

Nomor ISBN 978-602-8206-67-9

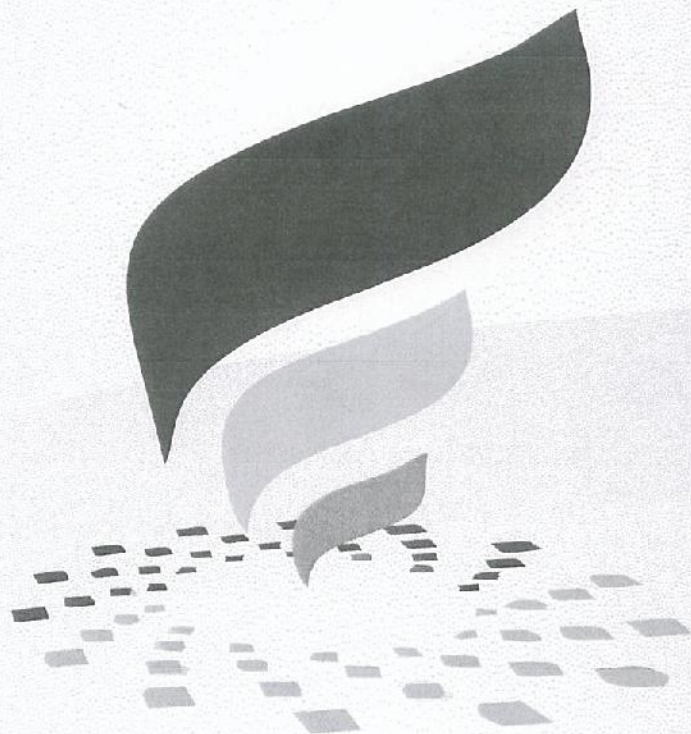


**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
KEBUMIHAN X TAHUN 2015**



**Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta**

Dalam Rangka
Dies Natalis UPN "Veteran" Yogyakarta ke-57



**Peran IPTEK Kebumihan Untuk
Mendukung Kemandirian dan
Ketahanan Energi Nasional**

Penyunting:

Bambang Triwibowo
Hasywir Thaib Siri
Indah Widiyaningsih
Wiji Raharjo

Yogyakarta, 18-19 November 2015

Seminar Nasional Kebumian X - 2015

"Peran IPTEK Kebumian Untuk Mendukung Kemandirian dan Ketahanan Energi Nasional"

Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta
Gedung Arie F. Lasut, Telp. (0274) 487813, 487814, Fax. (0274) 487813
Email : semnas_ftm@upnyk.ac.id

**Sanksi Pelanggaran Pasal 72
Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta**

1. Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 9 Ayat (1) dan Ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagai 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).

PENYUNTING

REVIEWER

Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, Msc.
Dr. Ir. Dedy Kristanto, MT.
Dr. Ir. Barlian Dwi Nagara, MT.
Dr. Ir. Suharsono, M.Si
Dr. Ir. Andi Sungkowo, M.Si.

Editor

Ir. Bambang Triwibowo, MT.
Ir. Hasywir Thaib Siri, M.Sc.
Indah Widiyaningsih, ST., MT.
Wiji Raharjo, S.Si, M.Sc.

Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta
Gedung Arie F. Lasut, Telp. (0274) 487813, 487814, Fax. (0274) 487813
Email : semmas_ftm@upnyk.ac.id

KATA PENGANTAR

*Assalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh
Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua*

Pertama tama kita panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas karunia, rahmat dan hidayah-Nya, kita dapat menghadiri Seminar Nasional Kebumian-X 2015 dalam kondisi sehat. Selamat datang dan terimakasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada hadirin yang telah meluangkan waktu untuk mengikuti dan atau menyajikan makalah pada seminar ini.

Pelaksanaan Seminar Nasional Kebumian-X, Fakultas Teknologi Mineral tahun 2015 ini bertema **Peran IPTEK Kebumian Untuk Mendukung Kemandirian dan Ketahanan Energi Nasional**, yang diselenggarakan dalam rangka Dies Natalis ke-57 UPN "Veteran" Yogyakarta.

Para hadirin yang berbahagia,

Kami informasikan bahwa, pada seminar ini dipresentasikan sebanyak 36 makalah terpilih dari 67 makalah yang masuk dan diprosidingkan dengan Nomor ISBN 978-602-8206-67-9, sedangkan makalah poster sebanyak 8 dilombakan dan akan dipilih tiga pemenang. Makalah-makalah dalam seminar ini dibagi dalam 4 kelompok, yaitu Energi, Geologi-Eksplorasi, Penambangan dan Lingkungan.

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya pada pembicara kunci dan para pembicara utama serta para sponsor yang telah memberikan dukungan terhadap kelancaran pelaksanaan seminar ini. Di samping itu terima kasih juga kami sampaikan kepada U P N "Veteran" Yogyakarta atas dukungan dana dan fasilitas yang telah diberikan. Selanjutnya kepada Ibu Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta atau yang mewakili mohon untuk berkenan membuka Seminar Nasional Kebumian-X tahun 2015 ini.

Semoga seminar nasional ini berjalan lancar dan kami atas nama panitia pelaksana mohon maaf jika selama persiapan sampai penyelenggaraan terdapat kekurangan dan hal yang tidak berkenan. Selamat melaksanakan seminar dan diskusi serta semoga seminar nasional ini bermanfaat bagi kita semua.

Wassalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 18 November 2015
Ketua Seminar Nasional Kebumian-X 2015

ttd

Dr. Edy Nursanto, ST, MT

SAMBUTAN

**Dekan Fakultas Teknologi Mineral
SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN X - 2015
Yogyakarta, 18-19 November 2015**

*Assalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh
Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua*

Seminar Nasional Kebumihan ke-X tahun 2015 ini diselenggarakan oleh Fakultas Teknologi Mineral dengan tema "Peran IPTEK Kebumihan Untuk Mendukung Kemandirian dan Ketahanan Energi Nasional" dan dilaksanakan pada tanggal 18-19 November 2015, selain sebagai acara tahunan seminar ini diselenggarakan sekaligus juga dalam rangka Dies Natalis ke-57 UPN "Veteran" Yogyakarta.

Pemilihan tema berkaitan dengan upaya peran serta UPN "Veteran" Yogyakarta untuk menjaga komitmen sebagai institusi pendidikan tinggi yang sudah banyak menghasilkan pakar dalam bidang kebumihan dan pelestarian lingkungan dengan komitmen dasar Disiplin, Kejuangan, dan Kreatifitas untuk mendukung kemandirian dan ketahanan energi nasional dengan landasan sesanti Widya Mwat Yasa.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta, Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc.
2. Pembicara Kunci dari Dewan Energi Nasional
3. Pembicara Utama dari DirJen Mineral dan Batuan, Direktur Utama PT Bukit Asam, Direktur Konservasi Energi dan Direktur Panas Bumi
4. Para pemakalah dari berbagai universitas dan instansi
5. Para peserta seminar dari Instansi, Lembaga dan Perguruan Tinggi

Selain itu kami juga berterimakasih dan menyampaikan penghargaan yang tinggi kepada para sponsor, seluruh panitia, semua pendukung acara dan segenap panitia mahasiswa yang telah bekerja keras demi suksesnya acara ini.

Wassalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 18 November 2015
Dekan Fakultas Teknologi Mineral

ttd

Dr. Ir. Dyah Rini R., MT.



**REKTOR
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA**

**SAMBUTAN
SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN X - 2015
Yogyakarta, 18 dan 19 November 2015**

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yang saya hormati:

- Para pembicara kunci dan pembicara utama (Dewan Energi Nasional, Dirjen Minerba, Dirut PT. BA, Direktur Panas Bumi, Direktur Konservasi Energi)
- Para pemakalah
- Para peserta seminar
- Bapak/Ibu, Hadirin sekalian

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang maha kuasa, karena hanya berkat ridho-Nya pada pagi ini kita semua masih diberikan kesempatan untuk berkumpul di ruang ini dalam keadaan sehat wal afiat, guna berperan serta dalam SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN X tahun 2015 Sumberdaya bumi dan alam, termasuk di dalamnya sumberdaya mineral dan energi yang kita miliki adalah karunia luar biasa dari Allah, yang disediakan bagi kita penghuni bumi untuk dapat dimanfaatkan dan dikelola sebaik-baiknya. Dalam kelangsungan hidupnya, manusia akan selalu memenuhi kebutuhan hidupnya dan meningkatkan kesejahteraan dengan melakukan pembangunan, dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang ada di bumi ini. Dalam rangka mendukung pemenuhan energi masa depan diperlukan tindakan kemandirian dan ketahanan energi nasional Indonesia.

UPN "Veteran" Yogyakarta sebagai institusi pendidikan tinggi yang sudah banyak menghasilkan pakar dan lulusan bidang kebumihan (pertambangan, perminyakan, geologi dan geofisika, serta pengelolaan lingkungan), sudah sewajarnya dengan komitmen dasar Disiplin,Kejuangan, dan Kreatifitas tetap mengendalikan dan menjaga eksistensi keseimbangan bumi dan pengelolaannya dengan landasan sesanti Widya Mwat Yasa (ilmu pengetahuan untuk diabdikan secara tulus kepada bangsa dan negara). Kami berharap, pada perkembangan ilmu dan teknologi akan memberikan peran dan sumbangsih kepada negara baik dalam teknologi eksplorasi, eksploitasi dan pengelolaan serta kebijakan pengelolaan dan pemanfaatannya, karena sektor energi adalah sumber pendapatan negara terbesar kedua sesudah pajak.

Peran besar ini harus kita hayati dan dukung bersama pelaksanaannya, agar tercapailah peningkatan kesejahteraan masyarakat serta pengelolaan energi yang lebih berdaulat.

Seminar Nasional Kebumian X dengan tema “**Peran IPTEK Kebumian Untuk Mendukung Kemandirian dan Ketahanan Energi Nasional**”, yang sekaligus diselenggarakan dalam rangka Dies Natalis ke 57 Tahun 2015 UPN “Veteran” Yogyakarta ini diharapkan menjadi ajang saling bertukar ilmu, bertukar pengalaman bagi para peneliti, para pemangku kepentingan dan para stakeholder tentang tantangan, teknologi, sistem, dan solusi, dalam upaya kita bersama ikut serta dalam pengelolaan energi dan sumberdaya mineral Indonesia yang lebih berdaulat. Pada kesempatan ini, kami sampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada Pembicara Kunci yang telah berkenan hadir pada seminar ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada para pemalakah dari berbagai instansi, lembaga, perguruan tinggi dan seluruh peserta seminar, yang telah menyempatkan diri untuk hadir ditengah kesibukan bapak dan ibu sekalian dalam seminar ini.

Wassalamu'alikum warahmatullahi wabarakatuh

Terimakasih,

Rektor

ttd

Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti, MSc.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL.....	iv
SAMBUTAN REKTOR UPN "VETERAN" YOGYAKARTA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
KELOMPOK ENERGI.....	1
1 PROBLEMA PENGEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN UNTUK MENDUKUNG PROGRAM ENERGI LISTRIK 35.000 MW KUSNARYO	2
2 KAJIAN INITIAL OIL IN PLACE RESERVOIR X BERDASARKAN DATA RESERVOIR DAN DATA PRODUKSI Dyah Rini RATNANINGSIH, Dedy KRISTANTO, Sindu Fitra Kumara AJI	9
3 PENGEMBANGAN STRUKTUR BIMA DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKSI WIBOWO, Edgie Yuda KAESTI	20
4 OPTIMASI PRODUKSI <i>BROWNFIELD</i> LAPANGAN "O" Mia Ferian HELMY	31
5 PENINGKATAN KAPASITAS BLOCK STATION DI STRUKTUR GIRI Edgie Yuda KAESTI, HARYADI	37
6 PENGGUNAAN TEKNOLOGI <i>MICROWAVE</i> UNTUK <i>COAL UPGRADING</i> Rengga Ade SAPUTRA	45
7 GASIFIKASI AWAL PADA BATUBARA PERINGKAT RENDAH TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN MENGGUNAKAN REAKTOR UNGGUN TERFLUIDISASI Edy NURSANTO, Tutik MUJI S., I Gusti S.BUDIAMAN, Gogot HARYONO, Bambang SUGIARTO, Purwo SUBAGYO	50
8 PENGGUNAAN INFORMASI TEKNOLOGI SEBAGAI KUNCI KEBERHASILAN KEGIATAN AWAL EKSPLORASI ENERGI PANASBUMI Herry RISWANDI	55
9 PENGARUH PENGGUNAAN KATALIS NIKEL TERHADAP PRODUK GASIFIKASI BATUBARA PERINGKAT RENDAH Agus TRIANTORO	63
10 PERCAMPURAN BATUBARA UNTUK MENDAPATKAN BATUBARA PENGOKAS KUALITAS BAIK MELALUI ANALISIS FSI DAN PETROGRAFI Yudho Dwi GALIH , Diana Irmawati PRADANI , Ratih Hardini Kusima PUTRI , Heru DWIRIAWAN	71

11	OPTIMASI TEKANAN KEPALA SUMUR PADA LAPANGAN PANASBUMI X <i>CLUSTER Y</i> Eko Widi PRAMUDIOHADI, Kharisma MUSLIMIN	78
12	OPTIMASI INJEKSI SURFAKTAN PADA LAPANGAN BATU PASIR DENGAN MINYAK RINGAN Indah WIDIYANINGSIH, Boni SWADESI	95
13	COMBINING HOT WATER INJECTION-SOLVENT AND ELECTROMAGNETIC HEATING FOR INCREASING RECOVERY FACTOR IN HEAVY OIL RESERVOIR SURANTO	103
14	STUDI PENGURASAN MINYAK TAHAP LANJUT MENGGUNAKAN STIMULASI VIBRASI Harry BUDIHARJO S.	112
15	EXPERIMENTAL STUDI : CHEMICAL SYNERGISM IN CONCOCTING SURFACTANT FORMULATION FOR LOW SALINITY RESERVOIR Ratna WIDYANINGSIH, Ivan EFRIZA	121
KELOMPOK GEOLOGI - EKSPLORASI		127
1	ANALISIS MINERAL LEMPUNG PADA BATUAN ALTERASI SUMUR KMJ-26 LAPANGAN PANAS BUMI KAMOJANG JAWA BARAT D.F.YUDIANTORO, Emmy SUPARKA, Isao TAKASIMA, Daizo ISHIYAMA, M. Yustin KAMAH dan Intan P. HATY	128
2	PERBANDINGAN AKURASI METODE <i>IDW</i> DAN <i>ORDINARY KRIGING</i> TERHADAP SUMBERDAYA NIKEL LATERIT - 2D GUSKARNALI, Yohanes T. SAGISOLLO, Romzi Rio WIBAWA	135
3	ANALISIS PENAKSIRAN SUMBERDAYA NIKEL LATERIT-3D MENGGUNAKAN METODE <i>BLOCK KRIGING</i> GUSKARNALI, Waterman S. BARGAWA	142
4	PERATURAN DAERAH UNTUK BIMBINGAN TEKNIS EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI MINERAL DAN PENDAPATAN DI DAERAH, STUDI KASUS DI DAERAH PENAMBANGAN EMAS PINANGKABAN, GUMELAR, KABUPATEN BANYUMAS, JAWA TENGAH Heru Sigit PURWANTO, Herry RISWANDI	150
5	PEMODELAN TINGKAT AKTIVITAS SESAR BERDASARKAN ANALISIS DEFORMASI MENGGUNAKAN PENGAMATAN GPS Joko HARTADI, Sugeng RAHARJO, Oktavia Dewi ALFIANI	158
6	PENENTUAN SESAR AKTIF BERDASARKAN DATA GEODETIK DAN INTERPRETASI GEOLOGI SEKITAR SUNGAI CIMANDIRI JAWA BARAT Sugeng RAHARJO, Joko HARTADI, Oktavia Dewi ALFIANI	165
7	ANALISA CITRA SATELIT PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN GEOLOGI SUATU WILAYAH Hendra BAHAR	172
8	PENDEKATAN METODE GIS TERHADAP OPTIMASI SUMBERDAYA SISA BATUBARA DAN PEMANFAATAN LAHAN BEKAS TAMBANG Mohamad ANIS, Arifudin IDRUS, Hendra AMIJAYA	177

9	SIKUEN STRATIGRAFI LAPANGAN "Y" SUB CEKUNGAN JATIBARANG CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA BERDASARKAN DATA LOG SUMUR "P-01" Pontjomojono KUNDANURDORO, Nur Arief NUGROHO	186
10	KARAKTERISTIK MINERALISASI VEIN PERMUKAAN PADA SISTEM EPITERMAL SULFIDASI RENDAH DAERAH TATAPAN, KABUPATEN MINAHASA SELATAN, SULAWESI UTARA Hari Wiki UTAMA, SUPRAPTO, SUTANTO	200
11	CHARACTERISTIC OF THE FLUID INCLUSION IN QUARTZ VEINS AT TEH RANDU KUNING PORPHYRY Cu-Au DEPOSIT, SELOGIRI, CENTRAL JAVA SUTARTO, Arifudin IDRUS, Agung HARJOKO, Lucas Donny SETIJADJI, Michael MEYER, Rama DAN	208
12	ANALISA POTENSI <i>SPILL OUT</i> MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS PADA AREA <i>PANEL 3 NORTH</i> TAMBANG BAWAH TANAH KABUPATEN MIMIKA PROVINSI PAPUA Wahyu HIDAYAT, Wisnu HARYANTO	221
13	KLANG GATES QUARTZ DYKE (MALAYSIA) AS A POTENTIAL WORLD HERITAGE SITE Achmad RODHI, Mohd Shafeea LEMAN, Lim Choun SIAN	229
14	ANALISA KEGAGALAN PENANGGULANGAN KICK DAN TERJADINYA UNDERGROUND BLOWOUT PADA SUMUR EXPLORASI X HERIANTO	235
15	ANALISA SWELLING CLAY FORMASI TELISA UNTUK PERENCANAAN LUMPUR PEMBORAN HERIANTO, Djoko ASKEYANTO	244
16	ANALISA MULTIATRIBUT SEISMIK DAN GEOSTATISTIK VARIOGRAM UNTUK DISITRIBUSI POROSITAS RESERVOIR BATUPASIR LAPISAN "X" LAPANGAN "BERU" FORMASI BEKASAP CEKUNGAN SUMATERA TENGAH Ardian NOVIANTO, Nur Arief NUGROHO	254
17	PENGARUH KARAKTERISTIK KIMIA AIR PADA FORMASI BALIKPAPAN DAN KAMPUNGBARU PADA TAMBANG BATUBARA, DAERAH KUTAILAMA KEC. ANGGANA, KAB. KUTAI KARTANEGARA Ibnu HASYIM, Heru HENDRAYANA, Arifudin IDRUS	266
KELOMPOK PENAMBANGAN		285
1	EVALUASI PRODUKSI ROTARY DRILL CP-650 PADA JENJANG 6m DAN 12m UNTUK MENGHASILKAN LUBANG TEMBAK DENGAN METODA STANDAR DEVIASI Tri Gamela SALDY, Yohanes JONE, Muhammad Taufik AKBAR, Gunawan DJAFAR	286
2	OPTIMALISASI KERJA ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI NIKEL Yohanes JONE, Muhammad Taufik AKBAR, Jose Ines D. PINTO, Gunawan DJAFAR	294

3	PENENTUAN PANJANG <i>BOLT</i> UNTUK SISTEM PENYANGGAAN TAMBANG BAWAH TANAH PADA LUBANG BUKAAN CIKONENG DECLINE TAMBANG BIJIH EMASPT. CIBALIUNG SUMBERDAYA BANTEN Adriel ADHAREZA, Barlian Dwi NAGARA, Singgih SAPTONO	302
4	ANALISIS RANCANGAN TEKNIS PENAMBANGAN BATUBARA DI PIT 3 PT XYZ KAB. KAPUAS PROVINSI KALIMANTAN TENGAH Indra SULISTYANTO, FERDINANDUS	310
5	EVALUASI PELEDAKAN BERDASARKAN <i>DIGIBILITY</i> DAN <i>PRODUKTIVITY</i> ALAT GALI MUAT PC-2000 PADA PIT NORTH PT. SAPTAINDRA SEJATI <i>JOBSITE</i> ADMO TUTUPAN, KALIMANTAN SELATAN FERDINANDUS, Indra SULISTYANTO	320
6	PERAN SEKTOR INDUSTRI DALAM PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN Sri Rahayu BUDIANI	328
7	ANALISIS PENYANGGA (WELD MESH) PADA LUBANG BUKAAN TAMBANG BAWAH TANAH PT. X, DI PROVINSI PAPUA Cakra ANUGRAH, Eri PRABOWO	334
8	ANALISIS TEBAL SILL PILLAR PADA TAMBANG EMAS BAWAH TANAH PADA PT.XYZ DI PROVINSI LAMPUNG Eri PRABOWO, Cakra ANUGRAH	346
9	KAJIAN SISTEM PENYANGGAAN PADA PENAMBANGAN EMAS RAKYAT DI DESA CIHONJE Reny KURNIAWATI	358
10	SEKTOR PERTAMBANGAN DAN PENGGALIAN SEBAGAI PENDORONG PERTUMBUHAN EKONOMI KABUPATEN KULONPROGO, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA Aldin ARDIAN, HARTONO, Yasser TAUFIQ, Arno EDWIN	370
11	HARMONISASI IMPLEMENTASI UU NO. 23/2014 DENGAN UU NO. 4/2009 TERKAIT PENGELOLAAN USAHA PERTAMBANGAN MINERAL DAN BATUBARA Anton SUDIYANTO, Untung SUKAMTO, Dyah PROBOWATI	376
12	KAJIAN KARAKTERISTIK MINERAL ALOFAN PADA MATERIAL KOLUVIAL DI DIENG JAWA TENGAH Sahat HUTAHAEAN, Indun TITISARIWATI	384
13	APLIKASI STRUKTUR GEOLOGI UNTUK OPTIMALISASI <i>BLASTED MATERIALS</i> KUARI BATUGAMPING KABUPATEN TUBAN, PROVINSI JAWA TIMUR Avellyn Shinthya SARI, Fachrur Reza ASSEGAFF, DP. Waloeyo ADJIE, Debi Yulian ADINATA	390
14	KAJIAN DESIGN TAMBANG UNTUK PELAKSANAAN PERUBAHAN DOKUMEN ANDAL PT.BINA INSAN SUKSES MANDIRI DI WILAYAH KECAMATAN MOOK MANAAR BULATN KABUPATEN KUTAI BARAT - KALIMANTAN TIMUR Ervina FITRIYANI, Ika WIRANI	406

15	HUBUNGAN PERUBAHAN <i>KOHESI, UNIT WEIGHT, DRY DENSITY</i> DAN <i>SATURATED DENSITY</i> TERHADAP FAKTOR KEAMANAN PADA BATUAN <i>SANDSTONE</i> DI AREA PERTAMBANGAN BATUBARA DAERAH BENGALON, KALIMANTAN TIMUR Muh. Arif IDHAM	417
KELOMPOK LINGKUNGAN		426
1	DETAIL <i>ENGINEERING DESIGN</i> REKLAMASI LAHAN PASCATAMBANG DI DAERAH KABUPATEN BANYUMAS Waterman S. BARGAWA	427
2	KAJIAN REKLAMASI DAN EVALUASI LAHAN PADA LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA DI PT.X DI KALIMANTAN TIMUR Dedy MARGIANMOKO, Yos David INSO	436
3	KETERSEDIAAN SUMBER DAYA AIR TANAH DI KOTA SURAKARTA Puji PRATIKNYO	445
4	KAJIAN PENGARUH PROSES REKLAMASI TERHADAP MATERIAL DISPOSAL BERDASARKAN PARAMETER UJI SIFAT FISIK, UJI SIFAT MEKANIK DAN UJI KOMPAKSI PADA TAMBANG MUARA TIGA BESAR SELATAN DI PT. BUKIT ASAM (PERSERO), Tbk Yohanes T. SAGISOLLO, GUSKARNALI	451
5	PENILAIAN TINGKAT KEBERHASILAN REKLAMASI LAHAN BEKAS TAMBANG PIT 1 PT. PIPIT MUTIARA JAYA DI KABUPATEN TANA TIDUNG KALIMANTAN UTARA A.A Inung Arie ADNYANO, Hepryandi Luwyk Djanas USUP	459
6	RENCANA REKLAMASI TAMBANG BATUBARA DI PT. RIMAU ENERGY MINING Anton Yudi Umsini PUTRA, Barlian DWINAGARA, Muhamad Rizkiansyah ZULFAHRI, Prasodo Datu PRABANDARU	464
7	PENENTUAN STATUS MUTU AIR PERMUKAAN PADA LAHAN PASCA TAMBANG EMAS RAKYAT DI WILAYAH HAMPALIT KABUPATEN KATINGAN PROVINSI KALIMANTAN TENGAH Hepryandi Luwyk Djanas USUP, A.A Inung Arie ADNYANO	477
8	ANALISIS KESESUAIAN LAHAN PERTAMBANGAN PADA IZIN USAHA PERTAMBANGAN (IUP) KABUPATEN KATINGAN PROVINSI KALIMANTAN TENGAH Yos David INSO, Dedy MARGIANMOKO, Andre Geovanny KALENSUN	484
9	IDENTIFIKASI KUALITAS UDARA AMBIENT DAN AIR PERMUKAAN KEGIATAN PENAMBANGAN BATUBARA PT. ABC KABUPATEN BULUNGAN KALIMANTAN UTARA Muhammad BUSYAIRI	498
10	PENGARUH SISTEM PENIRISAN PASIR (DRAIN HOLE) TERHADAP FLUKTUASI MUKA AIR TANAH, TAMBANG TERBUKA GRASBERG Tedy Agung CAHYADI, Lilik Eko WIDODO, Sudarto NOTOSISWOYO, Ivan WAROMI	498

11	ANALISA POTENSI TANAH LONGSOR BERDASARKAN STUDI AIRTANAH DAN BIDANG GELINCIR MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DAN SEISMİK REFRAKSI Wrego S. GIAMBORO, SUHARSONO, Ajimas P. ETIAHADIWIBOWO	505
12	PENGAJIAN RISIKO BENCANA PARTISIPATIF UNTUK TATA KELOLA KAWASAN RAWAN BENCANA Eko Teguh PARIPURNO, Bambang SASONGKO, Sari Bahagiarti KUSUMAYUDHA, Djoko MULYANTO, Puji LESTARI, Arif Rianto Budi NUGROHO, Aditya Pandhu WICAKSONO	513
13	PENENTUAN JARAK MAKSIMUM PEMASANGAN <i>BORE HOLE PUMP</i> PADA TAMBANG BAWAH TANAH TOGURACI PT. NUSA HALMAHERA MINERALS, PROVINSI MALUKU UTARA Krisna MULYANA, Hasywir Thaib SIRI, INMARLINIANTO	519
14	PERCOBAAN AWAL DOSIS PENGAPURAN PADA AIR ASAM TAMBANG DI KOLAM PENGENDAPAN LUMPUR PT. TRUBAINDO COAL MINING, KALIMANTAN TIMUR Edy NURSANTO, Basuki RAHMAD, Edyanto	528
15	PERTAMBANGAN DAN LINGKUNGAN Inmarlinianto, Hartono	533
16	KONDISI SOSIAL EKONOMI MASYARAKAT SEKITAR LAHAN PASCA TAMBANG BATUBARA DI KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA KALIMANTAN TIMUR STUDI KASUS DI KECAMATAN TENGGARONG SUJIMAN	542
	UCAPAN TERIMAKASIH	558

OPTIMASI INJEKSI SURFAKTAN PADA LAPANGAN BATU PASIR DENGAN MINYAK RINGAN

Indah WIDIYANINGSIH, Boni SWADESI

Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta
Jl. SWK 104 Condongcatur Yogyakarta 55285
e-mail : berna_indah@yahoo.com

Abstrak

Lapangan "X" merupakan reservoir batupasir dengan minyak ringan 42,2 °API dan viskositas 0,34 cp yang diproduksi sejak tahun 1937. Injeksi air untuk menjaga tekanan reservoir telah dilakukan sejak tahun 1995. Tahap optimasi selanjutnya yang akan diterapkan pada Lapangan ini adalah teknik Enhanced Oil Recovery (EOR) yaitu dengan injeksi surfaktan guna memperbaiki efisiensi pendesakan pada reservoir. Optimasi injeksi surfaktan pada Lapangan yang diteliti menggunakan metode pemodelan simulasi reservoir. Dengan pemodelan simulasi reservoir dapat dilihat recovery yang optimum dari berbagai konsentrasi surfaktan, laju injeksi dan laju produksi. Dapat juga dilihat pengaruh penambahan sumur injeksi, dan pengaruh adanya adsorpsi pada reservoir batupasir terhadap recovery. Berdasarkan pemodelan simulasi reservoir pada reservoir batupasir dengan minyak ringan didapatkan recovery factor yang optimum yaitu 48,94% adalah pada konsentrasi surfaktan 2%, laju injeksi rendah per sumur 150 BWPD dan laju produksi tertinggi tiap sumur. Pengaruh penambahan jumlah sumur injeksi tanpa menambah jumlah sumur produksi akan menurunkan recovery. Terjadinya adsorpsi pada reservoir akan menyebabkan penurunan recovery sebesar 0,94% pada konsentrasi CMCnya.

Kata Kunci: Minyak Ringan, Batupasir, Injeksi Surfaktan.

PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil studi simulasi reservoir sebelumnya didapatkan total Recovery Factor (RF) sampai dengan 2012 sebesar 39,17%. RF pada tahap secondary recovery tersebut sudah cukup optimum, dengan asumsi air mendesak minyak dengan baik. Namun, bagaimanapun masih terdapat minyak yang tertahan atau menempel pada dinding batuan. Maka diperlukan metode lain sebagai tahap peningkatan produksi selanjutnya. Injeksi surfaktan merupakan salah satu jenis EOR yang sesuai untuk memperbaiki efisiensi pendesakan pada reservoir. Surfaktan merupakan zat aktif yang dapat menurunkan tegangan antar muka air-minyak sehingga tekanan kapiler pada daerah penyempitan pori-pori akan turun yang menyebabkan minyak sisa dapat didesak dan diproduksi. Injeksi surfaktan dilakukan untuk mengoptimalkan injeksi air yang telah dilakukan sebelumnya. Dari injeksi surfaktan yang dilakukan ini diharapkan dapat mendesak minyak dan mendapatkan recovery hingga mencapai 50-80%.

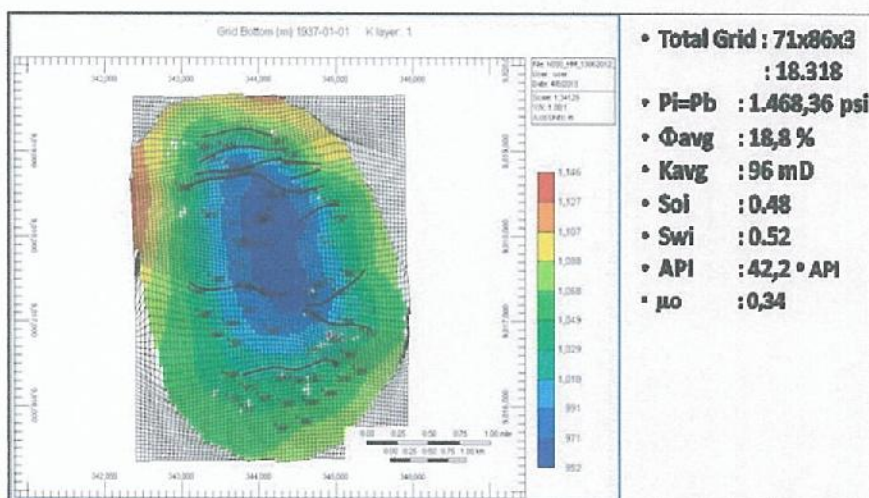
Pada proses injeksi surfaktan ke dalam reservoir terjadi proses perubahan wettabilitas batuan. Melalui parameter Capillary number (N_c), dengan menurunnya tegangan antar muka/interfacial tension (IFT) antara minyak dan air akan meningkatkan nilai N_c . Konsentrasi surfaktan yang tinggi akan menghasilkan ultra low IFT, sehingga dapat menurunkan saturasi minyak sisa dan kurva permeabilitas relatif akan semakin linear. Hal berikutnya yang menjadi pertimbangan pada injeksi surfaktan pada lapangan batupasir adalah tingkat adsorpsi surfaktan pada batuan. Semakin besar tingkat adsorpsi akan menurunkan kinerja dari surfaktan dan akan menurunkan permeabilitas batuan karena terjadinya endapan.



Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi surfaktan, laju injeksi dan laju produksi yang dapat meningkatkan *recovery* untuk mendapatkan skenario yang optimum.

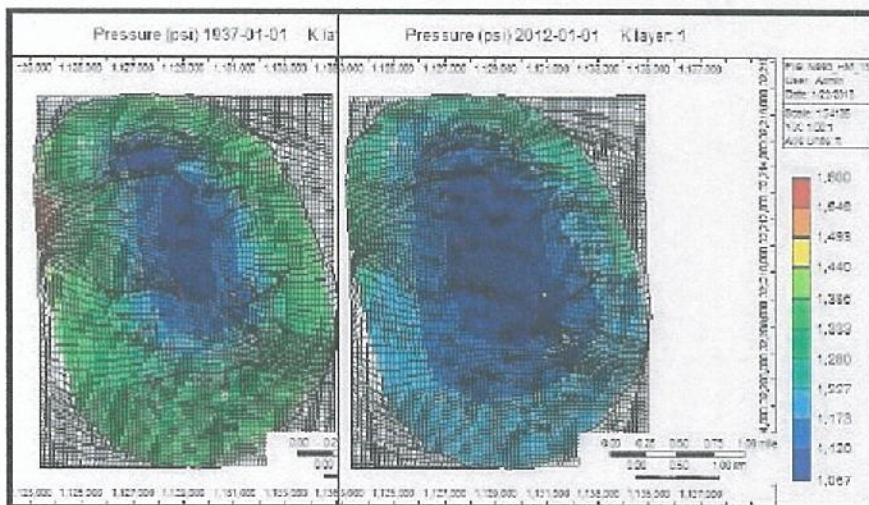
Pemodelan Simulasi Injeksi Surfaktan

Adapun studi simulasi injeksi surfaktan ini menggunakan simulator *CMG STARS 2009* dan *CMG CMOST 2009*. Pemodelan simulasi reservoir yang dilakukan sebelumnya menggunakan sistem *Black Oil* dengan tipe grid *cartesian corner point* sesuai dengan karakteristik lapangan yang diteliti. Jumlah total sel aktif adalah sebanyak 18.318 sel yang terdiri dari 71 sel arah X dengan panjang tiap sel 50 m, 86 sel arah Y dengan panjang tiap sel 40 m dan 3 lapisan arah Z.



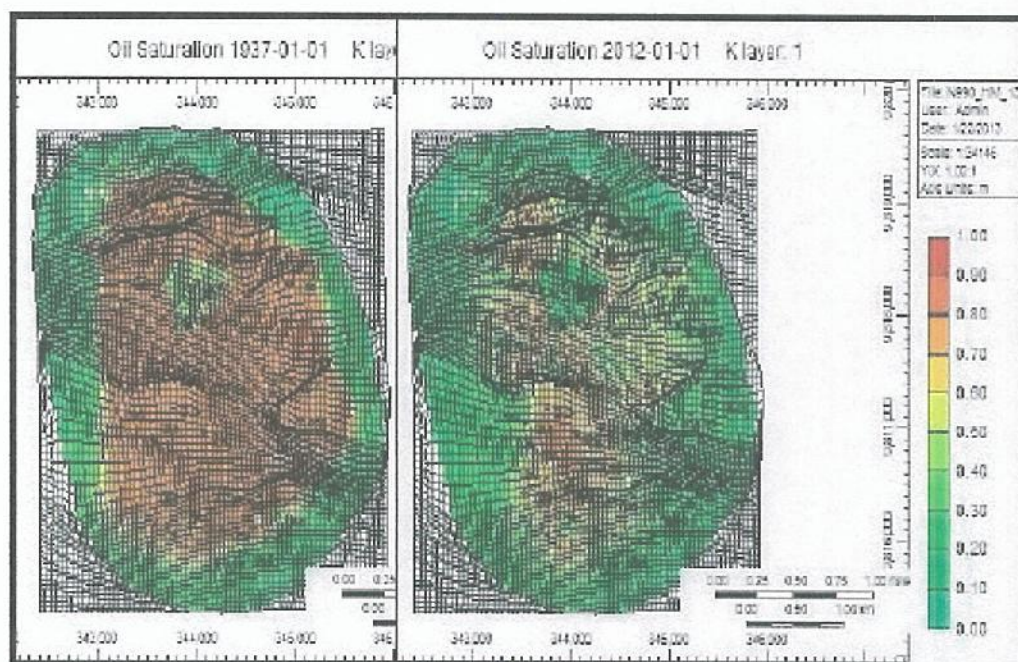
Gambar 1. Model Reservoir

Pada pemodelan ini dapat dilihat peta penyebaran tekanan reservoir dan saturasi minyak dari awal produksi sampai dengan saat ini (pada tahun 2013). Tekanan reservoir awal rata-rata sebesar 1.468,36 psi. Seiring dengan diproduksikannya fluida reservoir tekanan turun menjadi 1.180,6 psi. Pada saturasi minyak awal rata-rata menurun dari 0,48 menjadi 0,28.



Gambar 2. Peta Penyebaran Tekanan Reservoir Awal dan Saat Ini





Gambar 3. Peta Penyebaran Saturasi Minyak Awal dan Saat Ini

Proses awal yang dilakukan pada pemodelan injeksi surfaktan menggunakan *CMG STARS* adalah dengan mengkonversi model *Black Oil (CMG IMEX)* pada *tools* konversi *CMG Launcher*. Data input karakteristik surfaktan berdasarkan hasil studi laboratorium yang lolos dari uji *phase behavior*, kestabilan termal dan uji *IFT*.

Tabel 1. Karakteristik Fluida Reservoar

Parameter	Air	Minyak	Gas	Surfaktan
Fasa	Aqueous	Oleic	Oleic	Aqueous
Densitas, kg/m ³	975,33	781,62	356,78	1.100
Mol Weight, g/gmole	62,97	166,82	26,3	272
Kompresibilitas Fluida, 1/kPa	4,89E-07	2,5E-06	2,5E-06	4,35E-07
Koef. Ekspansi Fluida, 1/C	5,62E-04	7,5E-04	7,5E-04	4,19E-04

Selanjutnya adalah dengan melakukan *Process Wizard* yaitu proses memodelkan perubahan wetabilitas yang terjadi berdasarkan interpolasi antara *IFT* dan *capillary number* yang mengarah ke perhitungan permeabilitas relatif dan tekanan kapiler pada *dimensionless time*.

Pada tahap ini dimasukkan data tegangan antar muka/*IFT* dari surfaktan yang akan kita sumulasikan. Dari tabel berikut dapat dilihat bahwa surfaktan mulai mencapai *IFT* terendah pada konsentrasi 2%. Sehingga sebagai base case pemodelan simulasi ini menggunakan konsentrasi 2%. Berikut tabel *IFT* dari surfaktan.

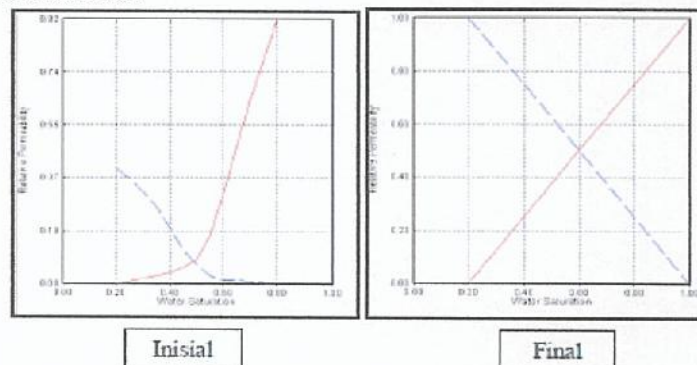


Tabel 2. Tabel IFT Setiap % Konsentrasi Surfaktan

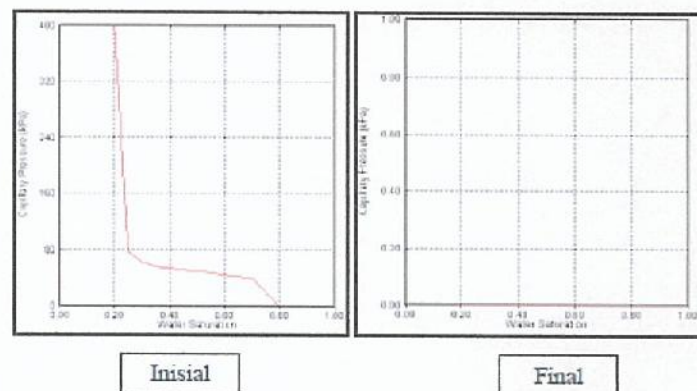
No.	Konsentrasi, %	IFT, dyne/cm
1.	0	10
2.	0,5	1,57
3.	1	0,345
4.	1,5	0,00507
5.	2	0,000508
6.	4	0,00101

Dari proses diatas menghasilkan dua set kurva permeabilitas relative dan tekanan kapiler yang merupakan parameter input; satu set sebagai kondisi awal tanpa injeksi surfaktan dan set lainnya merupakan kondisi saat konsentrasi maksimum dari surfaktan tercapai. Terdapat dua set korelasi yang mengarah pada interpolasi antara kurva permeabilitas relatif dan tekanan kapiler sebelum dan sesudah injeksi surfaktan. Set korelasi yang pertama adalah perubahan *IFT* berdasarkan minyak yang terlarut dalam air yang disebabkan oleh surfaktan pada setiap grid blok. Set korelasi yang kedua adalah *capillary number* yang diperlukan pada interpolasi *IFT* yang pertama. *Capillary number* disajikan dalam simulator sebagai $\text{Log}_{10}(N_c)$ dan disebut sebagai *trapping number* (*DTRAP*). Terdapat dua *trapping number* pada setiap set interpolasi yaitu satu sebagai fasa membasahi/*wetting phase* (*DTRAPw*) dan lainnya sebagai fasa tidak membasahi/*non-wetting phase* (*DTRAPn*).

Pada studi ini menggunakan masing-masing nilai *trapping number* sebagai berikut: *DTRAPw* dan *DTRAPn* inisial dan final dengan angka yang sama yaitu (-5) dan (-2). Grafik kurva permeabilitas relative dan tekanan kapiler *Rock Type 1* sebelum dan sesudah injeksi surfaktan dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 4. Kurva Permeabilitas Relatif



Gambar 5. Kurva Tekanan Kapiler

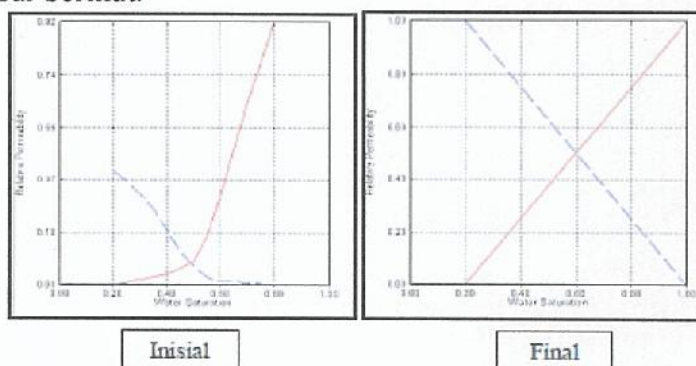


Tabel 2. Tabel IFT Setiap % Konsentrasi Surfaktan

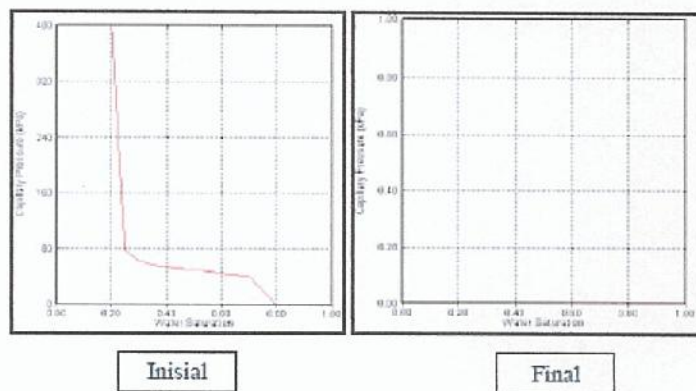
No.	Konsentrasi, %	IFT, dyne/cm
1.	0	10
2.	0,5	1,57
3.	1	0,345
4.	1,5	0,00507
5.	2	0,000508
6.	4	0,00101

Dari proses diatas menghasilkan dua set kurva permeabilitas relative dan tekanan kapiler yang merupakan parameter input; satu set sebagai kondisi awal tanpa injeksi surfaktan dan set lainnya merupakan kondisi saat konsentrasi maksimum dari surfaktan tercapai. Terdapat dua set korelasi yang mengarah pada interpolasi antara kurva permeabilitas relatif dan tekanan kapiler sebelum dan sesudah injeksi surfaktan. Set korelasi yang pertama adalah perubahan *IFT* berdasarkan minyak yang terlarut dalam air yang disebabkan oleh surfaktan pada setiap grid blok. Set korelasi yang kedua adalah *capillary number* yang diperlukan pada interpolasi *IFT* yang pertama. *Capillary number* disajikan dalam simulator sebagai $\text{Log}_{10}(N_c)$ dan disebut sebagai *trapping number (DTRAP)*. Terdapat dua *trapping number* pada setiap set interpolasi yaitu satu sebagai fasa membasahi/*wetting phase (DTRAPw)* dan lainnya sebagai fasa tidak membasahi/*non-wetting phase (DTRAPn)*.

Pada studi ini menggunakan masing-masing nilai *trapping number* sebagai berikut: *DTRAPw* dan *DTRAPn* inisial dan final dengan angka yang sama yaitu (-5) dan (-2). Grafik kurva permeabilitas relative dan tekanan kapiler *Rock Type 1* sebelum dan sesudah injeksi surfaktan dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 4. Kurva Permeabilitas Relatif



Gambar 5. Kurva Tekanan Kapiler



Pada tahap akhir *Process Wizard* ini terdapat tabel untuk memodelkan adsorpsi dari batuan. Untuk memodelkan fenomena ini, efek dari temperatur, densitas batuan, porositas dan komposisi fluida harus diketahui. Dan juga laju penambahan adsorpsi dengan komposisi fluida harus diketahui serta kapasitas adsorpsi maksimum. Semua parameter diatas diperlukan untuk korelasi *Langmuir isotherm*.

Pemodelan adsorpsi sangat penting dilakukan pada injeksi kimia terutama pada reservoir batu pasir. Pada pemodelan adsorpsi ini dapat disimulasikan rintangan pada media pori dan perubahan permeabilitas lokal dari batuan. Pada pemodelan ini menggunakan besarnya adsorpsi yang terjadi pada konsentrasi surfaktan 2% adalah sebesar 4 mg/g.

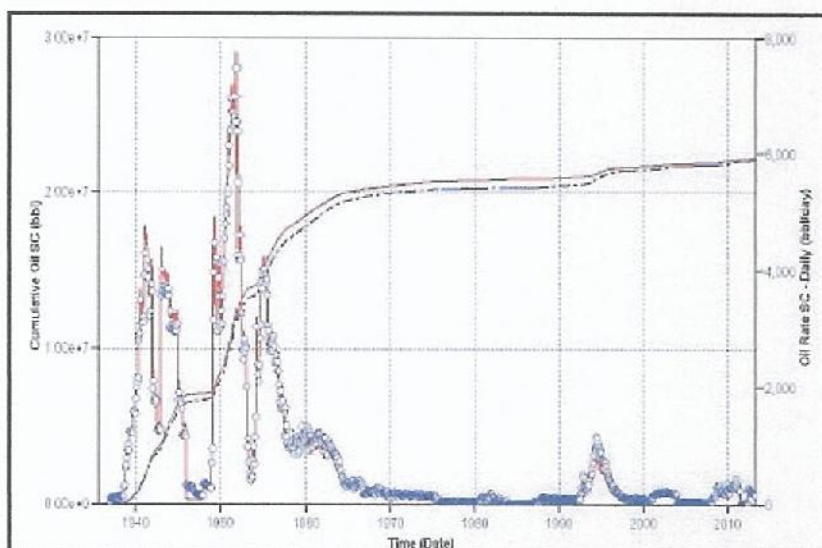
Inisialisasi dan History Matching

Tahap inisialisasi dilakukan untuk mengetahui nilai *Original Oil in Place* (OOIP) apakah sesuai dengan data geologi sebelumnya. Berikut adalah hasil dari inisialisasi yang dilakukan pada model injeksi surfaktan.

Tabel 3. Tabel Inisialisasi

OOIP, MMSTB	56.8
Np, MMSTB (Desember 2013)	22.25
RF, %	39.17

History Matching pada pemodelan simulasi telah dilakukan juga pada model sebelumnya. Pada pemodelan injeksi surfaktan ini dilakukan *matching* pada laju produksi minyak dan kumulatif produksi.



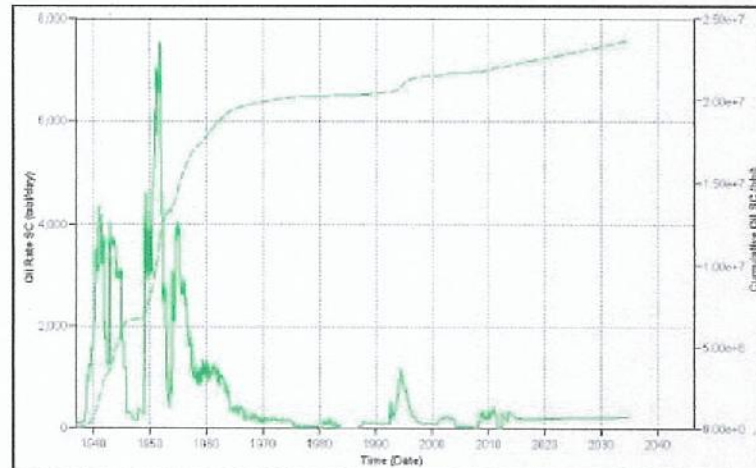
Gambar 6. *History Matching* Profil Produksi

Optimasi Injeksi Surfaktan

Tahap selanjutnya dalam pemodelan simulasi adalah memperkirakan kinerja produksi dengan berbagai skenario yang ada. Pada pemodelan ini dilakukan prediksi peramalan produksi sampai dengan tahun 2035. *Base case* dari pemodelan ini adalah tanpa adanya perubahan



skenario pada produksi *existing* dengan metode injeksi air sebanyak 4 sumur injeksi. Grafik perkiraan produksi *base case* sampai dengan tahun 2035 dapat dilihat pada Gambar 3.8. Sedangkan skenario optimasi injeksi surfaktan adalah dengan memanfaatkan 10 sumur yang telah lama tidak berproduksi dan *water cut* mencapai 99% untuk dijadikan sumur injeksi. Injeksi surfaktan dilakukan secara terus-menerus sampai dengan akhir prediksi.



Gambar 7. Profil Produksi *Base Case*

Optimasi produksi dilakukan dengan menggunakan Simulator *CMG CMOST 2009* untuk mempercepat proses *run* simulasi dan mendapatkan hasil yang paling optimum. Optimasi dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi surfaktan yaitu pada konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 4% dan rate injeksi dari sumur injeksi pada range 150 BWPD, 200 BWPD, 250 BWPD, 300 BWPD, 350 BWPD dan 400 BWPD. Run simulasi dari data input pada tahap awal dilakukan secara terpisah untuk melihat hasil masing-masing. Hasil yang diamati adalah kumulatif minyak dan laju produksi minyak. Selanjutnya simulasi dilakukan dengan *me-run* kedua parameter secara bersamaan sehingga terlihat hubungan dari kedua parameter tersebut. Pada tahap ini dilakukan pada konsentrasi 1,5% dan 2% dan pada range laju injeksi air 150 BWPD, 200 BWPD dan 250 BWPD.

Optimasi laju produksi dilakukan dengan cara *setting constraint*/batasan dari parameter sumuran pada *bottom hole pressure (BHP)*. Variasi *BHP* yang digunakan yaitu 200 psi, 300 psi, 400 psi dan 500 psi.

Analisa berikutnya akan dilakukan simulasi pada berbagai jumlah sumur injeksi yang berarti menggambarkan banyaknya total laju injeksi per hari yang dialirkan ke reservoir. Pada skenario ini digunakan konsentrasi surfaktan pada 2% dan laju injeksi pada 250 BWPD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi produksi pada pemodelan injeksi surfaktan perlu dilakukan untuk mendapatkan *recovery* yang optimum. Pada pemodelan ini dilakukan optimasi pada konsentrasi surfaktan, laju injeksi dan laju produksi. Selain optimasi yang dilakukan akan dilihat juga pengaruh penambahan jumlah sumur injeksi dan juga adsorpsi pada batuan mengingat lapangan yang diteliti adalah Lapangan batupasir dengan minyak ringan.



KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diperoleh pada pemodelan simulasi injeksi surfaktan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konsentrasi Surfaktan yang menghasilkan *recovery* yang optimum yaitu pada konsentrasi yang menghasilkan IFT terendah yaitu sebesar 2%.
2. Dengan karakteristik minyak ringan, laju injeksi yang memberikan *recovery* yang optimum adalah pada laju injeksi yang rendah yaitu 150 BWPD karena dapat meminimalkan *channeling* pada reservoir.
3. Meningkatkan laju produksi dari masing-masing sumur produksi pada saat dilakukan injeksi surfaktan akan meningkatkan *recovery* dengan kenaikan sebesar 6,08% dari *recovery* injeksi air yaitu sebesar 3,44 MMSTB.
4. Penambahan sumur injeksi tanpa penambahan sumur produksi akan menurunkan *recovery*.
5. Adsorpsi pada batuan yang terjadi sesuai dengan studi laboratorium (4 mg/g) akan menyebabkan penurunan *recovery* sebesar 0,94%.
6. Kenaikan *recovery* injeksi surfaktan pada skala laboratorium sebesar 9,25%, setelah dilakukan *matching DTRAP* pada simulasi reservoir menggunakan model Lapangan didapat *recovery* sebesar 6,08%. Dengan adanya selisih *recovery* dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyapuan belum sempurna.
7. Dengan total volume injeksi 11,5 MMSTB diperlukan surfaktan sebanyak 36,56 juta kilogram pada konsentrasi 2% yang dapat *recovery* minyak dengan total volume sebesar 3,44 MMSTB, sehingga dapat dinyatakan untuk mendapatkan 1 barel minyak diperlukan 10,62 kilogram surfaktan.

SARAN

1. Studi optimasi terhadap parameter-parameter yang memperbaiki efisiensi penyapuan perlu dilakukan pada lapangan ini.
2. *Up-Scale* dari hasil uji laboratorium dengan kondisi asli di Lapangan yang lebih mendalam perlu dilakukan untuk mengoptimalkan *recovery* dan perlu dipertimbangkan aspek keekonomian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibhatla, B., Sun, X and Mohanty, K. K. 2005. *Numerical Studies of Oil Production from Initially Oil-Wet Fracture Blocks by Surfactant Brine Imbibition*. Paper SPE 97687 presented at the SPE International Improved Oil Recovery Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 5-6 December.
- Adibhatla, B. and Mohanty, K. K. 2007. *Simulation of Surfactant-Aided Gravity Drainage in Fractured Carbonates*. Paper SPE 106161 presented at the SPE Reservoir Simulation Symposium, Houston, Texas, 26-28 February.
- Allen, T.O, and A.P. Roberts. 1993. *Production Operations 2: Well Completions, Workover, and Stimulation*. USA: Oil and Gas Consultants International (OGCI) Inc.
- Amaefule and Handy. 1982. *The Effect of Interfacial Tensions on Relative Oil/Water Permeabilities of Consolidated Porous Media*.
- Ayirala. 2002. *Surfactant-Induced Relative Permeability Modifications for Oil Recovery Enhancement*.
- Boneau, D. F., and Clampitt, R.L., 1977. *A Surfactant System for the Oil-Wet Sandstone of the North Burbank Unit*. Journal of Petroleum Technology, v. 29, p. 501-506.
- Chatzis, Morrow. 1994. *Vicelastoc Surfactant for EOR*. Society of Petroleum Engineers -56. <http://www.onepetro.org>. [15-11-2011].



- Computer Modelling Group Ltd. 2009. *Advanced Process and Thermal Reservoir Simulator*. CMG STARS User's Guide. 47
- Danesh A. 1998. *PVT and Phase Behaviour of Petroleum Reservoir Fluids (Developments in Petroleum Science)*. Department of Petroleum Engineering, Heriot Watt University, Edinburgh, Scotland.
- Emegwalu C C. 2009. *Enhanced Oil Recovery: Surfactant Flooding As A Possibility for The Norne E-Segment*.
- Gomma, E.E. 1997. *Enhanced Oil Recovery : Modern Management Approach*. IATMI-IWPL/MIGAS Conference.
- Gurgel A, Moura MCPA, Dantas TNC, Barros EL, Dantas AA. 2008. *A Review on chemical flooding Methods applied in Enhanced Oil Recovery*. Brazilian Journal of Petroleum and Gas. v.2, n.2, p. 83-95, 2008. ISSN 1982-0593. [http:// www.portalabpg.org.br/](http://www.portalabpg.org.br/) . [12-07-2011].
- Koesoemadinata RP. 1978. *Geologi Minyak Bumi*. Bandung : Penerbit ITB.
- Koesoemadinata RP. 1980. *Geologi minyak dan Gas Bumi*. Ed ke-3, Jilid 1. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Lake, L.W., 1989. *Enhanced Oil Recovery*, University of Texas at Austin, Prentice Hall, Englewood, New Jersey 07632.
- Levitt, D. B. 2006. *Experimental Evaluation of High Performance EOR Surfactants for a Dolomite Oil Reservoir*. [Tesis]. Universitas Texas, Austin.
- Mehling et al. 2007. *Comparative Studies on the Ocular and Dermal Irritation Potential of Surfactants*.
- Nasiri, Hamidreza. 2011. *Enzymes for Enhanced Oil Recovery (EOR)*. University of Bergen, Norwegia.
- Nummedal, D., B. Towler, C. Mason dan M. Allen. 2003. *Enhanced Oil Recovery in Wyoming: Prospect and Challenges*. University of Wyoming. 48
- Nurwidiyanto, M. I. dan I. Noviyanti. 2005. *Estimasi Hubungan Porositas dan Permeabilitas pada Batupasir (Studi Kasus Formasi Kerek, Ledok, Selorejo)*. Penerbit UNDIP, Semarang.
- Sheng JJ. 2011. *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery : Theory and Practice*. New York : Gulf Professional Publishing.
- Speight JG. 1980. *The Chemistry and Technology of Petroleum*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Sugihardjo., E. Tobing dan S. W. Pratomo. 2001. *Kelakuan Fasa Campuran Antara "Reservoir-Injeksi Surfaktan" Untuk Implementasi Enhanced Water Flooding*. Prosiding Simposium Nasional IATMI.
- Technology Assesment Board. 1978. *Enhanced Oil Recovery Potential in the United States*. http://govinfo.library.unt.edu/ota_5/DATA/1978/7807.PDF. [02-02-2011]
- Van Quy and Labrid. 1983. *A Numerical Study of Chemical Flooding Comparison With Experiment*.

