

**OPTIMASI DESAIN PEREKAHAN HIDRAULIK DENGAN MODEL
GEOMEKANIK**

TUGAS AKHIR

HARDIANSYAH

124.13.033



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
AGUSTUS 2017**

**OPTIMASI DESAIN PEREKAHAN HIDRAULIK DENGAN MODEL
GEOMEKANIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik

HARDIANSYAH

124.13.033



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
AGUSTUS 2017**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Hardiansyah

NIM : 124.13.033

Tanda Tangan :

Tanggal :

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI DESAIN PEREKAHAN HIDRAULIK DENGAN MODEL GEOMEKANIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Perminyakan

HARDIANSYAH

124.13.033

Menyetujui,

Dr. Astra Agus Pramana

HALAMAN PERUNTUKAN

Hai orang-orang yang beriman, Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga (di perbatasan negerimu) dan bertakwalah kepada Allah, supaya kamu beruntung. (Ali Imran : 200)

O you who have attained to faith! Be patient in adversity, and vie in patience with one another, and be ever ready [to do what is right], and remain conscious of God, so that you might attain to a happy state!

TUGAS AKHIR INI KUPERSEMBAHKAN UNTUKMU
IBUKU – FATMA DAENG MAWARA
AYAHKU – HAERUDDIN DAENG NGALLE
KAKAKKU - HARFIANI DAENG LOMO

Untuk agama dan negaraku INDONESIA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya, penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“OPTIMASI DESAIN PEREKAHAN HIDRAULIK DENGAN MODEL GEOMEKANIK”**.

Adapun maksud dan tujuan dari laporan tugas akhir ini untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana di Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Pada kesempatan ini pula penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orangtua saya, Ayah, Ibu, dan Kakak serta keluarga saya yang selalu mendoakanku, dukungan lahir dan batin yang tiada habisnya.
2. Dr. Astra Agus Pramana, selaku dosen pembimbing dalam menyusun tugas akhir ini
3. Prof. Ir. Pudji Permadi, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Perminyakan Institut Teknologi dan Sains Bandung.
4. Aries Prasetyo, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Perminyakan, yang telah memberikan petunjuk dalam pembuatan laporan ini.
5. Agung Budiarto., ST dan David Maurich., ST., MT sebagai dosen penguji dalam sidang tugas akhir
6. Mas Rio Wijaya, Mas Sakti dan Mas Bayu Rachmat dan semua *Engineer Production Enhancement* dan *Production Solution* di PT. Halliburton Indonesia
7. Teman-teman alumni SMPN 1 Bontonompo dan SMAN 1 Bajeng, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan
8. Teknik Perminyakan 2013 “PETROKIPLUK”
9. Teman-teman organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Perminyakan HMTM PETROLEA, IATMI SM ITSBS, SPE ITSBS SC dan SPWLA ITSBS SC.
10. Semua pihak yang telah membantu baik moral maupun spiritual.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan laporan ini.

Bekasi, Agustus 2017

Penyusun

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawahini:

Nama : Hardiansyah
NIM : 124.13.033
Program Studi : Teknik Perminyakan
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis karya : Laporan Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“OPTIMASI DESAIN PEREKAHAN HIDRAULIK DENGAN MODEL GEOMEKANIK” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bekasi

Pada tanggal :

Yang menyatakan

(Hardiansyah)

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang sering ditemukan pada industri minyak dan gas bumi adalah menurunnya produktivitas sumur akibat *formation damage* (*skin factor*), permeabilitas formasi yang kecil, atau juga karena formasi yang ketat (*consolidated*) sehingga diperlukan suatu metode untuk memperbaiki atau meningkatkan kembali produktivitas sumur tersebut. Salah satu metode yang sering digunakan dalam menangani masalah tersebut adalah metode stimulasi peretakan hidraulik (*Hydraulic Fracturing Stimulation Methode*).

Namun mahalanya biaya pengoperasian peretakan hidraulik dituntut untuk melakukan suatu metode untuk mengurangi kemungkinan kegagalan dan mendapatkan produksi yang optimum, yaitu suatu metode peretakan hidraulik dengan integrasi model geomekanik, yaitu profil stress, sifat elastisitas batuan dan analisis tekanan pori.

Tantangan dalam pelaksanaan peretakan hidraulik ini adalah nilai permeabilitas yang sangat kecil yaitu 3.5 mD dan temperatur yang sangat tinggi yaitu 305° F.

Dari hasil desain peretakan hidraulik dengan model geomekanik, didapatkan peningkatan produktivitas rekahan dengan melihat parameter-parameter berikut : permeabilitas rekahan dari 3.5 mD menjadi 103.45 mD, faktor skin berubah dari +2.8 menjadi -5.95, produktivitas indeks dari 1.176 stb/day/psi menjadi 5.67 stb/day/psi, dari data PI tersebut, maka didapat nilai *fold of increase* (FOI) sebesar 382 %

KATA KUNCI : Peretakan hidraulik, geomekanika, produktivitas rekahan

ABSTRACT

One of the problems often found in the oil industry is the decrease of well productivity due to formation damage (skin factor), small formation permeability, or also due to consolidated formation So that a method is needed to improve or increase the productivity of the well. One method that is often used in dealing with such problems is the Hydraulic Fracturing Stimulation Method.

However, the high cost hydraulic fracturing demands a method to reduce the likelihood of failure and obtain optimum production, such as hydraulic fracturing with the integration of geomechanical model (I.e. stress profile, rock elasticity and pore pressure analysis).

The challenge in the implementation of this hydraulic fracturing is the low permeability of 3.5 mD and a very high temperature of 305° F.

From the hydraulic fracturing design with geomechanical model, there is an increase in fracture productivity by looking at the following parameters: fracture permeability is up from 3.5 mD to 103.45 mD, Skin factor changed from +2.8 to -5.95, the productivity index improved from 1,176 stb/day/psi to 5.67 stb/day/psi, and from the PI data, the fold of increase (FOI) value is at 382 %.

KEY WORDS : *Hydraulic Fracturing, Geomechanics, Fracture Productivity*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERUNTUKAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5. Metode Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.6. Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Geomekanika Minyak dan Gas Bumi....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Konsep Perekahan Batuan.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Konsep Tegangan (<i>stress basic</i>)....	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Regangan (<i>strain</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.1.4 Modulus Young.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.5 <i>Poisson ratio</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.6 Modulus Bulk.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.7 Modulus Shear	Error! Bookmark not defined.
2.1.8 Sifat Elastis Batuan	Error! Bookmark not defined.
2.1.9 Analisis Tekanan Pori (<i>Pore Pressure Analysis</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Proses Perekahan hidrolik.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Fluida Perekah dan <i>additive</i>	Error! Bookmark not defined.

2.2.2. Proppant	Error! Bookmark not defined.
2.2.3. Model Geometri Reakahan	Error! Bookmark not defined.
2.2.4. Analisis Tekanan Perekah	Error! Bookmark not defined.
2.2.5. Produktivitas sumur rekahan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI DAN DATA PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1. Metodologi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2. Data Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1. Data Geologi	Error! Bookmark not defined.
3.2.2. Data reservoir	Error! Bookmark not defined.
3.2.3. Produksi dan Cadangan Formasi F	Error! Bookmark not defined.
3.2.4. Pelaksanaan Proses Perekahan Hidrolik	Error! Bookmark not defined.
3.2.5. Data Kompleksi.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	Error! Bookmark not defined.
4.1. Pemilihan Zona Target Perekahan.....	Error! Bookmark not defined.
4.2. Model Geomekanik	Error! Bookmark not defined.
4.2.1. Sifat Elastisitas Batuan.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2. <i>Stress profile</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.3. Prediksi tekanan pori.....	Error! Bookmark not defined.
4.3. Desain Perekahan Hidraulik	Error! Bookmark not defined.
4.3.1. Perhitungan geometri rekahan manual.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.2. Simulasi desain geometri rekahan menggunakan <i>software</i> .	Error! Bookmark not defined.
4.3.3. Perbandingan hasil desain rekahan geometri secara manual dan <i>software</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4. Sensitivitas Pemilihan Fluida Dan Proppant	Error! Bookmark not defined.
4.4.1. Pemilihan fluida	Error! Bookmark not defined.
4.4.2. Pemilihan Proppant	Error! Bookmark not defined.
4.6. Produktivitas rekahan	Error! Bookmark not defined.
4.6.1. Produktivitas sebelum rekahan	Error! Bookmark not defined.

4.6.2. Produktivitas setelah rekahan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	Error! Bookmark not defined.
5.1. Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2. Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Additive</i> yang sering digunakan pada operasi perekahan hidrolik	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 2 Konversi nilai β persamaan Mark-Langenheim untuk term <i>fluid loss</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 1 PVT Data lapangan HF	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 2 Komposisi hidrokarbon formasi F	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 3 Kondisi reservoir initial	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 4 Nilai cadangan awal formasi F bawah ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 5 Ringkasan dari pelaksanaan prosesperekahan hidrolik pada formasi F, Lapangan HF	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 6 Ringkasan dari pelaksanaan prosesperekahan hidrolik pada formasi F bawah, Lapangan HF	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 7 Data pelaksanaan proses perekahan hidrolik	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 8 Zona target	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 9 Parameter casing	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 10 Parameter tubing	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 11 Parameter packer	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 12 Parameter perforasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Konversi nilai β persamaan <i>Mark-Langenheim</i> untuk term <i>fluid loss</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Hasil <i>trial error</i> nilai iterasi dan aktual	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan geometri rekahan secara manual ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Menu input <i>Software</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Hasil Geometri Rekahan :	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Perbandingan hasil rekahan geometri secara manual dan <i>software</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Spesifikasi Jenis Fluida Perekah	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 List Sensitivitas Fluida.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 List Spesifikasi Proppant	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 Hasil <i>Redesain</i> Geometri Rekahan	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Konsep Geomekanika Perekahan Hidraulik ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Proses Perekahan Hidraulik**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 *Stress* Dalam Sebuah Balok**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Komponen *Stress*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 *Relative Stress Msgnitude And Faulting Regimes*..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6 Perubahan Panjang (Deformasi) dari *Strain*.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 Grafik Hubungan *Stress* dan *Strain*...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8 *Poisson Ratio* Sebuah Silinder**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9 Modulus Shear Pada Sebuah Balok ..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10 Tekanan Hidrostatik, Tekanan Pori, *Overburden Stress*, dan *Efektive Stress* di dalam lubang sumur**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11 Proses Perekahan Hidraulik**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12 Hubungan Permeabilitas vs *Closure Stress* Tiap Jenis Fluida **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 13 Hubungan Antara Diameter Perforasi Minimum Terhadap Ukuran Propan**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 14 Skematik Model PKN**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 15 Skematik Model KGD.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 16 Geometri Rekahan 3D.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 17 Analisis Tekanan Perekahan**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 18 Ilustrasi Zona Skin**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 19 Grafik *Mcguire-Sikora***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 20 Grafik Hubungan F_{cd} Dan R_w**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 21 Skema Sumur Rekahan Hidrolik Vertikal..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 22 Hubungan Indeks Produktivitas Nilai C_{fd} Dan No Propan **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 *Flowchart* Optimasi Perekahan Hidraulik..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2 Lokasi Lapangan HF**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3 Urutan Stratigrafi.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 4 Proses Pelaksanaan Perekahan Hidraulik Pada Formasi F..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 5 Jenis Kompleksi Lapangan HF**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 1 Lokasi Target Perekahan Hidraulik...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 2 Sifat Elastisitas Batuan.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 <i>Stress Profile</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Profil Tekanan Pori	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Menu Inputan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Menu Inputan <i>Well</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Menu Inputan <i>Zone</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Menu Inputan <i>Reservoir Fluid</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Menu Inputan <i>Fluid</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Menu Inputan <i>Proppant</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Menu Inputan <i>Schedule</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12 Hasil Rekahan 3D.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 13 Sensitivitas Fluida	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 14 Daftar Sensitivitas Proppant.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar4.15 Sensitivitas Proppant Berdasarkan Permeabilitas Dan <i>Closure Pressure</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 16 Sensitivitas Proppant Berdasarkan Produktivitas Rekahan.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 17 Hasil <i>Redesign</i> Geometri Rekahan..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 18 IPR Sebelum Rekahan.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 19 PI Metode Metode <i>Cinco-Ley, Samaniego</i> Dan <i>Dominiquez</i> .	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 20 IPR Setelah Perekahan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 21 Grafik Perubahan IRR Sebelum Dan Sesudah Proses Perekahan	Error! Bookmark not defined.