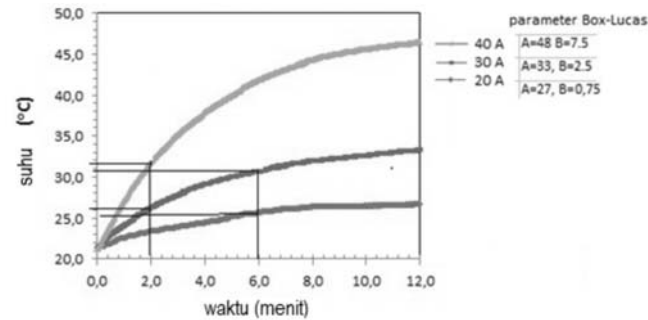
Gambar 26: Sensitivitas produksi kumulatif minyak terhadap laju steam quality³¹

II.6. Nano Ferro Fluid Electromagnetic Heating (NFF-EMH)

Dari hasil eksperimen yang dilakukan di laboratorium Sudjati Rachmat, Agus Astra Pramana (2012) diperoleh suatu hasil yang menunjukkan hubungan antara naiknya suhu ferrofluid dan waktu pemanasan, terlihat pada Gambar 27 bahwa di bagian awal kurva pemanasan, kemiringan (*slope*) dari kurva perubahan suhu hampir bersifat liner kemudian mengecil hingga mencapai titik saturasi. Untuk mendapatkan formula yang bisa menggambarkan kurva pemanasan tsb. dicari tipe matematis yang ternyata sesuai dengan persamaan Box-Lucas yang berupa:

$$T(t) = a(1 - e^{-bt}) \quad (9)$$

dimana a = parameter saturasi (bila $t = \infty$ maka $T = a$), dan b = laju penambahan suhu.



Gambar 27: Hubungan antara suhu pemanasan ferrofluida dan waktu yang dibutuhkan³²

Dengan persamaan Box-Lucas, grafik pemanasan akan dihubungkan dengan variabel-variabel seperti: suhu T , arus I , massa besi dalam Ferrofluida m_{Fe} dan frekuensi f . Bila T dan derivatifnya, T' diekspansikan, didapat:

$$T(t) = a(1 - e^{-bt}) \quad (10)$$

$$T'(t) = a \times b(e^{-bt})$$

Selanjutnya, untuk mendapatkan persamaan differensialnya, persamaan T dikalikan dengan b menjadi:

$$\begin{aligned} b T(t) &= b \times a(1 - e^{-bt}) \\ &= ab - ab(e^{-bt}) \\ &= ab - T' \end{aligned}$$

atau bila dituliskan kembali dalam bentuk persamaan diferensial menjadi:

$$T' + bT = ab \quad (11)$$

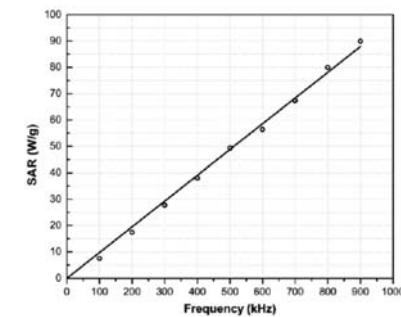
Persamaan tersebut adalah *heat equation* dengan sumber panas adalah $Q = ab$ yang merupakan fungsi dari I , f , dan m_{Fe} . Untuk mendapatkan

koefisien a dan b digunakan persamaan laju absorpsi khusus atau Specific Absorption Rate (SAR) dan nilai saturasi. SAR didefinisikan sebagai:

$$SAR = \frac{\Delta T \times C}{\Delta t \times m_{Fe}} \quad (12)$$

dimana C = kapasitas panas dari ferrofluida.

Nilai aktual dari SAR diambil dari hasil eksperimen (Gambar 28) yang dilakukan Kallumadil et.al. adalah sekitar sepersepuluh dari frekuensi induktor.



Gambar 28: Hubungan antara SAR dan frekuensi yang dipancarkan oleh induktor (Kallumadil et al., 2009)³²

Dari Gambar 28 dapat diperjelas bahwa SAR tergantung pada frekuensi dengan formulasi sebagai berikut:

$$\frac{\Delta T \times C}{\Delta t \times m_{Fe}} = SAR = 0,1 \times f \quad (13)$$

dimana f = frekuensi, C = kapasitas panas dari ferrofluida = 3000 J/kg K, adalah massa besi yang terkandung dalam ferrofluida, dan T = suhu.

Untuk itu, didapat laju penambahan suhu atau b , dimana:

$$b = \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{SAR \times m_{Fe}}{C} = \frac{(0,1 \times f) \times m_{Fe}}{C} \quad (14)$$

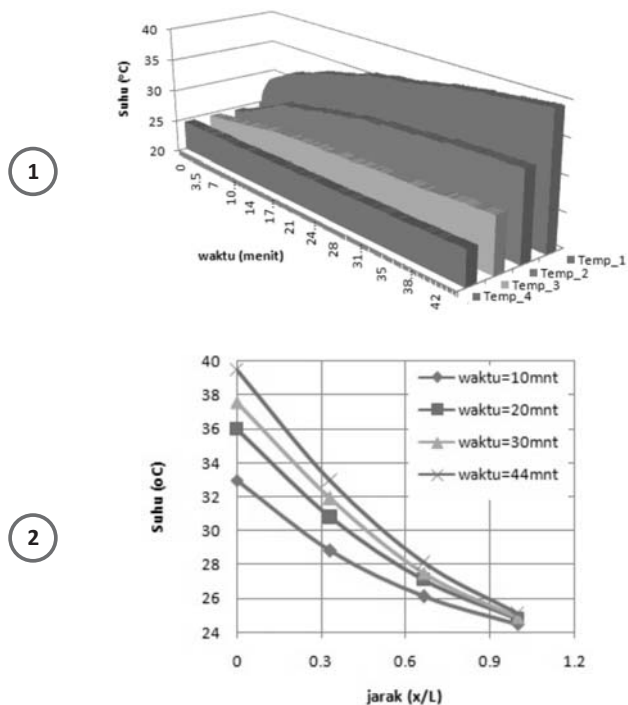
Sedangkan untuk mendapatkan harga dari “a” perlu didefinisikan nilai $T(t=\infty)$ atau T_∞ sehingga persamaan $T(t)$ bisa dituliskan sbb.:

$$T(t) = a(1 - e^{-bt}) = T_\infty \left(1 - \exp\left(\frac{-0,1 \times f \times m_{Fe}}{C} t\right) \right) \quad (15)$$

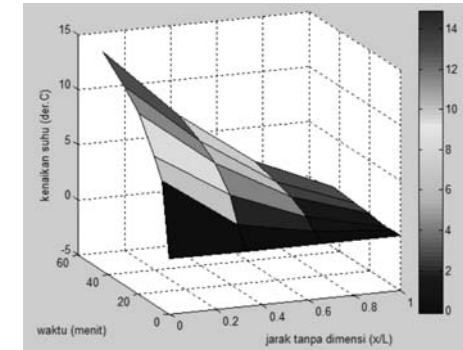
$$= 1,1 \times I \left(1 - \exp\left(\frac{-0,1 \times f \times m_{Fe}}{C} t\right) \right)$$

Nilai 1,1 tsb. masih bergantung pada beberapa variabel lainnya seperti jumlah lilitan dari koil (N).

Untuk eksperimen ketiga Sudjati Rachmat dan Agus Astra Pramana (2012) tentang rambatan panas, perubahan kenaikan suhu terhadap waktu dan jarak tanpa-dimensi (x/L) dapat dijelaskan sebagai berikut:



3

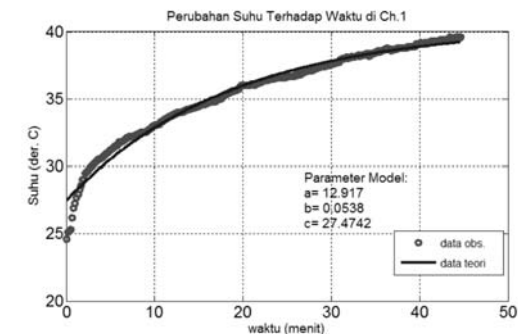


Gambar 29: Perambatan suhu terhadap waktu dan jarak yang diekspersikan dengan Excel (1 dan 2) dan Matlab³²

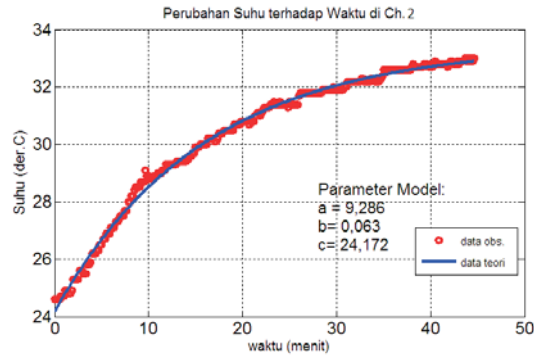
Melalui metode inversi tak-liner Levenberg-Marquardt (LM) yang merupakan salah satu metode parameter estimasi didapatkan gambaran menyeluruh dari temperatur sebagai fungsi dari jarak dan waktu:

$$T = 24,6 + 12,9 \left(1 - e^{-0,05t} \right) e^{-0,25x} \quad (16)$$

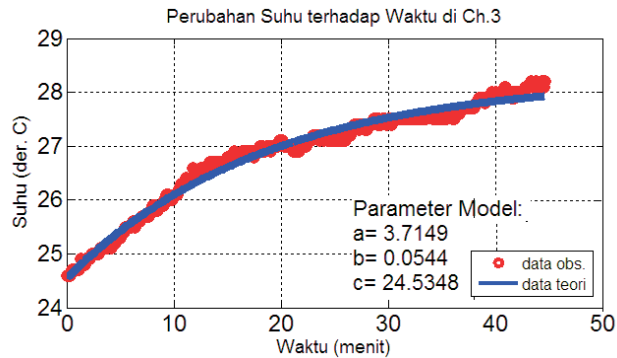
dimana t dan x adalah waktu dan jarak. dapat dideskripsikan seperti pada Gambar 33 yang tak beda dengan Gambar 29.



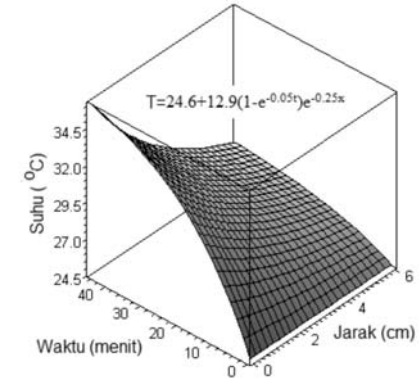
Gambar 30: Perubahan suhu terhadap waktu di thermokopel #1 dan fitting inversi tak-liner serta parameter estimasinya untuk persamaan Box-Lucas³²



Gambar 31: Perubahan suhu terhadap waktu di thermokopel 2 dan fitting inversi tak-liner serta parameter estimasinya untuk persamaan Box-Lucas³²



Gambar 32: Perubahan suhu terhadap waktu di thermokopel 3 dan fitting inversi tak-liner serta parameter estimasinya untuk persamaan Box-Lucas³²



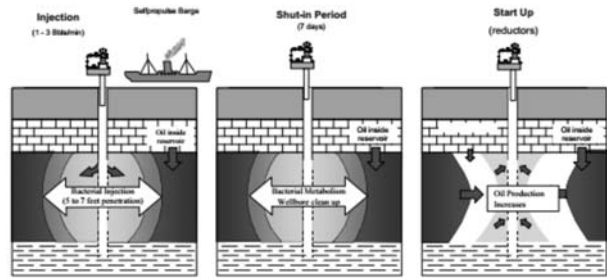
Gambar 33: Perambatan panas dengan metode inversi LM dimana didapat hubungan suhu T dengan jarak x dan waktu t berupa³² : $T=24,6+12,9(1-e^{-0,05t})e^{-0,25x}$

II.3. Microbial Huff and Puff

Injeksi mikroba ke dalam reservoir dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama dengan metode *huff-puff like*. *Huff and puff like* adalah kondisi dimana dalam melakukan injeksi dan saat produksi menggunakan sumur yang sama. Metode ini diterapkan pada reservoir dangkal, mikroba dan nutrisi diinjeksikan secara bersamaan dengan waterflood. Sumur tersebut di shut-in selama jangka waktu tertentu. Selama penutupan sumur, sumur dapat dibuka secara periodik pada saat dilakukan injeksi nutrisi tambahan. Setelah injeksi nutrisi selesai, penutupan dilanjutkan kembali. Periode selama penutupan sumur ini dilakukan agar mikroba dapat tumbuh dan melakukan metabolismenya secara optimal. Setelah jangka waktu penutupan sumur selesai, maka sumur tersebut dapat dibuka kembali sebagai sumur produksi.

Metode kedua adalah dengan penginjeksian mikroba pada sumur

injeksi yang memiliki jarak tertentu dari sumur produksi. Mikroba akan masuk mengikuti aliran air sampai batas muka air-minyak yang ada di antara kedua sumur tersebut.



Gambar 34: Tahapan Injeksi Mikroba Huff and puff²³

Pada injeksi mikroba *huff and puff* perlu dilakukan periode penutupan sumur. Penutupan sumur dilakukan untuk mengetahui dampak setelah mikroba masuk kedalam reservoir. Mikroba bergerak untuk mencari area yang memiliki nilai saturasi minyak yang tinggi sebagai makanan dan dilakukan produksi kembali sebagai bioproduk untuk membantu melepaskan minyak yang terjebak dalam pori-pori dimana proses kelakuan mikroba itu disebut kolonisasi. Selain itu selama periode ini Mikroba mengalami fase pertumbuhan dimulai fase adaptasi dimana mikroba mulai menyesuaikan dengan ekosistem baru hingga sampai fase terakhir, fase kematian, dimana nutrisi yang tersedia di reservoir tidak mampu lagi untuk menyuplai mikroba. Akibatnya segala proses metabolisme dan bioproduk dari mikroba menjadi berhenti.

Konsep *productivity index* merupakan hubungan antara laju inflow sumur dan tekanan drawdown. *Productivity index* dihitung dengan

persamaan berikut

$$J = \frac{0.00708 k_o h}{\mu_o B_o \ln \left(0.472 \frac{r_e}{r_w} \right)} \quad (17)$$

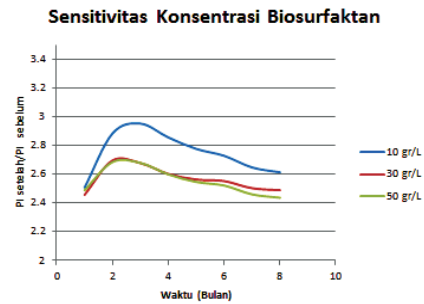
Persamaan untuk aliran minyak dapat dituliskan sebagai berikut

$$q_o = J(\bar{P}_R - p_{wf}) \quad (18)$$

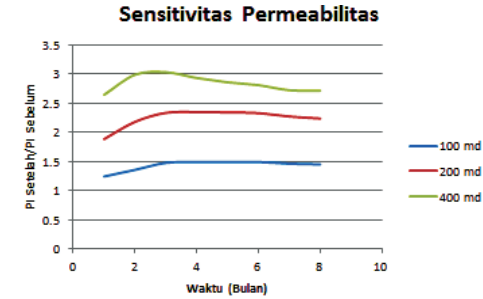
Productivity index ratio merupakan perbandingan besar *productivity index* pada perlakuan khusus dari sumur (PI Setelah) dengan *productivity index* pada perlakuan awal dari sumur (PI Sebelum). Perlakuan khusus sumur disini merujuk pada proses optimasi sumur yang dilakukan. Biasanya untuk proses stimulasi *hydraulic fracturing* perbandingan ini sering disebut juga *Fold of Increase*. Pada studi ini yang berperan sebagai PI setelah adalah kondisi setelah dilakukan proses simulasi MEOR. Berikut persamaan untuk *Productivity index ratio* untuk proses MEOR (Maure, 1999):

$$MEOR \ PI \ RATIO = \frac{Q_{MEOR} / [(\bar{P}_{res} - P_{wf_{MEOR}})]}{Q_o / [(\bar{P}_{res} - P_{wf})]} \quad (19)$$

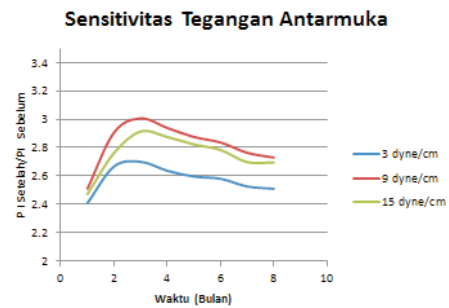
Berbagai percobaan perhitungan yang dilakukan Sudjati Rachmat dan Muhamad Sudjatmiko (2016), memberikan hasil: sensitivitas antara *productivity index ratio* dengan mengubah besaran konsentrasi biosurfaktan menunjukkan bahwa pada konsentrasi biosurfaktan yang lebih sedikit mampu memberikan nilai *productivity index ratio* yang cukup besar. Berarti untuk parameter konsentrasi biosurfaktan ini terdapat nilai optimum yang diperlukan agar dapat menghasilkan produktivitas produksi yang maksimal. Konsentrasi biosurfaktan ini menunjukkan besar populasi mikroba yang berkembang biak dan menghasilkan bioproduk. Asumsi yang digunakan adalah jumlah Mikroba sebanding dengan jumlah konsentrasi biosurfaktan yang dihasilkan.



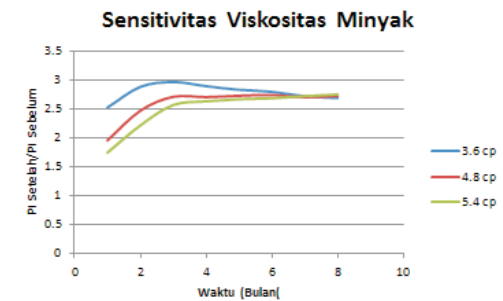
Gambar 35: Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Konsentrasi Biosurfaktan³³



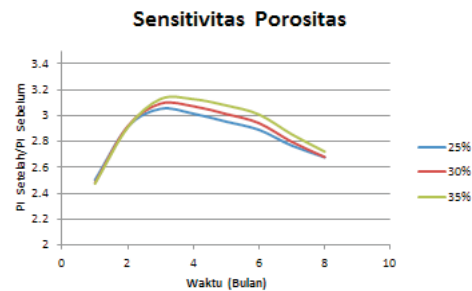
Gambar 38: Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Permeabilitas³³



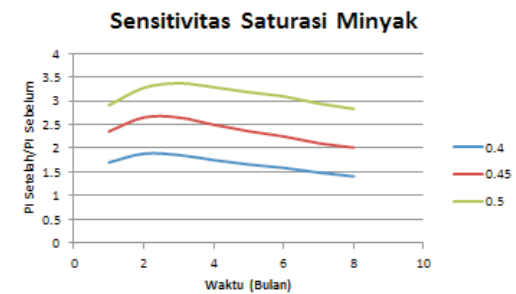
Gambar 36: Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Tegangan Antarmuka³³



Gambar 39: Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Viskositas Minyak³³



Gambar 37: Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Porositas³³

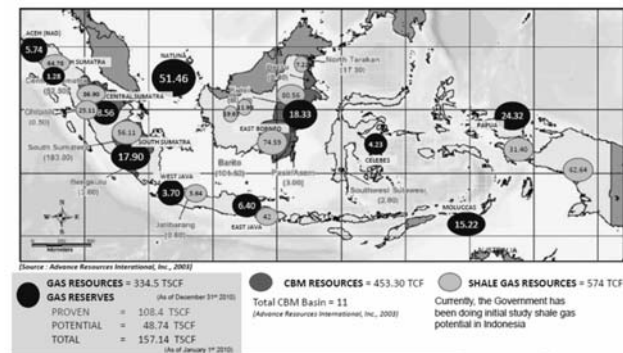


Gambar 40: Hubungan Productivity Index Ratio terhadap Waktu dengan Sensitivitas Saturasi Minyak³³

Semakin besar saturasi minyak maka *productivity index ratio* juga akan semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya kemungkinan minyak yang terambil untuk diproduksi, sehingga sangat disarankan untuk melakukan injeksi sumur *huff and puff* apabila di dalam reservoir masih cukup banyak saturasi minyak yang tersisa.

II.8. Hydraulic Fracturing of Coal Bed Methane

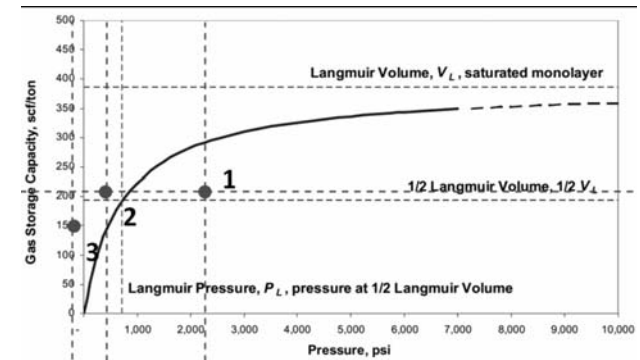
Sumber daya (*resources*) gas konvensional Indonesia diperkirakan 334.5 TSCF dengan total cadangan (*reserve*) gas bumi Indonesia pada tahun 2010 sebesar 157,14 TSCF atau sekitar 3% dari cadangan gas bumi dunia. Cadangan (*reserve*) tersebut terdiri dari cadangan terbukti sebesar 108,4 TSCF dan cadangan potensial 48,74 TSCF, Sedangkan sumber daya (*resources*) gas CBM Indonesia pada tahun 2008 diperkirakan sebesar 453.80 TSCF dan perkiraan sumber daya (*resources*) Gas Shale sebesar 574 TSCF.



Gambar 41: Potensi Sumber Daya Gas Indonesia (Sumber: Kementerian ESDM)

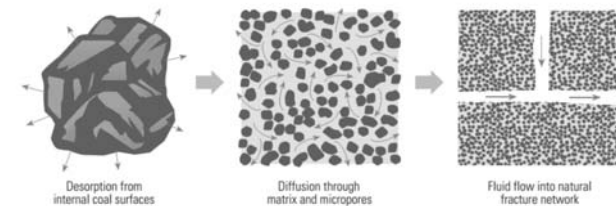
Coalbed methane atau gas metana batubara adalah gas bumi yang

terdapat pada batubara yang merupakan hasil sampingan atau *byproduct* selama proses *coalification* atau pembatubaraan dengan gas metana sebagai komponen utamanya. Adsorpsi gas oleh permukaan matriks batubara merupakan fungsi dari tekanan pada kondisi temperatur reservoir atau *adsorption isotherm* (Gambar 42).



Gambar 42: Kurva Langmuir Adsorption Isotherm³⁴

Mekanisme aliran gas metana pada reservoir batubara meliputi tiga tahap, yaitu : (1) desorpsi gas metana dari permukaan matriks batubara di dalam mikropori, (2) difusi gas sepanjang mikropori hingga ke jaringan rekahan (*cleat*), dan (3) aliran gas di sepanjang *cleat* menuju lubang bor mengikuti hukum Darcy, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 43.



Gambar 43: Oilfield Review Summer 2009, Copyright © 2009 Schlumberger

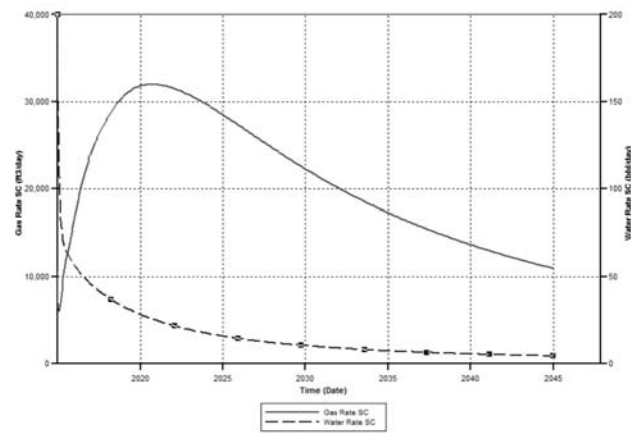
Persamaan aliran Darcy untuk memodelkan aliran gas di sepanjang *cleat*, sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan 20.

$$q_g = \frac{k_g h [m(p) - m(p_{wf})]}{(1442)T \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) - \frac{3}{4} + S \right]} \quad (20)$$

Selain gas, di dalam *cleat* juga terdapat air formasi. Ketika diproduksi, air formasi akan mengalir di sepanjang *cleat* menuju lubang sumur bersamaan dengan gas metana. Persamaan aliran Darcy untuk memodelkan aliran air di sepanjang *cleat*, sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan:

$$q_w = \frac{k_w h [p - p_{wf}]}{(141.2)\mu_w B_w T \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) - \frac{3}{4} + S \right]} \quad (21)$$

Hasil perhitungan Sudjati Rachmat dan Sayyidul Umamus Sholihin (2016) dengan mempergunakan simulator, diperoleh hasil bahwa pengaruh percepatan produksi air (dewatering) dengan *Hydraulic Fracturing* akan mempercepat produksi gas methane dari CBM.



Gambar 44: Laju alir produksi gas dan air base case³⁴

DAFTAR PUSTAKA

1. Economides, M.J., Nolte, K.G., "Reservoir Stimulation, Third edition", Wiley, England, 2000.
2. Ferkingstand, J.M., "Numerical Stimulation of Productivity Effects by Hydraulic Fracturing in a Low Permeability Fluvial Reservoir in The North Sea". University of Stavanger, Master Thesis, 2011.
3. Li, G et al., "New Technique: Hydra-jet Fracturing for Effectiveness of Multi-zone Acid Fracturing on an Ultra Deep Horizontal Well and Case Study". IADC/SPE 156398, 2012.
4. Lake, L.W., Clegg, J.D.; "Petroleum Engineering Handbook Volume 4: Production Operations Engineering, Chapter 8: "Hydraulic Fracturing", Holditch, S.A., SPE, 2007.
5. McDaniel, B.W, "Review of Current Fracture Stimulation Techniques for Best Economics in Multilayer, Lower-Permeability Reservoirs", SPE 98025, 2005.
6. Gangdan, F et.al. "A New Completion Technology with Separate Layer Fracturing and Commingled Producing in Gas Field". SPE 10444, 2006.
7. Tianshou, Z et.al. "The new Development of Multi-stage Fracturing technology of Multilayer Vertical Gas Wells in Sulige Tight Gas Field". SPE 156182, 2012.
8. Lonnes, S.B et.al. "Advanced Multizone Stimulation Technology". SPE 95778, 2005.
9. Carrejo, N et.al. "Improving Reliability of Multi-Zone Fracturing Treatments While Optimizing Efficiency", OTC 24868, 2014.
10. He, L., Zhongguo, W et.al. "Study and Application of the Technology

of Subdivision Controlled Limited entry Fracturing in Reservoir with many Thin Layers" SPE 115371, 2008.

11. Lu, X., Ye, D. et.al. "Applications of New Coiled Tubing Multi-Staged Fracturing technology" SPE 155594, 2012.
12. Eissa, M., Kumar, A. et.al. "Integrated Workflow to Evaluate and Understand Well Performance in Multi Layer Mature Gas reservoirs, Bahrain Case Study" SPE 164356, 2013.
13. Ding, D.Y et.al. "Simulation of Fracturing Induced Formation Damage and Gas Production from Fractured Wells in Tight Gas Reservoirs". SPE 153255, 2012.
14. Martin, A.N., Economides, M.J et.al. "Best Practices for Candidate Selection, Design and Evaluation of Hydraulic Fracture Treatments". SPE 135669, 2010.
15. Murtaza, Mobeen et.al. "Design and Evaluation of Hydraulic Fracturing in Tight Gas Reservoirs". SPE-168100, 2013.
16. Olson, K.E et.al. "Hydraulic Fracturing of Multizone Wells in the Pegasus (Devonian) Field, West Texas". SPE 27718, 1994.
17. Rahim, Zillur et.al. "Success Criteria for Multistage Fracturing of Tight Gas in Saudi Arabia". SPE 149064, 2011.
18. Shaoul, Josef et.al. "Case Study of a Multi-Zone Tight-Gas Well Stimulation and Post-Frac Production Evaluation". SPE 163972, 2013.
19. Soliman, M.Y et.al. "Geomechanics Aspects of Multiple Fracturing of Horizontal and Vertical Wells". SPE Drilling & Completion, 2008.
20. Wang, Feng et.al. "The Horizontal Massive Multistage Fracturing Meet the Changing Tight Gas Field Development Strategy". IADC/SPE 155911, 2012.

21. Watt, Herriott., "Production Technology II", England.

22. Henry, D, Lopez-Hernandez, Valco Peter P, Pham Tai T. "Optimum Fracture Treatment Design Minimize the Impact of Non-Darcy Flow Effects". SPE 90195, 2004.
23. Economides M.J, Demarchos A.S, Mach J.M, Rueda J, Wolcott D.S, Yukos. "Pushing the Limits of Hydraulic Fracturing in Russia". SPE 90357, 2004.
24. Romero D.J et al. "The Optimization Of The Productivity Index and The Fracture Geometry of A Stimulated Well With Fracture Face and Choke Skins". SPE 73758, 2002.
25. Flowers, J.R et al. "The Results of Increased Fracture Conductivity on Well Performance in a Mature East Texas Gas Field". SPE 84307, 2003.
26. Economides M.J, Martin T. "Modern Fracturing-Enhancing Natural Gas Production". ET Publishing, 2007.
27. Li D, T.W. Engler. "Literature review on Correlation of the Non-Darcy coefficient". SPE 70015, 2001.
28. Alfharisi, A: "Sensitivity Study Of Acid Fracturing Effectivity Using Organic Acids", Tekn Perminyakan ITB, 2015.
29. Sinaga, B. D.: "Metodologi Baru Dalam Optimasi Desain Keekonomian Pada Perekahan Hidrolik Sumur Minyak Dengan Perekahan Vertikal", Tekn Perminyakan ITB, 2016.
30. Kristianto, B: "Analisis Pengaruh Surfaktan Huff N Puff Pada Sumur Produksi Terhadap Perolehan Minyak Dan Produktivitas Reservoir", Tekn Perminyakan ITB, 2015.
31. Kurniadi, M.Z.: "Skenario Pengembangan Lapangan Minyak Berat Dengan Metode *Cyclic Steam Stimulation*", Tekn Perminyakan ITB,

2015.

32. Pramana, A.A.: "Pemanasan Induksi Elektromagnetik Menggunakan Media Ferro Fluida untuk Produksi Minyak Berat", Teknik Perminyakan ITB, 2012.
33. Sudjatmiko, M.: "Metode Peramalan Kinerja Sumur Dan Penentuan Korelasi *Productivity Index Ratio* Sumur Stimulasi Mikroba *Huff And Puff* Dengan Menggunakan Simulator Konvensional Komersil", Teknik Perminyakan ITB, 2016.
34. Solihin, S.U. "Desain Optimasi Hydraulic Fracturing Pada Reservoir CBM", Teknik Perminyakan ITS, 2016.

DEDIKASI DAN UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Yang Maha Kuasa dan Maha Mengetahui Allah SWT, atas segala karunia dan rahmatNYA yang telah dilimpahkan kepada saya, sehingga bisa hidup dan bekerja sampai saat ini. Terima kasih saya sampaikan kepada Rektor dan pimpinan ITB, Pimpinan dan seluruh anggota Forum Guru Besar ITB, pimpinan Fakultas Teknik Petambangan dan Perminyakan atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk menyampaikan orasi ilmiah dihadapan para hadirin yang sangat terhormat ini.

Saya ucapkan terima kasih juga kepada para guru yang sangat saya hormati di SDN Buahbatu III Bandung, SMPN Turen Malang, SMAN VII Bandung yang telah mendidik saya sejak mulai kecil hingga menginjak usia dewasa. Terima kasih dan penghargaan saya juga disampaikan kepada para dosen dan guru saya di Teknik Perminyakan ITB dengan berbagai bimbingan dan telah memberikan berbagai ilmu dan filosofi

tentang Perminyakan: Almarhum Ir. Rochadi Gapar, DIC, Almarhum Dr. Iman Soengkowo, Almarhum Ir. Bambang Tjondrodiputro, M.Sc, Almarhum Prof. Wijayono Partowidagdo, Prof. J.C. Kana, Prof. Purwanto Mardisewojo, Dr. Supomo Mangun Atmojo, Prof. Pudjo Sukarno, Dr. Dody Nawangsidi juga para senior dan rekan sejawat saya yang sangat budiman atas segala kerjasama dan dukungannya Prof. Septorotno Siregar, Prof. Purnomo Yusgiantoro, Dr. Arsegianto, Prof. Doddy Abdassah, Prof. Pudji Permadi, Dr. Leksono Mucharam, Ir. Hernansyah, Dr. Nenny Miryani Saptaji, Prof. Rudi Rubiandini, Dr. Asep Kurnia Permadi, Prof. Tutuka Ariadji, Dr. Ucok Siagian, Dr. Taufan Marhaendrajana, Dr. Sotopo, Dr. Bonar Marbun, Dr. Zuher Sihab, Dr. Adityawarman, Dr. Amega Yasutra, Dr. Silvya Dewi Rahmawati, Ir. Dedy Irawan, MT, Ir. Wijoyo Niti Daton, MT, Ir. Rizky Novara, MSc, Dr. Ardhi Lumban Gaol dan Ir. Pahala Dominicus Sinurat, MSc. Terima kasih saya juga untuk Prof. J. BATAILLE, Prof. M. MATHIEU, Prof. E. RIEUTORD dan Prof. B. GAY para guru saya di Ecole Centrale de Lyon dan Universite Claude Bernard Lyon I, Prancis.

Ucapan terima kasih dan rasa hormat yang sangat dalam juga disampaikan kepada orang tua saya almarhum H. Rachmat Supardi dan almarhumah Hj. Wien Ayu Suwenda yang sangat telaten dalam memberikan bimbingan dan arahan hidup saya untuk menjadi pegangan hidup hingga usia saya saat ini. Terima kasih dan hutang budi juga saya sampaikan kepada istri saya Hj. Yoke Karlina Sudjati yang setia menemani saya dalam suka dan duka selama 37 tahun dalam hidup bersama kami dengan segala suka dan dukanya dan kepada anak-anak saya Muhammad Al Hilal Rachmat, La Zeta Al Fauziah Rachmat, Muhammad Al Khwarizmi Rachmat dan ketiga cucu saya tercinta Ayesha, Austin dan

Alexa yang selalu memberikan motivasi yang kuat kepada saya untuk selalu belajar dan mengembangkan diri.

Rasa terima kasih juga disampaikan kepada Drs. Darno Ardja dan seluruh Staf Administrasi Teknik Perminyakan ITB dan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan ITB yang selalu setia membantu saya dalam bekerja selama lebih dari 20 tahun, juga terima kasih dan penghargaan saya sampaikan kepada semua mahasiswa yang saya ajar dan saya bimbing, harapan saya mereka akan selalu memberikan sumbangan karya yang berkualitas, aplikatif, dan bermanfaat bagi nusa dan bangsa.

CURRICULUM VITAE



Nama : **Prof. Dr.Ir. SUDJATI RACHMAT, DEA**

Tmpt/Tgl Lahir : Bandung, 2 September 1955

NIP : 19550902 198003 1 005

Fakultas/Sekolah : FTTM

KK : TPPMM

Bidang Keahlian : Teknik Produksi

Jabatan : Ketua KK TPPMM

Alamat Email : sudjati@tm.itb.ac.id

Istri : Raden Yoke Karlina Sudjati

Anak : Muhammad Al Hilal Rachmat

La Zeta Al Fauziah Rachmat

Muhammad Al Khwarizmi Rachmat

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

No.	YEAR	INSTITUTION
1	1973 - 1977	Bachelor Degree in Petroleum Engineering Institut Teknologi Bandung.
2	1978 - 1979	Engineer Degree in Petroleum Engineering Institut Teknologi Bandung.
3	1983 - 1985	Diplome d'Etude Approfondie Ecole Centrale de Lyon, UCB Lyon I, France
4	1985 - 1987	Docteur en Mecanique de Fluide (Methode Numerique en Milieux Poreux) Ecole Centrale de Lyon, UCB Lyon I, France

II. RIWAYAT JABATAN

No.	YEAR	INSTITUTION
1	1990 - 1993	Eecutive Secretary of Petroleum Engineering Department Institut Teknologi Bandung.

2	1996 - 1998	Head of Petroleum Engineering Institut Teknologi Bandung.
3	1992 - 1999	Vice Director of Computer Center PIKSI Institut Teknologi Bandung.
4	1999 - 2003	Director of Computer Center PIKSI Institut Teknologi Bandung.
5	2007 - 2015	Chairman of Drilling, Production and Petroleum Economics Research Group of Petroleum Engineering Department, Institut Teknologi Bandung.

III. PUBLIKASI

III.1. Prosiding Konferensi Internasional

No	Authors and Topic	Conference, Year, ISBN, Place of Publication
1	Sudjati Rachmat <i>"Mathematical Modeling for Single Phase Fluid Flow in Porous Media"</i>	Indonesian Students Association in France Region III, Lyon, France, 1986
2	Sudjati Rachmat , <i>"Resolution Methods for Linear Equation System"</i>	Indonesian Students Association in France Region III, Lyon, France, 1986
3	Sudjati Rachmat , <i>"The Petroleum Industry in Indonesia a Brief Overview"</i>	Citizen Ambassador Program, U.S.A, Poland, Czechoslovakia, Hungary, 1990.
4	Sudjati Rachmat , <i>"Application The Expert System on Rotary Drilling Bit Selection"</i> .	Offshore Australia, Melbourne, Australia, 24-17 November 1991.
5	Sudjati Rachmat , <i>"Model of Bottom-Hole Assembly for Directional Drilling Well by Finite Elements Method"</i>	South East Asia Offshore 9th Conference & Exhibition, Singapore, December 1-4, 1992.
6	Sudjati Rachmat , <i>"Inflow Performance Relationship for Horizontal Wells in Solution Gas-Drive Reservoir"</i>	27 th Annual Meeting of The Fine Particles Society Technical Program /Symposium on Drilling, Production and Reservoir Engineering, Chicago, August 6-9, 1996.

7	Sudjati Rachmat , <i>"Neural Network Algorithm for Oil Well Production Optimization"</i>	IPA Convention Poster Session, October 8-10, 1996
8	Sudjati Rachmat , Astra A. Pramana : <i>"Current State The Art Well Stimulation Technology starting from types of near-wellbore damages to nano ferro fluid thermal well stimulation"</i> .	Advances in Drilling Technology - E-proceedings of the First International Conference on Drilling Technology (ICDT-2010) and National Workshop on Manpower Development in Petroleum Engineering (NWMDPE-2010), November 18-21, 2010, ISBN :978-93-80689-03-6, Copyright @ 2010 by the Indian Institute of Technology Madras, Chennai (TN)-600 036, India.
9	A.A. Pramana, D.Abadassah, S. Rachmat , Mikrajuddin : <i>"Electromagnetic Induction Heat Generation of Nano-ferrofluid and Other Stimulants for Heavy Oil Recovery"</i> .	The Third Nanoscience and Nanotechnology Symposium 2010 (NNSB2010), Bandung, Indonesia, June 16, 2010
10	A.A. Pramana, S. Rachmat , D.Abadassah : <i>"Increasing Heavy Oil Recovery Factor Trough Electromagnetic Induction Heating Using Brine and Ferrofluid"</i> .	World Heavy Oil Congress, Edmonton, Alberta 2011, Canada.
11	Sudjati Rachmat , Bety Kharisma, Ardhi Lumban Gaol : <i>"Title Application of Artificial Intelligence on Hydraulic Fracturing Candidate Selection."</i>	BIT's 1ST Annual World Congress of Well Stimulation and EOR, Southwest Petroleum University, Cheng Du, China, April 12-14, 2010.
12	Sudjati Rachmat , Sumaryanto : <i>"Designing of Multi-layered Hydraulic Fracturing in CBM Wells Using the Limited Entry Technique".."</i>	International Symposium of Unconventional Oil & Gas 2011, , Chongqing University of Science and Technology, Chongqing, China, May 17-19, 2011.

13	Sudjati Rachmat , Ledy Febrianan : " <i>Selection Optimum Fracturing Fluid and Propping Agent for Hydraulic Fracturing in Coal Bed Methane Reservoir</i> ".	International Symposium of Unconventional Oil & Gas 2011, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing, China, May 17-19, 2011.
----	--	--

III.2. Prosiding Konferensi Nasional

No	Authors and Topic	Conference, Year, ISBN, Place of Publication
1	Sudjati Rachmat , " <i>Prediction of Reservoir Performance with Waterflooding</i> "	One day Seminary on Solid-Liquid, Center of Inter-University, Engineering Science, ITB, 1990.
2	Sudjati Rachmat , " <i>Concept of Industrial Training Information service and its Operational</i> "	National Symposium on Training Development Services, Jakarta 19-20 August 1991.
3	Sudjati Rachmat , " <i>Expert System Technology : Some Aspects on Knowledge Acquisition Process</i> ".	Seminar on Contribution of Informatics and Computer Technology in Industrialization Era, AMIK- DCI-KNPI Tasikmalaya, 27 June 1992.
4	Sudjati Rachmat , " <i>Using Fuzzy Logic for Reservoir Characterization of Well Logging Data</i> "	Indonesian Petroleum Engineers Society Meeting, Jakarta, August 5-7, 1996.
5	Sudjati Rachmat , " <i>Monte Carlo Simulation and Risk Analysis For Oil Reservoir Plan Of Development</i> ".	Indonesian Society of Petroleum Engineers, Symposium, Yogyakarta, 2001
6	Astra A. Pramana, S. Rachmat , D. Abadassah, R.N. Putra : "Increasing Oil Productivity Trough Electromagnetic Induction Heat Generation of Salt Water as a Stimulant for Heavy Oil Recovery".	The 4th Asian Physics Symposium, An International Event, Bandung, West Java, Indonesia 12-13 October 2010.

7	Astra A. Pramana, S. Rachmat , D. Abadassah : "Current State of-The Art of Proppant Technology"..	Proceeding, Indonesia Petroleum Association, Thirty-Fifth Annual Convention & Exhibition, May 2011, Jakarta
8	Asep K., Permadi, Madi A. Naser, Leksono Mucharam, Sudjati Rachmat : "Formation Damage and Permeability Impairment Associated with Chemical and Thermal Treatments : Future Challenges in EOR Applications".	Atsushi Kishita, Tohoku University, Japan, 30 Juni 2012
9	Sudjati Rachmat , Ahmad Hadad " IATMI 12 – 027 : Successful Application on Artificial Intelligence Methods for Prediction of Post-Hydraulic Fracturing Gas Rate"	Proceeding, IATMI, Simposium Nasional Kongres XII, Jakarta, 73-5 Desember 2012
10	Sudjati Rachmat , Ahmad Hadad " Pattern Recognition To Predict Langmuir Parameters In Coalbed Methane Using Neural Network"	Proceeding, IATMI, Simposium Nasional Kongres XII, Jakarta, 73-5 Desember 2014
11	Ardina Dwi Lstiani, Sudjati Rachmat , "Mathematical Model Of Electromagnetic Proppant Effects On Heavy Oil Production Rate"	Proceeding, Indonesia Petroleum Association, Thirty-Ninth Annual Convention & Exhibition, May 2015, Jakarta
12	Windra Yusman, Sparisoma Viridi, Sudjati Rachmat , "Geothermal well behaviour prediction after air compress stimulation using one-dimensional transient numerical modelling"	Padjadjaran Earth Dialogues: International Symposium on Geo-physical Issues (PEDISGI) 8-10 June 2015
13	Windra Yusman, Sparisoma Viridi, Sudjati Rachmat , "Geothermal Well Discharges Prediction Using One-	Indonesia International Geothermal Convention and Exhibition 2015, August 19, 21, 2015

	Dimensional Transient Modelling”	
--	----------------------------------	--

III.3. Publikasi International

No	Authors and Topic	Journal, No. Publication, Vol., Year, ISSN, Place
1	Sudjati Rachmat , “ <i>Analyse Numerique d’un Gisement de Petrole</i> Ecole Centrale de Lyon”	Ecole Centrale de Lyon, Universite de Claude Bernard, Lyon I, France, 1985
2	Sudjati Rachmat , “ <i>Modelisation Numerique d’Ecoulements Polyphasiques en Milieux Poreux. Application au Cas de Calcul des Champs de Pressions et de Saturations dans un Gisement de Petrole</i> ”	Ecole Centrale de Lyon, Universite de Claude Bernard, Lyon I, France, 1987
3	Sudjati Rachmat , “ <i>Estimation of Initial Reaction Time on Linear Pattern Water Injection by Finite Elements Method</i> ”	Oil and Gas Technology Journal, No 1-2, 1989.
4	Astra Agus Pramana, Sudjati Rachmat , Doddy Abdassah, M. Abdullah : “A study of Asphaltene Content of Indonesian Heavy Oil.	Modern Applied Science. Vol. 6, No. 5 May 2012. ISSN 1913-1844 (Print), 1913-1852 (Online)
5	Sudjati Rachmat , Astra A. Pramana, Leddy Febriana : “Indonesia’s Unconventional Resources, Modified Resource Triangle, and a Typical Example of Stimulation of Coalbed Methane Reservoir”.	Modern Applied Science. Vol. 6, No. 6 Juni 2012. ISSN 1913-1844 (Print), 1913-1852 (Online).
6	Sudjati Rachmat and Adi Firmansyah : “Parametric study of injection fluid temperature, soaking time,	The Journal of Petrotech. Vol VIII, Issue 8, January-March 2013. (Online). www.petrotechsociety.

	amount of cyclic and producing time toward efficiency and recovery factor on heavy oil cyclic steam well simulation”	
--	--	--

III.4. Publikasi Nasional

No	Authors and Topic	Journal, No. Publication, Vol., Year, ISSN, Place
1	Sudjati Rachmat , “ <i>Prats Method for Waterflooding Performance Determination</i> ”	LKTI HMTM Patra ITB. 1977.
2	Sudjati Rachmat , “ <i>Surfactant flooding Method for Enhanced oil Recovery</i> ”	Petroleum Engineering of ITB, 1977.
3	Sudjati Rachmat , “ <i>Determination of Betung Gas Reservoir Performance</i> ”	Petroleum Engineering Department of ITB, 1979.
4	Sudjati Rachmat , “ <i>Using Expert System on Selecting of Enhanced Oil Recovery Methods, Symposium of Artificial Intelligence, Expert System and its Implementation</i> ”	UPT Komputer PIKSI ITB, 1990.
5	Sudjati Rachmat , “ <i>Expert System For Screening of EOR Methods Using Prolog</i> ”	Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi, No. 2, 1993.
6	Sudjati Rachmat , “ <i>Mathematical Model for Oil Well Squeeze Scale Inhibitor</i> ”	Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi, No. 3, 1993.
7	Sudjati Rachmat , “ <i>Geometric Modeling for Hydraulic Fracturing</i> ”.	Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi, No. 1, 1994.
8	Sudjati Rachmat , “ <i>Continuum Damage Model for Hydraulic Fracturing.</i> ”	Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi, No. 2, 1994.
9	Sudjati Rachmat , “ <i>Neural Network Algorithm for Electric Submersible Pump Design and Optimization</i> ”	Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi, No. 07, 1997.

10	Sudjati Rachmat , <i>"Hybride Fuzzy-Neural Method and Algorithm for Reservoir Characterization and Reservoir Productive Zone Determinatio"</i>	Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi, No. 07, 1997.
11	Sudjati Rachmat , Leopaska Adipura Apytulex : "Radial Drilling Transport Caculation Using Solid Content Sensitivity Analisys to Determine Rate of Penetration (ROP)"	Jurnal JTM Vol, XVI No.1/ 2009. ISSN : 0854-8528.
12	Sudjati Rachmat , Revia Nanda Putra : "Analisis Pengaruh Penggunaan Brine dan Nanoferrofluids Terhadap Faktor Perolehan Pada Heavy Oil Melalui Pemanasan Induksi Elektromagnetik".	Jurnal JTM Vol. XVI No.3/ 2009, ISSN : 0854-8528.
13	Omar Al Farouq, Sudjati Rachmat : "Kegagalan Screening Pada Kasus Sand Control Sumur X-Twin Di Lapangan Mangunjaya, Sumatra Selatan".	Jurnal JTM Vol. XVI, No.4/2009, ISSN : 0854-8528.
14	Sudjati Rcahmat , Suwanda : "Teknik Entry untuk Simulasi Perekahan Hidraulik Multi Lapisan".	Jurnal JTM Vol. XVII No. 2/ 2010, ISSN : 0854-8528.
15	Sudjati Rachmat , Sapto Edi Nugroho : "Pengaruh Ukuran Butir dan Penempatan Proppant Terhadap Optimasi Perekahan Hidraulik Sumur Minyak".	Jurnal JTM Vol. XVII No. 2/2010, ISSN : 0854-8528.

IV. Pembimbing Disertasi

No.	Student Name	Doctorate Topic	Start	Final (Estimated)
1	Agus Astra Pramana	Pemanasan Induksi Elektromagnetik Menggunakan Media FerroFluida untuk Produksi Minyak Berat	2010	2012
2	Gumbira Adi Permana	Reservoir Characterization, Production Forecast, Completion and Stimulation Strategy of Coal Bed Methane Field	2012	2016
3	Pahala Richard Panjaitan	Evaluation of Pore Scale Model of Thermally Oil Recovery Process Using Lattice Boltzmann Method	2013	2017
4	Ahmad Hadad	Hybride Artificial Intelligence for Well Stimulation in Cole Bed Methane Wells	2013	2017
5	Nurdi Irianto	Analytical Approach for Accoustic Well Sounder Data Analysis for Optimization of Marginal Oil Field	2013	2017
6	Erdila Indriani	Mathematical Approach for Nanno Ferro Fluid Electro Magnetic Heating of Heavy Oil Wells	2014	2018
7	Ardina Dwi Listiani	Mathematical Modelling of Magnetic Proppant Electromagnetic Heating for Heavy Oil Wells Stimulation	2015	2019

8	Wahyu Sutresna	Worm Hole Geometric Modelling and Fractals Dimension Analysis for Carbonate Rock Well Acidizing	2015	2019
---	----------------	---	------	------

V. Aktivitas Penelitian (2013-2016)

2013	Sudjati Rachmat , Noke Fajar Prakoso : <i>Predicting Well Cumulative Oil Recovery In Very Tight And Hydraulically Fractured Sandstone Using Multivariate Regression And Artificial Intelligence Approach</i>
2013	Sudjati Rachmat , Indriyawati Sofyeni Nim : <i>Penyelamatan Produksi Lapangan Talang Akar Dengan Melakukan Perbaikan Fasilitas Produksi</i>
2013	Sudjati Rachmat , Futiha Nur Afi : <i>Aplikasi Kompleksi Open Hole Stand Alone Metal Mesh Screen Dengan Swell Packer Sebagai Isolasi Zona Pada Sumur Sidetrack</i>
2013	Sudjati Rachmat , Ramadhan Primantara Harmanto : <i>Rate Of Penetration Prediction Using Artificial Neural Network For Offshore Field Area</i>
2013	Sudjati Rachmat , Andri Mustari : <i>Optimize Constant Bottom-Hole Pressure Technique for Narrow Pressure Window Drilling Case Study: "Well A"</i>
2013	Sudjati Rachmat , Ariya Dwinanto : <i>Aerated Underbalance Drilling Screening Assessment At "X" Geothermal Field</i>
2014	Sudjati Rachmat , Sarah Mangudu Malau : <i>Sensitivity Studies To Select The Optimum Hydraulic Fracturing Design For Coalbed Methane Reservoir</i>
2014	Sudjati Rachmat , Yoanita Warapsari : <i>Productivity Index Optimization Based On Sensitivity Analysis Of Acid Selection For Acid Fracturing In Carbonate Reservoir</i>
2014	Sudjati Rachmat , Andreas Krisbayu Ratri Widodo : <i>Application Of Artificial Neural Network To Predict And Optimize Drilling Rate Of Penetration: A Case Study In Maleo Gas Field</i>
2014	Sudjati Rachmat , Ecep Muhammad Mujib : <i>Studi Peningkatan Produksi Pada Zona Shally Sand Kl-50c Dengan Menentukan Strategi Hydraulic Fracturing Yang Optimum di Sumur Horizontal</i>
2014	Sudjati Rachmat , Hendro Vico : <i>Studi Optimisasi Pengembangan Lapangan BN-4 Dengan Skenario Infill Drilling Dan Hydraulic Fracturing</i>
2014	Sudjati Rachmat , Anugerah D. Wicaksana : <i>Sensitivity Of Hydraulic Fracturing Design For Coalbed Methane Reservoir</i>

2014	Sudjati Rachmat , Rinenggo Nugroho : <i>An Alternative Method To Predict Non-Darcy Skin For Future Gas Condensate Well In Deepwater Kutai Basin G-Field Study Case</i>
2014	Sudjati Rachmat , Alam Firmansyah : <i>Studi Pemilihan Proppant dan Fluida Perekah Optimum Untuk Perekahan Hidraulik Pada Lapangan Minyak</i>
2014	Sudjati Rachmat , Ray Usmar : <i>Penentuan Tekanan Injeksi Pada Pipa Bor Dan Volum Injeksi Anulus Untuk Pemboran PMCD Sumur-X</i>
2014	Sudjati Rachmat , Darmawan Astra Kusumo : <i>Prediksi Parameter Perekahan Hidrolik Dengan Menggunakan Metoda Artificial Neural Network Pada Formasi Telisa, Lapangan D, Cekungan Sumatra Tengah</i>
2014	Sudjati Rachmat , M. Syukrillah : <i>Prediksi Tekanan Pori Dengan Menggunakan Data Sumur Pada Lapangan Offshore Central Mahakam</i>
2014	Sudjati Rachmat , Danu Prasetyo : <i>Kajian Keekonomian Wilayah Kerja "X" Terkait Dengan Pengelolaan Pasca Berakhirnya Kontrak Kerjasama Dengan Pemerintah</i>
2014	Sudjati Rachmat , I Gusti Nyoman Anom Wijaya : <i>Model Pencegahan Hidrat Pada Pipa Bawah Laut Di Reservoir Gas Kondensat X</i>
2014	Sudjati Rachmat , Mochammad Abdul Hadi : <i>Smith's Extension Pressure And G-Function For Fracture Closure Pressure Identification During Calibration Treatment</i>
2015	Sudjati Rachmat , Saiful Rizal : <i>Intelegensia Artifisial 'Adaptive Neuro Fuzzy Inference System' Untuk Prediksi Laju Pemboran Di Lapangan Krisna</i>
2015	Sudjati Rachmat , Irman Susandi : <i>Stimulasi Pada Reservoir Minyak Berat Menggunakan Pemanasan Induksi Elektromagnetik Dengan Stimulan Nanoferro Fluid</i>
2015	Sudjati Rachmat , Dimas Hadi Prabowo : <i>Analisa "Dry Hole" Case Pada Plan Of Futher Development Lapangan Mature X Dalam Rangka Peningkatan Cadangan Hidrokarbon</i>
2015	Sudjati Rachmat , Iqbal Zealanda Raharjo : <i>Rate Of Penetration Prediction And Optimization Using Artificial Neural Network And Drilling Cost Analysis In M Field</i>
2015	Sudjati Rachmat , Aulia Hamdani Feizal : <i>Comparison Study Between Rehm & McClendon Corrections And Normalized Drilling Rate Corrections On Drilling Exponent For Pore Pressure Prediction</i>
2015	Sudjati Rachmat , Fianti Meirisa Ramadhani : <i>Penentuan Laju Alir Produksi Sumur Gas Dari Data Logging Produksi Pada Reservoir Berlapis</i>

2015	Sudjati Rachmat , Risdianto Kurniawan : <i>Perbandingan Prediksi Faktor Yang Mempengaruhi Perekahan Hidrolik Antara Metode Anfis Dengan Metode Tornado Chart</i>
2015	Sudjati Rachmat , Mirza Azhari : <i>Hydraulic Fracturing Evaluation In Low Permeability Sandstone: A Comparison Between Conventional And Artificial Intelligence Approach</i>
2015	Sudjati Rachmat , Jufrihadi : <i>Mitigasi Shallow Geohazard Untuk Optimalisasi Posisi Casing Point 20 Inchi Pada Pemboran Sumur Eksplorasi Ultra-Deepwater Di Blok "K" Selat Makassar</i>
2015	Sudjati Rachmat , Deni Afrizal : <i>Disain Dan Evaluasi Perekahan Hidraulik Multi Lapisan Pada Reservoir Gas Batupasir Dengan Teknik Isolasi Mekanis</i>
2015	Sudjati Rachmat , Winner Reynold : <i>Rancangan Ukuran Partikel Bridging Agent Calcium Carbonate (CaCO_3) Dalam Reservoir Drill In Fluid Pada Sumur Horizontal Dengan Reservoir Batupasir Permeabilitas Rendah</i>
2015	Sudjati Rachmat , Eko Sri Wibowo : <i>Optimisasi Penentuan Kandidat Sumur Workover Di Lapangan "G" Menggunakan Algoritma Genetika</i>
2015	Sudjati Rachmat , I Ketut Putra Yasa : <i>Optimisasi Prioritas Sumur Workover Pada Lapangan G Dengan Empertimbangkan Aspek Keekonomian Menggunakan Algoritma Genetika</i>
2015	Sudjati Rachmat , Windra Yusman : <i>Geothermal Well Discharge Capability Prediction Using The Single Fluid Volume Element (SFVE) Method</i>
2015	Sudjati Rachmat , Fitria Titisari : <i>Studi Sensitivitas Parameter Perekahan Hidraulik Untuk Optimasi Laju Produksi di Formasi Micritic Limestone</i>
2016	Sudjati Rachmat , Arya Trismaputra : <i>Geomechanical Wellbore Stability Analysis for Directional Well in Well X Field Y Sumatra Indonesia</i>
2016	Sudjati Rachmat , Windy Martdianzah : <i>Equivalent Circulating Density (ECD) Prediction In Field "M" With Artificial Neural Network And Hole Cleaning Analysis</i>
2016	Sudjati Rachmat , Deha Nalar Patitis : <i>Prediksi Laju Alir Pasir Terpdoduksi Berdasarkan Parameter Operasional Sumur di Lapangan KDP Menggunakan Sistem Neuro-Fuzzy</i>
2016	Sudjati Rachmat , Ivan Rahmawan : <i>Studi Komparasi Model Mekanistik Sistem Sumur Advance Pada Pengembangan Reservoir Z3 Pada Lapangan X</i>
2016	Sudjati Rachmat , Berman Danyel Sinaga : <i>Metodologi Baru Dalam Optimasi Desain Keekonomian Pada Perekahan Hidrolik Sumur Minyak Dengan Rekahan Vertikal</i>

2016	Sudjati Rachmat , Berman Danyel Sinaga : <i>Metodologi Baru Dalam Optimasi Desain Keekonomian Pada Perekahan Hidrolik Sumur Minyak Dengan Rekahan Vertikal</i>
2016	Sudjati Rachmat , Mohammad Sudjatkiko : <i>Metode Peramalan Kinerja Sumur dan Penentuan Korelasi Productivity Index Ratio Sumur Stimulasi Mikroba Huff and Puff dengan Menggunakan Simulator Konvensional Komersil</i>
2016	Sudjati Rachmat , Tio Rizky Arga Sasmita : <i>Seleksi Dan Rangkang Faktor Yang Mempengaruhi ROP Pada Operasi Pemboran Berarah Sumur Eksplorasi Menggunakan Metode Artificial Neural Network</i>
2016	Sudjati Rachmat , Sayyidul Umamus Sholihin : <i>Desain Optimasi Hydraulic Fracturing Pada Reservoir Coal Bed Methane</i>

VI. ORGANISASI PROFESI

1.	Member of Indonesian Petroleum Engineers Association (IATMI).
2.	Member of Editors of Journal of Petroleum and Gas Technology (JTMGB).
3.	Member of Society of Petroleum Engineers (SPE/AIME-USA).
4.	Member of Indonesian Mining Association (IMA).
5.	Member of Indonesian Artificial Intelligence Association (HAIAI)
6.	Member of Fine Particles Society (FPS-USA)
7.	Member of Indonesian Geothermal Association (INAGA)
8.	Member of International Geothermal Association (IGA)
9.	Member of Indonesian Engineer Association (PII)

VII. PENGHARGAAN

No	Tahun	Nama Tanda Penghargaan	Lembaga Yang Memberikan
1.	1996	Piagam Tanda Kehormatan Presiden Republik Indonesia, "Satyalancana Karya Satya 10 Tahun"	Presiden RI
2.	2005	Piagam Tanda Kehormatan Presiden Republik Indonesia, "Satyalancana Karya Satya 20 Tahun"	Presiden RI
3.	2005	Piagam Penghargaan serta Lencana Pengabdian 25 Tahun	Rektor ITB
4	2012	Piagam Tanda Kehormatan Presiden Republik Indonesia, "Satyalancana Karya Satya 30 Tahun"	Presiden RI

