

**IMPLEMENTASI DAN ANALISIS *DENSITY CONTROL* PADA
STIMULASI *HYDRAULIC FRACTURING* DI SUMUR KB-525
KOTABATAK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan

Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta

Oleh:

CEPI NURBAGJA

2310017111065



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

PADANG

2025

LEMBAR PENGESAHAN
IMPLEMENTASI DAN ANALISIS DENSITY CONTROL PADA
STIMULASI HYDRAULIC FRACTURING DI SUMUR KB-525
KOTABATAK

SKRIPSI

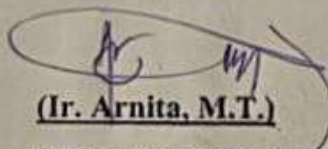
*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

CEPI NURBAGJA

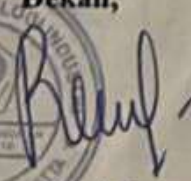
2310017111065

Disetujui Oleh :
Pembimbing

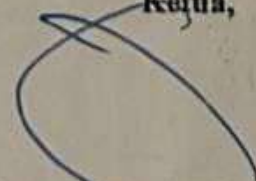

(Ir. Arnita, M.T.)
NIDN: 0024116201

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,


Prof. Dr.Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T.
NIDN : 1012097403

Prodi Teknik Elektro
Ketua,


Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc
NIDN : 1028076501

LEMBAR PENGUJI

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS DENSITY CONTROL PADA
STIMULASI HYDRAULIC FRACTURING DI SUMUR KB-525
KOTABATAK

SKRIPSI

CEPI NURBAGJA

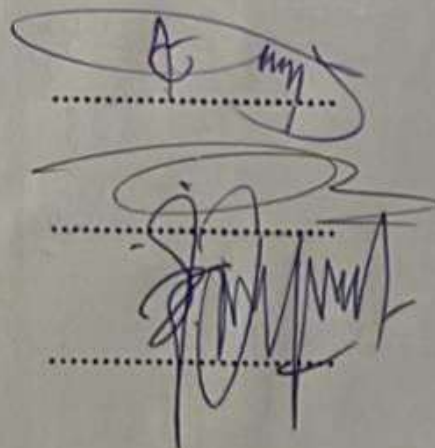
2310017111065

*Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari : Kamis, 20 Maret 2025*

No. Nama

Tanda Tangan

1. Ir. Arnita, M.T.
(Ketua dan Penguji)
2. Ir. Arzul, M.T.
(Penguji)
3. Dr. Ir. Ija Drmana, M.T., IPM
(Penguji)



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul “ **Implementasi Dan Analisis Density Control Pada Stimulasi Hydraulic Fracturing Di Sumur Kb-525 Kotabatak**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 23 April 2025



METERAI
TEMPEL
10000
6F8F1ANX231719448
NPM : 2310017111005

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas seluruh curahan Rahmat dan berkatnya sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi tepat waktu. Skripsi ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan (Strata-1) pada Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro Universitas Bung Hatta. Adapun judul skripsi ini adalah “ Implementasi Dan Analisis Density Control Pada Stimulasi Hydraulic Fracturing Di Sumur Kb-525 Kotabatak”.

Selesainya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu saya tercinta, Ai Rachmawati yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang tiada henti. Tanpa bimbingan dan semangat dari ibu, saya mungkin tidak akan berada di posisi ini hari ini. Istri saya yang terkasih, Rahyuni yang selalu mendampingi dan memberikan dukungan moral selama masa-masa sulit penyusunan skripsi ini. Kesabaran dan pengorbanannya selama ini menjadi sumber kekuatan bagi saya untuk terus berusaha. Anak-anak saya yang tersayang, Naila Mumtazaz Nurbagja, Talib Abdurrafi Nurbagja, dan Nadira Rumaisha Nurbagja yang meskipun mereka belum mengerti sepenuhnya, namun kehadiran mereka memberikan kebahagiaan dan motivasi bagi saya untuk menyelesaikan studi ini.
2. Ibuk Ir. Arnita, MT., selaku dosen pembimbing dan dosen pengajar program studi Teknik Elektro.
3. Bapak Ir. Arzul, MT dan Mirza Zoni, ST., MT, selaku ketua dan sekretaris prodi Teknik Elektro.
4. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Elektro angkatan 2023 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu yang telah mendoakan penulis dan membantu terlaksananya penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Duri, 18 April 2025

Cepi Nurbagja
2310017111065

ABSTRAK

Sumur KB-525, yang terletak di Lapangan Kota Batak dalam wilayah kerja Pertamina Hulu Rokan, adalah sumur minyak yang beroperasi pada lapisan A dari Formasi Talangakar dengan permeabilitas rendah sebesar 10 mD, yang menyebabkan laju produksinya hanya 45 BLPD (26 BOPD), tergolong rendah. Untuk meningkatkan produksi, dipilih metode stimulasi perekahan hidraulik (hydraulic fracturing) guna memperbaiki permeabilitas lapisan tersebut. Proses perekahan hidraulik melibatkan injeksi fluida bertekanan tinggi ke dalam formasi batuan untuk menciptakan rekahan yang memfasilitasi aliran minyak yang lebih efisien. Keberhasilan teknik ini sangat bergantung pada pengendalian densitas fluida yang tepat untuk memecahkan batuan tanpa merusak formasi atau sumur. Variabilitas kondisi lapangan sering menyebabkan fluktuasi densitas fluida, yang memerlukan sistem kontrol yang mampu menyesuaikan densitas secara real-time. Sensor dan aktuator berfungsi dengan optimal sesuai standar operasional, dengan akurasi tinggi, respons cepat, dan daya tahan baik. Kontrol PID berhasil menjaga kestabilan densitas fluida dengan sistem mengalami overshoot sebesar 3,57% sebelum stabil, yang merupakan karakteristik kendali PID. Settling time tercatat 9,32 menit, sementara rise time mencapai 6,61 menit, menunjukkan respons sistem yang cukup cepat dalam menyesuaikan densitas fluida. Keberhasilan hydraulic fracturing dikonfirmasi melalui metode Tinsely-Soliman, yang menunjukkan peningkatan produksi sumur hingga 5,9 kali.

Kata Kunci: Sumur KB-525; *hydraulic fracturing*; *radioactive densitometer*; dan *Tinsey & Soliman*

ABSTRACT

The KB-525 well, located in the Kota Batak Field in the Pertamina Hulu Rokan working area, is an oil well operating in the A layer of the Talangakar Formation with a low permeability of 10 mD, which causes its production rate to be only 45 BLPD (26 BOPD), which is considered low. To increase production, the hydraulic fracturing stimulation method was chosen to improve the permeability of the layer. The hydraulic fracturing process involves injecting high-pressure fluid into the rock formation to create fractures that facilitate more efficient oil flow. The success of this technique is highly dependent on controlling the density of the fluid properly to break the rock without damaging the formation or the well. Variability in field conditions often causes fluctuations in fluid density, which requires a control system that is able to adjust the density in real-time. The sensors and actuators function optimally according to operational standards, with high accuracy, fast response, and good durability. PID control successfully maintained the stability of fluid density with the system experiencing an overshoot of 3.57% before stabilizing, which is a characteristic of PID control. Settling time was recorded at 9.32 minutes, while rise time reached 6.61 minutes, indicating a fairly fast system response in adjusting fluid density. The success of hydraulic fracturing was confirmed through the Tinsely-Soliman method, which showed an increase in well production of up to 5.9 times.

Keywords: *KB-525 Well; hydraulic fracturing; radioactive densitometer; and Tinsey & Soliman*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1.Tinjauan Penelitian.....	4
2.2.Landasan Teori.....	7
2.2.1 <i>Hydraulic Fracturing</i>	7
2.2.2 Fluida Perekah.....	9
2.2.2.1 Fluida Dasar	11
2.2.2.2 Fluida Tambahan	13
2.2.2.3 Material Penganjal (Proppant)	14
2.2.3 Konsep Radioactive Densitometer	17
2.2.3.1 Radioactive Densitometer	17
2.2.4 Pengendali PID.....	21
2.3.Hipotesis.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.2 Alur Penelitian	24
3.3 Data sumur KB-525	25

3.4 <i>Hydraulic fracturing</i>	28
3.5 Mekanisme Pengendalian Densitas Fluida	29
3.5.1 Diagram Blok Kontroller Densitas Fluida	33
3.5.2 Algoritma PID Kontrol Densitas Fluida Pada <i>Hydraulic Fracturing</i>	33
3.6 Perhitungan Productivity Index.....	35
BAB IV PEMBAHASAN.....	38
4.1 Pengujian Sensor dan Aktuator.....	38
4.1.1 Sensor Densitas Fluida.....	40
4.1.2 Aktuator.....	41
4.1.3 Mixer.....	44
4.2 Analisis Kontroller	46
4.3 Productivity Index <i>Hydraulic Fracturing</i>	49
BAB V KESIMPULAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data Sumur KB-525.....	26
Tabel 3.2. Data reservoir sumur KB-525	26
Tabel 3.3. Mekanika batuan sumur KB-525	27
Tabel 4.1. Biaya penelitian tahun 2024.....	33
Tabel 4.2. Jadwal kegiatan penelitian tahun 2024	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Hydraulic fracturing process</i>	6
Gambar 2.2. <i>Programmable logic control</i>	13
Gambar 2.3. <i>Skema radioactive densitometer</i>	14
Gambar 2.4. <i>Human machine interface</i>	18
Gambar 3.1. Laptop.....	21
Gambar 3.2. Alur Penelitian.....	22
Gambar 3.3. Produksi Sumur KB-525	23
Gambar 3.4. Proses stimulasi <i>hydraulic fracturing</i>	25
Gambar 3.5. <i>Radioactive densitometer texas</i>	27
Gambar 3.6. Diagram blok diagram kontrol	29
Gambar 3.7. <i>Flowchart automatic program mapping</i>	30
Gambar 3.8. Arsitektur HMI.....	31
Gambar 3.9. Kurva index produktivitas <i>Tinsely & Soliman</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sumur KB-525 berada di Lapangan Kota Batak yang terletak di wilayah kerja Pertamina Hulu Rokan. Sumur ini adalah sumur minyak yang beroperasi pada lapisan A dari Formasi Talangakar, yang terdiri dari batu pasir. Permeabilitas lapisan A pada sumur ini adalah 10 mD, sebuah nilai yang tergolong rendah. Akibatnya, laju produksi minyak di Sumur KB-525 hanya 45 BLPD (26 BOPD), yang juga tergolong rendah. Untuk meningkatkan produksi minyak, metode stimulasi peretakan hidrolik (hydraulic fracturing) dipilih dengan tujuan memperbaiki permeabilitas lapisan yang diproduksi oleh sumur tersebut.

Stimulasi sumur menggunakan metode peretakan hidrolik (hydraulic fracturing) telah menjadi teknik utama dalam industri minyak dan gas untuk meningkatkan produksi hidrokarbon dari formasi bawah tanah. Proses ini melibatkan injeksi fluida bertekanan tinggi ke dalam formasi batuan untuk menciptakan rekahan yang memungkinkan aliran minyak atau gas yang lebih efisien ke dalam sumur. Fluida peretakan tersebut akan dipompakan, dan secara garis besar digunakan untuk memulai peretakan, memperluas rekahan, mentransport dan menempatkan proppant yang berfungsi sebagai media penyangga rekahan. Salah satu faktor kunci dalam kesuksesan teknik ini adalah pengendalian densitas fluida yang digunakan selama peretakan hidrolik. Densitas fluida mempengaruhi tekanan hidrostatik yang dihasilkan dalam sumur, yang harus cukup tinggi untuk memecahkan batuan tanpa merusak formasi atau menyebabkan kerusakan pada sumur [1].

Tantangan utama dalam pengendalian densitas fluida terletak pada variabilitas kondisi lapangan yang dapat menyebabkan fluktuasi dalam densitas fluida. Fluktuasi ini memerlukan sistem kontrol yang mampu menyesuaikan densitas fluida secara real-time untuk menjaga proses tetap optimal. Densitas fluida yang tidak tepat dapat mengakibatkan kerusakan pada formasi batuan, mengurangi

produktivitas sumur, dan meningkatkan risiko operasional serta dampak lingkungan [2].

Untuk mengatasi tantangan tersebut, implementasi sistem kontrol densitas fluida menjadi krusial. Salah satu alat utama yang digunakan adalah radioactive densitometer, yang mengukur densitas fluida secara akurat dan real-time [3]. Data dari densitometer ini memberikan umpan balik yang penting bagi sistem kontrol, memungkinkan penyesuaian aliran fluida dan proppant secara dinamis. Penerapan sistem kontrol densitas ini mencakup peningkatan efisiensi proses perekahan hidrolik dan pengurangan risiko operasional. Dengan kontrol densitas yang akurat, proses perekahan dapat dijalankan dalam rentang optimal, mengurangi kemungkinan kerusakan formasi dan meningkatkan hasil produksi sumur. Kemudian, mengetahui peningkatan produksi sumur dilakukan perhitungan *productivity index* dengan metode *Tinsley- Soliman* pada sebelum, dan sesudah stimulasi *Hydraulic Fracturing*.

1.2 Rumusan masalah

1. Apakah semua elemen kontrol densitas fluida pada hydraulic fracturing berfungsi dengan baik?
2. Bagaimana respon controller densitas fluida yang diterapkan pada sistem kontrol hydraulic fracturing?
3. Apakah ada peningkatan produksi minyak pada sumur pasca hydraulic fracturing?

1.3 Batasan masalah

1. Batasan ini mencakup stimulasi *Hydraulic Fracturing* pada sumur KB-525 KotaBatak
2. Penelitian ini hanya terfokus pada pengendalian densitas cairan pada stimulasi *Hydraulic Fracturing*
3. Sensor densitas yang digunakan pada penelitian ini adalah *Radioactive Densiometer*.

4. Penilaian peningkatan produksi sumur pasca stimulasi dilakukan dengan menghitung *productivity index* dengan metode *Tinsley- Soliman*.

1.4 Tujuan penelitian

1. Menganalisis kinerja elemen kontrol densitas fluida pada hydraulic fracturing untuk memastikan fungsinya berjalan dengan baik.
2. Mengevaluasi respon kontroller yang diterapkan pada sistem kontrol hydraulic fracturing guna menilai efektivitasnya dalam mengatur proses.
3. Menentukan adanya peningkatan produksi minyak pada sumur setelah dilakukan hydraulic fracturing.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah :

1. Bagi penulis, dapat menambah wawasan pengetahuan dan pengembangan ilmu. Khususnya dalam merancang sistem pengontrolan densitas pada stimulasi sumur dengan *Fracturing Hydraulic*.
2. Bagi perusahaan, Membuat sumur menjadi lebih produktif setelah dilakukan stimulasi *Fracturing Hydraulic*.
3. Bagi pembaca, dengan penulis membahas judul ini dapat mempermudah pembaca untuk mengimplementasikan sistem control densitas fluida pada stimulasi *Fracturing Hydraulic*.