

**PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT PADA  
LAPANGAN X MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*  
*TRAPEZOIDAL SHAPE LR-TYPE***

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*



Oleh

**FADILLAH NURJANNAH**

**153210260**

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Fadillah Nurjannah  
NPM : 153210260  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Tugas akhir : Pemilihan Metode EOR Yang Tepat Pada Lapangan X Menggunakan *Fuzzy Logic Trapezoidal Shape Lr-Type*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Tomi Erfando, S.T., M.T (.....)

Penguji : Dr. Eng. Muslim, M.T (.....)

Penguji : Novia Rita, S.T., M.T (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal :

**Disahkan oleh:**

**DEKAN  
FAKULTAS TEKNIK**

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN**

**Ir. H. ABDUL KUDUS ZAINI, M.T**

**Dr. Eng. MUSLIM, M.T**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 01 Oktober 2019

Fadillah Nurjannah  
NPM 153210260



## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanna wa Ta'ala karena atas rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan. Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tomi Erfando S.T., M.T selaku dosen pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Nesi Syafitri, S.Kom., M.Cs selaku dosen Teknik Informatika serta Windi Indah Sari Mahasiswa Teknik Informatika yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kerja sama untuk menghasilkan sebuah aplikasi.
3. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
4. Orang tua dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral dan sahabat terbaik saya yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Teiring doa saya, semoga allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 01 Oktober 2019

Fadillah Nurjannah

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL .....	xi
ABSTRAK .....	xii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    LATAR BELAKANG.....	1
1.2    TUJUAN PENELITIAN .....	3
1.3    MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.4    BATASAN MASALAH.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>SCREENING EOR</i> .....	4
2.2 <i>FUZZY LOGIC</i> .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1    METODE PENELITIAN.....	20
3.2    JENIS PENELITIAN .....	23
3.2.1 Simulasi.....	23
3.3    TEMPAT PENELITIAN.....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN.....</b>	<b>25</b>
4.1 <i>SCREENING SOFTWARE</i> BARU BERBASIS JAVA.....	25
4.2    PERBANDINGAN HASIL <i>SCREENING CRITERIA SOFTWARE</i> EORgui DENGAN <i>SOFTWARE FUZZY LOGIC TRAPEZOIDAL</i> SHAPE LR-TYPE BERBASIS JAVA .....	28
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>35</b>

5.1	KESIMPULAN .....	35
5.2	SARAN .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>36</b>



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Prosedur teknik <i>screening binery</i> .....	13
<b>Gambar 2.2</b> Rule mamdani FIS .....	15
<b>Gambar 2.3</b> <i>Software</i> EORFTR.....	16
<b>Gambar 2.4</b> Hasil <i>screening</i> EORgui dengan EORFTR .....	16
<b>Gambar 3.1</b> Skema MF <i>fuzzy trapezoidal LR-type</i> .....	20
<b>Gambar 3.2</b> Diagram alur penelitian .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Hasil <i>screening</i> baru berbasis JAVA.....	25
<b>Gambar 4.2</b> Detail hasil <i>screening</i> baru berbasis JAVA.....	26
<b>Gambar 4.3</b> Hasil <i>screening software</i> EORgui .....	28
<b>Gambar 4.4</b> Detail hasil <i>screening software</i> EORgui.....	29
<b>Gambar 4.5</b> Hasil <i>screening software fuzzy logic</i> .....	29
<b>Gambar 4.6</b> Detail hasil <i>software fuzzy logic</i> .....	30

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> <i>Nitrogen and Flue gas Flooding</i> .....	6
<b>Tabel 2.2</b> <i>Hydrocarbon</i> .....	6
<b>Tabel 2.3</b> <i>CO<sub>2</sub> Flooding</i> .....	6
<b>Tabel 2.4</b> <i>Micellar/Polymer, ASP, And Alkaline Flooding</i> .....	7
<b>Tabel 2.5</b> <i>Polymer Flooding</i> .....	7
<b>Tabel 2.6</b> <i>In-Situ Combustion</i> .....	7
<b>Tabel 2.7</b> <i>Steam Flooding</i> .....	8
<b>Tabel 2.8</b> <i>Screening Criteria Aladasani</i> .....	10
<b>Tabel 3.1</b> <i>Data reservoir lapangan X</i> .....	23
<b>Tabel 3.2</b> <i>Jadwal Penelitian</i> .....	24
<b>Tabel 4.1</b> <i>Urutan hasil screening criteria berbasis JAVA</i> .....	26
<b>Tabel 4.2</b> <i>Perbandingan hasil software EORgui dengan software baru</i> .....	29
<b>Tabel 4.3</b> <i>Urutan hasil screening lapangan SWG</i> .....	33



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran I</b>	Contoh <i>range</i> MF tabel Taber dan Aladasani.....	398
<b>Lampiran II</b>	Contoh <i>screening</i> manual secara <i>fuzzy logic</i> .....	409



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR SINGKATAN

ANN	<i>Artificial Neural Network</i>
BOPD	<i>Barrels Oil Per Day</i>
ELM	<i>Extreme Learning Machine</i>
FCM	<i>Fuzzy C-Means</i>
FLS	<i>Fuzzy Logic System</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
OOIP	<i>Original Oil In Place</i>
UBD	<i>Underbalanced Drilling</i>



## DAFTAR SIMBOL

$\alpha$	Alfa
$\beta$	Betta
$\gamma$	Gamma
$\delta$	Delta
$\bar{p}$	Interval atas
$q$	Interval bawah
$K_{J_0}$	<i>Conditional probability</i>
PSE	<i>Positive small error</i>
PS	<i>Positive small</i>
NSE	<i>Negative small error</i>
NS	<i>Negative small</i>



# PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT PADA LAPANGAN X MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC TRAPEZOIDAL SHAPE LR-TYPE*

FADILLAH NURJANNAH

153210260

## ABSTRAK

Potensi dilakukan proses EOR saat ini cukuplah besar pengaruhnya dalam meningkatkan jumlah produksi minyak bumi. Untuk memulai proses EOR perlu dilakukan *screening criteria* untuk menentukan metode EOR yang tepat pada suatu lapangan. Untuk mempermudah melakukan *screening criteria*, penelitian ini akan menggunakan bantuan *fuzzy logic* yang merupakan salah satu cabang dari ilmu *artificial intelligence* (AI). Disebabkan *screening criteria* yang direkomendasikan oleh Taber tidak dapat diambil sebagai tingkat matematis yang kuat dalam menentukan metode EOR. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* dalam pemilihan metode EOR yang tepat pada suatu lapangan. Lapangan yang diteliti bersifat umum untuk semua kondisi lapangan selama data parameter yang dibutuhkan tersedia.

Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan data lapangan X, karena lapangan ini mengalami penurunan produksi secara terus menerus dengan jumlah cadangan yang masih banyak, rata-rata produksi minyak sekitar 4100 BOPD. Berbagai cara telah dilakukan untuk meningkatkan produksi minyak pada lapangan tersebut. Salah satunya menggunakan metode pemulihan konvensional secara primer dan sekunder, tetapi hasil yang diperoleh masih belum optimal dan masih terdapat saturasi minyak yang tersisa didalam *resevoir*, sehingga perlu dilakukan aplikasi perolehan minyak tahap lanjut (EOR). Secara umum lapangan X ini memiliki mekanisme pendorong jenis *solution gas drive*.

Metode EOR yang direkomendasikan dalam penelitian ini adalah *nitrogen and flue gas* sekitar 28.64% menggunakan *software fuzzy logic trapezoidal shape lr-type*. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan metode EOR yang paling tepat pada lapangan X adalah *nitrogen and flue gas*. Apalagi mekanisme pendorong yang ada pada lapangan X adalah *solution gas drive*.

**Kata kunci:** EOR, *Screening Criteria*, *Fuzzy Logic*, *Artificial Intelligence*, *Software Fuzzy Logic Trapezoidal Shape Lr-Type*

# PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT PADA LAPANGAN X MENGUNAKAN FUZZY LOGIC TRAPEZOIDAL SHAPE LR-TYPE

FADILLAH NURJANNAH

153210260

## ABSTRACT

*The potential for the EOR process to be carried out at this time is significant enough to increase the amount of oil production. To start the EOR process it is necessary to do screening criteria to determine the correct EOR method in a field. To facilitate the screening criteria, this study will use the help of fuzzy logic which is one branch of the science of artificial intelligence (AI). Because the screening criteria recommended by Taber cannot be taken as a strong mathematical level in determining the EOR method. This study aims to apply the fuzzy logic trapezoidal shape LR-type method in the selection of the appropriate EOR method in a field. The field understudy is general for all field conditions as long as the required parameter data is available.*

*In this study, researchers will use field X data, because this field has experienced a continuous decline in production with a large number of reserves, the average oil production is around 4100 BOPD. Various ways have been done to increase oil production in the field. One of them uses conventional recovery methods, primary and secondary, but the results obtained are still not optimal and there is still oil saturation remaining in the reservoir, so it is necessary to do the application of advanced oil recovery (EOR). In general, Field X has a mechanism for driving the type of solution gas drive.*

*The recommended EOR method in this study is nitrogen and flue gas around 28.64% using the LR-type fuzzy logic trapezoidal shape software. Based on the results of the study it can be concluded that the most appropriate EOR method on field X is nitrogen and flue gas. Moreover, the driving mechanism in the X field is the solution gas drive.*

**Keywords:** EOR, Screening Criteria, Fuzzy Logic, Artificial Intelligence, Software Fuzzy Logic Trapezoidal Shape Lr-Type

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan industri yang makin pesat menyebabkan permintaan terhadap minyak bumi semakin bertambah. Sedangkan penemuan cadangan baru sangat sulit ditemukan. Salah satu upaya untuk mengantisipasi masalah tersebut adalah dengan mengoptimalkan sumur-sumur yang telah ada (Rita, 2012). Di sisi lain, produksi minyak Indonesia terus menurun sejak tahun 1995 dan membutuhkan metode alternatif lain untuk meningkatkan produksi minyak. Jumlah OOIP di Indonesia sekarang diperkirakan sekitar 75 miliar barel, produksi kumulatif sekitar 23 miliar barel, dan cadangan terbukti sekitar 4.04 miliar barel. Karena itu, sisa cadangan diperkirakan sekitar 49.5 miliar barel dan potensi EOR sekitar 3.3 miliar barel (Muslim, Bae, Permadi, Inst, & Gunadi, 2013). Berdasarkan data tersebut metode EOR merupakan alternatif yang sangat bagus digunakan untuk meningkatkan jumlah produksi minyak. Di dalam proses EOR, diawali dengan melakukan *screening criteria*. Perlu dicatat bahwa *screening criteria* yang direkomendasikan oleh Taber tidak dapat diambil sebagai tingkat matematis yang kuat dalam metode EOR. Dalam hal ini, akan lebih mudah untuk melakukan proses *screening criteria* yang direkomendasikan oleh Taber dipadukan dengan Aladasi menggunakan metode *fuzzy logic* yang merupakan bagian dari *artificial intelligence* (B A Suleimanov, Ismailov, Dyshin, & Veliyev, 2016).

Selama bertahun-tahun, *fuzzy logic* telah terbukti sebagai alternatif yang tepat untuk penilaian ketidakpastian yang dihadapi dalam proses pengambilan keputusan. Hingga kini, banyak peneliti telah mempelajari aplikasi dari *fuzzy logic* untuk sistem teknik perminyakan. *Fuzzy logic* telah diterapkan diberbagai bidang teknik perminyakan dan ilmu bumi untuk memecahkan berbagai masalah. Salah satu contohnya adalah analisis resiko proyek EOR dan pemilihan sumur terbaik untuk melakukan *hydraulic fracturing* (Zoveidavianpoor, Petroleum, & Energy, 2012).

Penerapan *artificial intelligence* menggunakan *fuzzy logic* terhadap aplikasi EOR perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil akhir yang sempurna. Dengan dukungan keakuratan data-data reservoir berupa *oil properties* dan *reservoir characteristics* sehingga diperoleh hasil simulasi yang memberikan gambaran sebenarnya tentang keadaan reservoir sehingga dapat mengoptimalkan pelaksanaan kinerja sistem EOR terhadap lapangan yang diteliti tersebut. Penelitian sebelumnya telah melakukan pemilihan metode EOR menggunakan perhitungan sederhana dalam proses pemilihan metode EOR yang paling efektif menggunakan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* pada suatu lapangan. Hasil investigasi menunjukkan lapangan tersebut memiliki tingkat keberhasilan terbesar jika dilakukan injeksi CO<sub>2</sub> sebesar 21.2 % dibandingkan metode lainnya (Suleimanov et al., 2016).

*Fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* sudah pernah diterapkan pada penelitian - penelitian sebelumnya dan terbukti berhasil dalam menentukan metode EOR yang tepat pada lapangan yang diteliti. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* telah berhasil diterapkan dalam pemodelan ketidaktepatan dan ketidakpastian dalam suatu permasalahan serta menghasilkan hasil akhir secara lebih realistis.

Pada penelitian tugas akhir ini, peneliti akan menggunakan metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* dalam pemilihan metode EOR menggunakan sebuah aplikasi berbasis JAVA. Lapangan yang diteliti bersifat umum untuk semua kondisi lapangan selama data parameter yang dibutuhkan tersedia. Data parameter yang digunakan ada sembilan parameter yaitu *gravity*, *viscosity*, *composition*, *oil saturation*, *formation type*, *net thickness*, *average permeability*, *depth*, dan *temperature*. Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan data lapangan X, karena lapangan yang diteliti ini mengalami penurunan produksi secara terus menerus dengan jumlah cadangan yang masih banyak, rata-rata produksi minyak sekitar 4100 BOPD. Berbagai cara telah dilakukan untuk meningkatkan produksi minyak pada lapangan tersebut. Salah satunya menggunakan metode pemulihan konvensional secara primer dan sekunder, tetapi hasil yang diperoleh masih belum optimal dan masih terdapat saturasi minyak yang tersisa didalam reservoir, sehingga perlu dilakukan aplikasi perolehan

minyak tahap lanjut (EOR). Secara umum lapangan X ini memiliki mekanisme pendorong jenis *solution gas drive*.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan aplikasi EOR yang tepat pada lapangan X menggunakan metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type*.

## 1.3 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini agar dapat menentukan metode EOR yang tepat pada lapangan yang diuji dengan bantuan *artificial intelligence* (AI) menggunakan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type*. Sehingga dapat mempermudah melakukan proses pemilihan metode EOR pada lapangan yang diuji tersebut. Penelitian ini berkolaborasi dengan bidang Teknik Informatika untuk menghasilkan sebuah Aplikasi yang dapat digunakan oleh pihak lainnya.

## 1.4 BATASAN MASALAH

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud, maka dalam penelitian ini akan membatasi pokok permasalahan yang dianalisis, seperti beberapa hal yang menyangkut tentang *screening* EOR dan hasil evaluasi dari metode EOR menggunakan metode *fuzzy logic* pada lapangan yang diteliti. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data lapangan. Maka dalam penelitian ini hanya dibatasi pada beberapa hal yang mengenai:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada aplikasi EOR di satu lapisan reservoir lapangan X menggunakan metode *fuzzy logic*.
2. Menggunakan tabel *screening criteria* Taber, Martin & Seright, Aladasani.
3. Sisi keekonomian EOR tidak diperhitungkan.
4. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Simulasi Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *SCREENING EOR*

Dalam Al Qur'an surat Saba ayat 12 berbunyi “wa asalnaa lahuu ‘ainal qithr” yang artinya “dan kami alirkan padanya (Nabi Sulaiman) sumur minyak (*spring of oil*)”. Dengan meningkatnya aktivitas di industri perminyakan, semakin banyak perhatian diberikan pada proses peningkatan perolehan minyak atau dikenal *enhanced oil recovery* (EOR) (Abdelgawad & Mahmoud, 2014). Metode EOR diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu metode gas, metode kimia, dan metode termal. Metode EOR yang cocok untuk reservoir ditentukan berdasarkan beberapa *screening criteria* dari penulis tertentu. Oleh karena itu, perlu dilakukan *screening criteria* dalam penerapan metode EOR pada suatu lapangan berdasarkan data dari beberapa penulis mengenai *screening* EOR (Mahdavi & Zebarjad, 2018). *Screening criteria* sangat penting untuk proses EOR, untuk mengidentifikasi karakteristik reservoir pada lapangan yang diteliti untuk menentukan apakah setiap proses EOR akan layak secara teknis di setiap reservoir pada lapangan yang diteliti (Smalley et al., 2018).

Proses *screening* EOR telah berkembang selama bertahun-tahun untuk membantu meningkatkan jumlah produksi minyak bumi dari hasil metode EOR yang tepat tersebut (Bourdarot & Ghedan, 2011). Salah satunya studi pertama pada *screening* EOR dapat dianggap sebagai publikasi oleh Taber et al. Menggunakan data yang tersedia tentang penyaringan EOR seluruh dunia untuk membuat rangkuman *screening criteria* EOR dalam satu tabel dari seluruh data tentang EOR (Zerafat, M.m; Ayatollahi, Sh; Mehranbod; Barzegari, 2011).

Semua metode *screening* yang ada biasanya membutuhkan pengetahuan tentang karakteristik dan kondisi lapangan yang diuji, pengetahuan mengenai rincian data tentang penggunaan EOR sebelumnya, dan pengetahuan mengenai seluruh mekanisme proses peningkatan perolehan minyak yang menjadi dasar teknik EOR (Siena, Milano, Guadagnini, & Milano, 2015).

Menurut (B A Suleimanov et al., 2016) prosedur penyaringan EOR mempertimbangkan tujuh tipe dasar metode EOR yang disajikan dan dianalisis oleh Taber :

1. *Nitrogen and flue gas flooding.*
2. *Hydrocarbon flooding.*
3. *CO<sub>2</sub> flooding.*
4. *Surfactant flooding.*
5. *Polymer flooding.*
6. *In-situ combustion.*
7. *Steam flooding.*

Dengan mempertimbangkan sembilan parameter *screening criteria* dari *oil properties* dan *reservoir characteristics* yaitu :

1. *Gravity.*
2. *Viscosity.*
3. *Composition.*
4. *Oil saturation.*
5. *Formation type.*
6. *Net thickness.*
7. *Average permeability.*
8. *Depth.*
9. *Temperature.*

*Screening criteria* dibutuhkan untuk dapat menentukan metode EOR mana yang tepat digunakan di lapangan yang diuji. Pada tugas akhir ini, peneliti menggunakan dua tabel *screening criteria* Taber, Martin & Seright, dan Aladasani menggunakan sebuah Aplikasi baru untuk mempermudah melakukan *screening criteria* yang kedepan dapat digunakan oleh pihak lainnya. *Screening* menggunakan tabel Taber, Martin & Seright dan Aladasani sudah pernah dilakukan dilapangan Alberta menggunakan perhitungan sederhana secara manual. Tabel *screening criteria* Taber, Martin & Seright memiliki ketentuan dan rentang nilai untuk masing-masing metode EOR yang dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 2.1 Nitrogen and Flue gas Flooding**

<b>Technical Screening Guides</b>		
<b>Crude Oil</b>	<b>Recommended</b>	<b>Range of Current Projects</b>
Gravity, °API	> 35	38 to 54 (miscible)
Viscosity, cp	< 0.4	0.07 to 0.3
Composition	High Percent of C <sub>1</sub> to C <sub>7</sub>	
<b>Reservoir</b>		
Oil Saturation, % PV	> 40	59 to 80
Type of Formation	Sandstone or Carbonate	
Net Thickness	Thin Unless Dipping	
Permeability	Not Critical	
Depth, ft	> 6000	10.000 to 18.500
Temperature, °F	Not Critical	

(Taber, Martin & Seright, 1997a), (Taber, Martin & Seright, 1997b)

**Tabel 2.2 Hydrocarbon**

<b>Technical Screening Guides</b>		
<b>Crude Oil</b>	<b>Recommended</b>	<b>Range of Current Projects</b>
Gravity, °API	> 23	24 to 54 (miscible)
Viscosity, cp	< 3	0.04 to 2.3
Composition	High Percent of C <sub>2</sub> to C <sub>7</sub>	
<b>Reservoir</b>		
Oil Saturation, % PV	> 30	30 to 98
Type of Formation	Sandstone or Carbonate	
Net Thickness	Thin Unless Dipping	
Permeability	Not Critical	
Depth, ft	> 4.000	4.040 to 15.900
Temperature, °F	Not Critical	

(Taber, Martin & Seright, 1997a), (Taber, Martin & Seright, 1997b)

**Tabel 2.3 CO<sub>2</sub> Flooding**

<b>Technical Screening Guides</b>		
<b>Crude Oil</b>	<b>Recommended</b>	<b>Range of Current Projects</b>
Gravity, °API	> 22	27 to 44
Viscosity, cp	< 10	0.3 to 6
Composition	High Percent of C <sub>5</sub> to C <sub>12</sub>	
<b>Reservoir</b>		
Oil Saturation, % PV	> 20	15 to 70
Type of Formation	Sandstone or Carbonate	
Net Thickness	Wide Range	

<i>Permeability</i>	<i>Not Critical</i>	
<i>Depth, ft</i>	<i>&gt; 2.500</i>	<i>2.500 to 4.000</i>
<i>Temperature, °F</i>	<i>Not Critical</i>	

(Taber, Martin & Seright, 1997)

**Tabel 2.4** *Micellar/Polymer, ASP, And Alkaline Flooding*

<b>Technical Screening Guides</b>		
<b>Crude Oil</b>	<b>Recommended</b>	<b>Range of Current Projects</b>
<i>Gravity, °API</i>	<i>&gt; 20</i>	
<i>Viscosity, cp</i>	<i>&lt; 35</i>	
<i>Composition</i>	<i>High Percent of C<sub>5</sub> to C<sub>12</sub></i>	
<b>Reservoir</b>		
<i>Oil Saturation, % PV</i>	<i>&gt; 35</i>	
<i>Type of Formation</i>	<i>Sandstone Preferred</i>	
<i>Net Thickness</i>	<i>Not Critical</i>	
<i>Permeability</i>	<i>&gt; 10</i>	
<i>Depth, ft</i>	<i>&lt; 9.000</i>	
<i>Temperature, °F</i>	<i>&lt; 200</i>	

(Taber, Martin & Seright, 1997)

**Tabel 2.5** *Polymer Flooding*

<b>Technical Screening Guides</b>		
<b>Crude Oil</b>	<b>Recommended</b>	<b>Range of Current Projects</b>
<i>Gravity, °API</i>	<i>&gt; 15</i>	<i>14 to 43</i>
<i>Viscosity, cp</i>	<i>&lt; 150 and &gt; 10</i>	<i>1 to 80</i>
<i>Composition</i>	<i>Not Critical</i>	
<b>Reservoir</b>		
<i>Oil Saturation, % PV</i>	<i>&gt; 50</i>	
<i>Type of Formation</i>	<i>Sandstone Preferred</i>	
<i>Net Thickness</i>	<i>Not Critical</i>	
<i>Permeability</i>	<i>&gt; 10</i>	<i>10 to 15.000</i>
<i>Depth, ft</i>	<i>&lt; 9.000</i>	<i>1.300 to 9.600</i>
<i>Temperature, °F</i>	<i>&lt; 200</i>	<i>80 to 185</i>

(Taber, Martin & Seright, 1997)

**Tabel 2.6** *In-Situ Combustion*

<b>Technical Screening Guides</b>		
<b>Crude Oil</b>	<b>Recommended</b>	<b>Range of Current Projects</b>
<i>Gravity, °API</i>	<i>10 to 27</i>	<i>10 to 40</i>

<i>Viscosity, cp</i>	< 5.000	6 to 5.000
<i>Composition</i>	<i>Some asphaltic components to aid coke deposition</i>	
<b>Reservoir</b>		
<i>Oil Saturation, % PV</i>	> 50	62 to 94
<i>Type of Formation</i>	<i>Sand or Sandstone</i>	
<i>Net Thickness</i>	> 10	
<i>Permeability</i>	> 50	85 to 4.000
<i>Depth, ft</i>	< 11.500	400 to 11.300
<i>Temperature, °F</i>	> 10	100 to 22

(Taber, Martin & Seright, 1997)

**Tabel 2.7 Steam Flooding**

<b>Technical Screening Guides</b>		
<b>Crude Oil</b>	<b>Recommended</b>	<b>Range of Current Projects</b>
<i>Gravity, °API</i>	8 to 27	
<i>Viscosity, cp</i>	< 100.000	10 to 137.000
<i>Composition</i>	<i>Not Critical</i>	
<b>Reservoir</b>		
<i>Oil Saturation, % PV</i>	> 40	35 to 90
<i>Type of Formation</i>	<i>Sand or Sandstone</i>	
<i>Net Thickness</i>	> 20	
<i>Permeability</i>	> 200	63 to 10.000
<i>Depth, ft</i>	< 5.000	150 to 4.500
<i>Temperature, °F</i>	<i>Not Critical</i>	

(Taber, Martin & Seright, 1997)

Selain tabel Taber, Martin & Seright juga menggunakan tabel *screening criteria* lainnya yaitu *screening criteria* dari Aladasani dapat dilihat pada tabel 2.8 dimana tabel ini merupakan kriteria EOR yang diterbitkan oleh Taber et al yang diperbarui berdasarkan 633 proyek EOR mengenai berbagai komponen minyak dan reservoir untuk metode EOR. Pembaruan untuk kriteria EOR meliputi penambahan porositas dan rentang permeabilitas, *microbial EOR*, *Water Alternating Gas (WAG) miscible*, dan *hot water flooding* sebagai metode EOR, bersama dengan subkategori dari *immiscible gas flooding* (Al-Adasani & Bai, 2010).



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

Tabel 2.8 Screening Criteria Aladasani

Oil Properties				Reservoir Characteristic						
No	EOR Method	Gravity	Viscosity	Porosity	Oil Saturation	Formation Type	Permeability	Net Thickness	Depth	Temperature
<i>Miscible Gas Injection</i>										
1	CO <sub>2</sub>	28[22]-45 Avg. 37	35-0 Avg. 2.1	3-37 Avg. 14.8	15-89 Avg. 46	Sandstone or Carbonate	1.5-4500 Avg. 201.1	[Wide Range]	1500-13365 Avg. 6171.2	82-250 Avg. 136.3
2	Hydrocarbon	23-57 Avg. 38.3	18000-0.04 Avg. 286.1	4.25-45 Avg. 14.5	30-98 Avg. 71	Sandstone or Carbonate	0.1-5000 Avg. 726.2	[Thin Unless Dipping]	4040[4000]-15900 Avg. 8343.6	85-329 Avg. 202.2
3	WAG	33-39 Avg. 35.6	0.3-0 Avg. 0.6	11-24 Avg. 18.3		Sandstone	130-1000 Avg. 1043.3	NC	7545-8887 Avg. 8216.8	194-253 Avg. 229.4
4	Nitrogen	38[35]-54 Avg. 47.6	0.2-0 Avg. 0.07	7.5-14 Avg. 11.2	0.76[0.4]-0.8 Avg. 0.78	Sandstone or Carbonate	0.2-35 Avg. 15.0	[Thin Unless Dipping]	10000[6000]-18500 Avg. 14633.3	190-325 Avg. 266.6
<i>Immiscible Gas Injection</i>										
5	Nitrogen	16-54 Avg. 34.6	18000-0 Avg. 2256.8	11-28 Avg. 19.46	47-98.5 Avg. 71	Sandstone	3-2800 Avg. 1041.7		1700-18500 Avg. 7914.2	82-325 Avg. 173.1
6	CO <sub>2</sub>	11-35 Avg. 22.6	592-0.6 Avg. 65.6	17-32 Avg. 26.3	42-78 Avg. 56	Sandstone or Carbonate	30-1000 Avg. 217		1150-8500 Avg. 3385	82-198 Avg. 124
7	Hydrocarbon	22-48 Avg. 35	4-0.25 Avg. 2.1	5-22 Avg. 13.5	75-83 Avg. 79	Sandstone	40-1000 Avg. 520		6000-7000 Avg. 6500	170-180 Avg. 175
8	Hydrocarbon + WAG	9.3-41 Avg. 31	16000-0.17 Avg. 3948.2	18-31.9 Avg. 25.09	Avg. 88	Sandstone or Carbonate	100-6600 Avg. 2392		2650-9199 Avg. 7218.71	131-267 Avg. 198.7
<i>(Enhanced) Waterflooding</i>										

9	<i>Polymer</i>	13-42.5 Avg. 26.5	4000-0.4 Avg. 123.2	10.4-33 Avg. 22.5	34-82 Avg. 64	<i>Sandstone</i>	1.8-5500 Avg. 834.1	[NC]	700-9460 Avg. 4221.9	74-237.2 Avg. 167
10	<i>Alkaline</i>	23[20]- 34[35] Avg. 32.6	6500-11 Avg. 875.8	26-32 Avg. 26.6	68[35]- 74.8 Avg. 73.7	<i>Sandstone</i>	596[10]- 1520	[NC]	2723-3900[9000] Avg. 2984.5	118[80]- 158[200] Avg. 121.6
11	<i>Surfactant + P/A</i>	22-39 Avg. 31	15-6.3 Avg. 9.3	16-16.8 Avg. 16.4	43.5-53 Avg. 16.4	<i>Sandstone</i>	50-60 Avg. 55	[NC]	625-5300 Avg. 2941.6	122-155 Avg. 138.5
<i>Thermal/Mechanical</i>										
12	<i>Combustion</i>	10-38 Avg. 23.6	2770-1.44 Avg. 504.8	14-35 Avg. 23.3	50-96 Avg. 67	<i>Sandstone or Carbonate [Preferably Carbonate]</i>	10-15000 Avg. 1981.5	[>10]	400-11300 Avg. 5569.6	64.4-230 Avg. 175.5
13	<i>Steam</i>	8-30 14.5	5E6-3 Avg. 32971.3	12-65 Avg. 32.2	35-90 Avg. 66	<i>Sandstone</i>	1-15000 Avg. 2605.7	[>20]	200-9000 Avg. 1643.6	10-350 Avg. 105.8
14	<i>Hot Water</i>	12-25 Avg. 18.6	8000-170 Avg. 2002	25-37 Avg. 31.2	15-85 Avg. 58.5	<i>Sandstone</i>	900-6000 Avg. 3346		500-2950 Avg. 1942	75-135 Avg. 98.5
15	<i>[Surface Mining]</i>	[7]-[11]	<i>[Zero cold flow]</i>	[NC]	[> 8wt% sand]	<i>[Mineable tar sand]</i>	[NC]	[>10]	<i>[&gt;3:1 overburden to sand ratio]</i>	[NC]
<i>Microbial</i>										
16	<i>Microbial</i>	12-33 Avg. 26.6	8900-1.7 Avg. 2977.5	12-26 Avg. 19	55-65 Avg. 60	<i>Sandstone</i>	180-200 Avg. 190		1572-3464 Avg. 2445.3	86-90 Avg. 88

(Aladasani,

2010)



Adapun metodologi dari *screening* EOR terdiri dari empat aspek utama yaitu penyaringan teknis biner, analogi, Benchmarking dan prediksi analitik (Trujillo Portillo et al., 2010). Kriteria *screening* EOR telah dikembangkan berdasarkan hasil lapangan dari 347 database proyek EOR yang sukses digunakan di seluruh dunia (Nageh, Ela, Tayeb, & Sayyoub, 2015).

## 2.2 FUZZY LOGIC

*Fuzzy logic* adalah suatu cabang ilmu *artificial intelligence*, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru atau mendekati kecerdasan manusia. Kecerdasan buatan dikembangkan untuk dapat membantu kegiatan manusia dalam mengambil keputusan. Sebelumnya *fuzzy logic* belum pernah digunakan untuk kebutuhan *petroleum* namun seiring berjalannya waktu, *fuzzy logic* mulai digunakan dan diperhitungkan bagi *petroleum*. *Fuzzy logic* adalah teori yang tepat untuk mengatasi ketidakpastian dalam suatu masalah. Teori dasar set *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh (1965) sebagai dasar matematika untuk mewakili ketidakjelasan linguistik. *Fuzzy logic* juga memberikan solusi mengenai masalah atau aturan yang tidak jelas, atau kapan memproses informasi yang tidak tepat. Dalam *fuzzy logic* semua masalah derajat, matematis dicatat oleh fungsi keanggotaannya yang cocok (Popa, North, & Exploration, 2013). Dimana fungsi keanggotaannya terdiri dari 0 sampai 1. Nilai 1 ditetapkan pada saat nilai rangenya berada dalam rentang yang ditetapkan oleh Taber-Seright (1997), dan nilai 0 ditetapkan pada saat nilai rangenya berlawanan dalam rentang nilai 1 yang sudah ditetapkan oleh peneliti sebelumnya (Trujillo Portillo et al., 2010).

**FLUID AND RESERVOIR PROPERTIES.  
FIELD UNDER STUDY (FIELD A)**

Viscosity, cp	600
API Gravity, °API	12
Current Oil Saturation, fraction	0.55
Thickness, ft	100
Permeability, Md	150-300
Porosity, fraction	0.28-0.32
Depth, ft	2900-3200
Pressure, Psia	500
Lithology	Sandstone (SS)

**Vs**

**SCREENING CRITERIA**

	TABER-SERIGHT (1997)
Viscosity, cp	< 100000
API Gravity, °API	8-25
Current Oil Saturation, fraction	> 0.4
Thickness, ft	> 20
Permeability, Md	> 200
Pressure, Psia	NC
Depth, ft	< 5000
Porosity, fraction	NE
Lithology	NE

**SCORE  
ASSIGNATION**

PROPERTIES	TABER-SERIGHT Vs Field A
Viscosity, cp	1
API Gravity, °API	1
Current Oil Saturation, fraction	1
Thickness, ft	1
Permeability, Md	0.6666
Pressure, Psia	1
Depth, ft	1
Porosity, fraction	
Lithology	
	<b>0.9524</b>

Score for each property

Score of the method

Gambar 2.1 Prosedur teknik screening binery (Trujillo Portillo et al., 2010)

Industri minyak telah menunjukkan minat yang cukup besar dalam metode *fuzzy logic* untuk memprediksi permeabilitas terutama di reservoir jenis karbonat. Baru-baru ini *fuzzy logic* menjadi perhatian yang cukup besar di beberapa bidang geosains. *Fuzzy logic* hanyalah sebuah penerapan teknik statik menggunakan logika konvensional Boolean (nol dan satu) menggunakan data log dan core, log sinar gamma, porositas, dan log V-shale yang digunakan sebagai data input untuk memprediksi permeabilitas. Ada 3 metode untuk memprediksi permeabilitas dari data well log untuk reservoir karbonat yaitu :

1. Permeabilitas dari porositas efektif.
2. Regresi multilinier.
3. *Fuzzy logic*.

Hasilnya *fuzzy logic* menghasilkan hasil yang lebih baik daripada dua metode lainnya dan berhasil untuk memprediksikan permeabilitas di batuan jenis sumur gas (Abdulraheem et al., 2007).

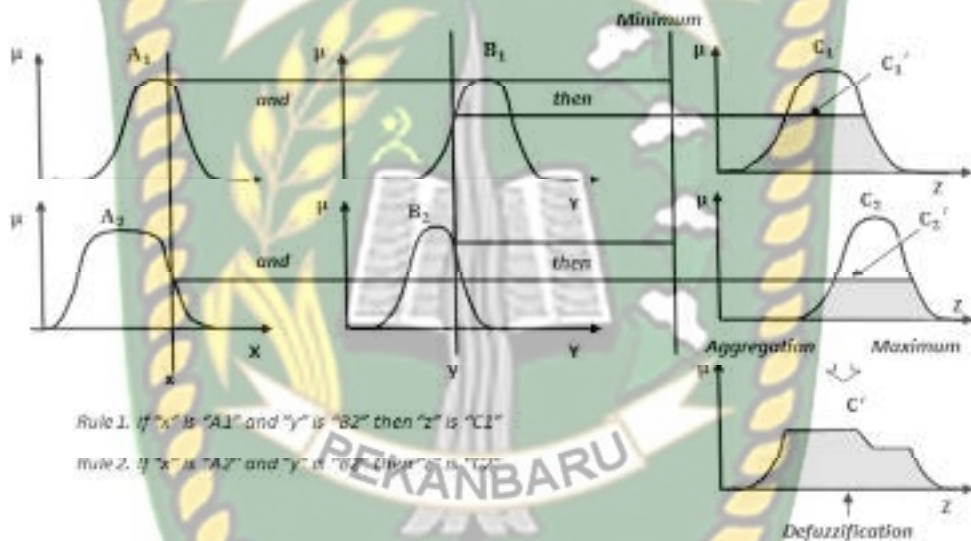
Metode *fuzzy logic* dan GIS dalam eksplorasi minyak juga sudah pernah diterapkan. Hasilnya sangat memuaskan dan korelasinya tinggi diamati antara minyak bumi dan tiga lapisan permukaan terintegrasi. Keuntungannya biaya rendah, namun ada beberapa kendala pada *role-playing* atmosfer dan variabel permukaan yang diharapkan (Taheri & Engineering, 2008).

Menurut (Zoveidavianpoor et al., 2012) *fuzzy logic* juga sudah diterapkan pada proses *hydraulic fracturing*. Fungsi dari *hydraulic fracturing* digunakan untuk mempercepat produksi minyak dan meningkatkan jumlah minyak di reservoir. *Fuzzy logic* yang diterapkan untuk proses *hydraulic fracturing* salah satu contohnya di Iran. Seperti yang kita ketahui reservoir di Iran itu adalah reservoir jenis *carbonate*, dimana jenis reservoir ini agak sulit untuk dilakukan *hydraulic fracturing* maka digunakan model *fuzzy logic* untuk memilih sumur yang bagus untuk melakukan proses *hydraulic fracturing* di reservoir *carbonate* tersebut. *Fuzzy logic* sudah memecahkan berbagai masalah :

1. Perencanaan dan penyelesaian sumur multilateral (2004).
2. Analisis resiko proyek EOR (1995).
3. Seleksi sumur UBD yang bagus (2003).

4. Estimasi permeabilitas dan litologi (1997).
5. Sistem tipe batuan (2010).
6. Perawatan *hydraulic fracturing* (1999).
7. Pemilihan sumur yang baik menggunakan *hydraulic fracturing*.

Jenis-jenis model *fuzzy* yaitu model *fuzzy* mamdani, takagi-sugeno-kang (TSK), model *fuzzy* tsukamoto, dan model *fuzzy* singleton. Dan *fuzzy logic* sudah pernah digunakan untuk identifikasi penempatan sumur horizontal yang menunjukkan dengan jelas bahwa penggunaan model *fuzzy logic* ini lebih realistis, fleksibel, serta dapat menentukan hasil produksi lapangan (Popa et al., 2013).



**Gambar 2.2** Rule mamdani FIS (Popa et al., 2013)

Pada tahun 2016, *fuzzy logic* memiliki model terbaru yaitu *fuzzy logic type-2* untuk meningkatkan akurasi prediksi permeabilitas dalam reservoir karbonat. Dengan menggunakan hibrida yang berfungsi sebagai perbaikan yang lebih baik atas model ELM klasik dengan menggunakan tipe-2 FLS sebagai pendahulu dari model ELM melalui kombinasi unik dari kemampuan menangani ketidakpastian tipe-2 FLS. Hibrida yang digunakan kemudian diterapkan pada masalah permeabilitas dan hasil prediksi yang diperoleh menunjukkan kinerja yang unggul dari model hibrida sebelumnya (Olatunji, Selamat, Azeez, & Raheem, 2015).

*Fuzzy logic* juga menggunakan model *Fuzzy Inference System* (FIS) sebagai teknik *artificial intelligence* dalam *screening* EOR. Model FIS ini terdiri dari tiga

bagian *inputs section*, *rule editor section*, dan *output section*. Dan sudah terbukti berhasil melakukan *screening* EOR (Nageh et al., 2015).



Gambar 2.3 Software EORFTR (Nageh et al., 2015)

Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
 Perpustakaan Universitas Islam Riau

Recevoir	EORgui	New Developed Screening Tool
X1	IMM (83%), ST (89%), COMB (87%)	COMB (85.81%), ST (89.83%)
X2	IMM (83%), COMB (83%)	COMB (84.66%), CO <sub>2</sub> IMMF (81.49%), ST (80.87%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X3	IMM (83%), ST (89%), COMB (87%)	COMB (85.98%), POL (83.35%), ASP (88.23%), ST (89.74%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X4	IMM (83%), COMB (88%)	COMB (85.75%), CO <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X5	IMM (83%), COMB (88%)	COMB (88.99%), CO <sub>2</sub> IMMF (81.62%)
X6	IMM (83%), COMB (88%)	COMB (85.32%), CO <sub>2</sub> IMMF (80.63%)
X7	SP/ASP (81%), IMM (87%), COMB (79%), HCMF (79%), CO <sub>2</sub> MF (67%)	POL (82.85%), ASP (82.6%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X8	IMM (83%), HCMF (79%), CO <sub>2</sub> MF (67%)	CO <sub>2</sub> MF (85.27%), HCMF (84.42%)
X9	SP/ASP (81%), COMB (79%), CO <sub>2</sub> MF (67%), IMM (87%), HCMF (79%)	POL (83.71%), ASP (81%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X10	IMM (83%), SP/ASP (81%), COMB (79%), CO <sub>2</sub> MF (67%)	COMB (84.75%), POL (83.73%), ASP (81%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X11	SP/ASP (81%), IMM (87%), COMB (79%), CO <sub>2</sub> MF (67%), HCMF (69%)	POL (83.47%), ASP (80.56%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%), COMB (68.5%)
X12	IMM (83%), COMB (79%), HCMF (79%)	POL (83.6%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X13	IMM (83%), CO <sub>2</sub> MF (67%), HCMF (69%)	POL (83%), ASP (80.5%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%)
X14	IMM (83%), COMB (79%), CO <sub>2</sub> MF (67%), HCMF (69%)	POL (80.79%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%), COMB (68.2%)
X15	CO <sub>2</sub> MF (67%), IMM (87%), HCMF (69%)	POL (83.6%), N <sub>2</sub> IMMF (80.5%), COMB (68.5%)

IMM: Immiscible EOR method; ST: Steam injection; COMB: In Situ Combustion; CO<sub>2</sub>IMMF: CO<sub>2</sub> Immiscible Flooding; N<sub>2</sub>IMMF: N<sub>2</sub> Immiscible Flooding; SP: Surfactant Polymer; ASP: Alkaline-Surfactant-Polymer; POL: Polymer Flooding; HCMF: Hydrocarbon Miscible Flooding; CO<sub>2</sub>MF: CO<sub>2</sub> Miscible Flooding

Gambar 2.4 Hasil *screening* EORgui dengan EORFTR (Nageh et al., 2015)

*Fuzzy logic* sudah melakukan perbandingan model dalam melakukan evaluasi penurunan tekanan karena aliran multi fase dalam pipa horizontal menggunakan *fuzzy logic* dan *neural network*. Dimana hasilnya menggunakan

*adaptive neuro-fuzzy inference system* (ANFIS) lebih akurat daripada menggunakan korelasi dan *neural network*. Model ANFIS menghasilkan kesalahan rata-rata 0,4% dibandingkan dengan korelasi kisaran 17,5% - 64,57% (Attia, Mahmoud, Abdurraheem, Aramco, & Spe, 2013). Metode *fuzzy c-means clustering* menggunakan tiga jenis algoritma (ANN, FCM, dan C4.5) untuk optimasi evaluasi reservoir dan model *fuzzy logic* tidak hanya menghitung tingkat keanggotaan parameter tetapi bobot setiap parameter yang mempengaruhi produksi sumur gas dan kinerja *fuzzy logic* mampu memperkirakan produksi sumur gas dengan koefisien korelasi yang tinggi (Xiao, Guo, & Songgen, 2015). *Fuzzy logic* juga diterapkan pada metode EOR menggunakan tabel Taber dan dapat memberikan gambaran informasi tentang peningkatan perolehan minyak yang terperangkap saat ini (Smalley et al., 2018).

*Fuzzy logic* pernah diterapkan dalam proses pengeboran. Untuk memprediksi tekanan pori berdasarkan parameter pengeboran dan data log berupa *weight on bit* (WOB), *rotary speed* (RPM), *rate of penetration* (ROP), *mud weight* (MW), *bulk density* (RHOB), *porosity* ( $\phi$ ) dan *compressional time* ( $\Delta t$ ). Data lapangan yang *real* digunakan untuk memprediksi tekanan formasi menggunakan *fuzzy logic* yang merupakan salah satu teknik AI. *Fuzzy logic* dibandingkan dengan model empiris yang berbeda. Metode *fuzzy logic* memperkirakan tekanan formasi dengan akurasi tinggi (koefisien korelasi tinggi (R) sekitar 0,988% dan rendah *average absolute percentage error* (AAPE) sekitar 0,234%). *Fuzzy logic* mengungguli semua model yang dipublikasikan sebelumnya (S, Elkatatny, Abdurraheem, & Mahmoud, 2018). Industri minyak dan gas, sebagian besar biayanya digunakan dalam proses pengeboran. Jadi, sangat penting untuk melakukan proses pengeboran secara hati-hati. Karena sulitnya melakukan proses pengeboran sampai saat ini, tidak ada model yang dapat diandalkan dalam memperkirakan ROP dengan benar. Akibatnya, muncul ide untuk menggunakan *artificial intelligence* (AI) dengan memanfaatkan *fuzzy logic* untuk memperkirakan tingkat pengeboran. Hasil yang dicapai membuktikan bahwa teknik *fuzzy logic* dapat diterapkan secara efektif untuk memperkirakan tingkat pengeboran secara akurat dengan  $R = 0,97$  dan  $AAPE = 7,3\%$  yang mengungguli

model ROP lainnya. Model AI juga memiliki keuntungan dari model ROP sebelumnya (S, Elkatatny, Ali, & Mahmoud, 2019).

*Fuzzy logic* telah digunakan secara luas dalam berbagai masalah yang terlalu rumit untuk diselesaikan dengan menggunakan logika yang tajam. Kemudian Zhao et al mengembangkan model menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan metode evaluasi komprehensif *fuzzy logic* dengan menghasilkan koefisien evaluasi yang komprehensif (nilai E2) untuk setiap kelompok. Kedua model diterapkan pada data dari blok Ba dan hasilnya dibandingkan. Hasilnya serupa untuk kasus sebelumnya, model *fuzzy* lebih terkontrol mempertahankan E2 dibandingkan model Zhao (Oluwajuwon & Olugbenga, 2018).

*Fuzzy logic* juga diterapkan dalam estimasi *geostatistical* dari komponen reservoir untuk menangani ketidakpastian dalam observasi dan pemodelan. Kombinasi metode Kriging dan *fuzzy logic* reguler atau klasik diusulkan. Dengan demikian, parameter variogram yang tidak tepat dimodelkan berdasarkan pada teori *fuzzy logic*, sedangkan prediksi dan perbedaan dihitung dari analisis Kriging yang dicirikan oleh fungsi keanggotaan (Zhao et al., 2018). *Fuzzy logic* juga pernah diterapkan dalam *nuclear magnetic resonance* (NMR) untuk memberikan informasi penting agar dapat menganalisis sifat fisik reservoir minyak. Awalnya, hanya mengembangkan sebuah algoritma menggunakan *fuzzy logic* berupa perangkat lunak dari MATLAB dengan data log dari Texas Timur yang bertujuan untuk melihat pengaruh jumlah fungsi keanggotaan dalam *clustering*. Hasilnya menunjukkan kelayakan simulasi parameter NMR log melalui *fuzzy logic* (Maximiano, Carrasquilla, Estadual, & Lenep, 2011).

Peneliti mulai melakukan pengembangan terhadap teknologi EOR untuk meningkatkan produksi minyak di dunia. Apalagi dalam melakukan aplikasi EOR pada suatu lapangan memerlukan biaya yang cukup besar, sehingga insinyur reservoir tidak boleh melakukan kesalahan dalam menentukan aplikasi EOR terhadap lapangan yang sedang diteliti. Dengan kemajuan teknologi kita bisa menentukan aplikasi EOR yang tepat pada suatu lapangan yang diuji seperti *artificial intelligence* (AI). Suatu sistem yang bisa diatur dalam konteks ilmiah

untuk melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia.

Untuk menentukan aplikasi EOR yang tepat pada suatu lapangan yang diuji menggunakan sistem *artificial intelligence* (AI) berupa metode *fuzzy logic* yang merupakan suatu konsep sistem yang tidak pasti menjadi pasti dan yang tidak akurat menjadi akurat. Dimana telah dilakukan pada penelitian sebelumnya pada lapangan Alberta. Dengan menggunakan konsep perhitungan *fuzzy logic* jenis *trapezoidal shape LR-type*. Sehingga didapatkan metode EOR yang lebih efektif dan akurat pada suatu lapangan yang diuji.





## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan dalam penentuan *screening criteria* EOR yang tepat pada lapangan X menggunakan metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* dalam sistem yaitu :

1. Menentukan variabel interval *fuzzy* menggunakan tabel *screening criteria* Taber, Martin & Seright, dan Aladasani yang berfungsi sebagai *range membership function* jenis *trapezoidal LR-type* untuk menghasilkan nilai parameter dari  $\alpha$  dan  $\beta$  untuk perhitungan *binery*.



**Gambar 3.1** Skema MF *fuzzy trapezoidal LR-type* (Satpathy, Panda, & Biswal, 2010)

2. Perhitungan *binery* yang diterapkan dalam penelitian ini, menggunakan *Two fuzzy LR-type*. *Two fuzzy LR-type* ini menggunakan empat indikator himpunan *fuzzy* yaitu PSE, PS, NSE, dan NS untuk menentukan metode EOR yang tepat pada lapangan yang diteliti.

$$PSE = 1 + (\bar{p} - \underline{q})/(\beta + \gamma) \tag{1}$$

$$PS = (\bar{p} - \bar{q} + \beta)/(\beta + \delta) \tag{2}$$

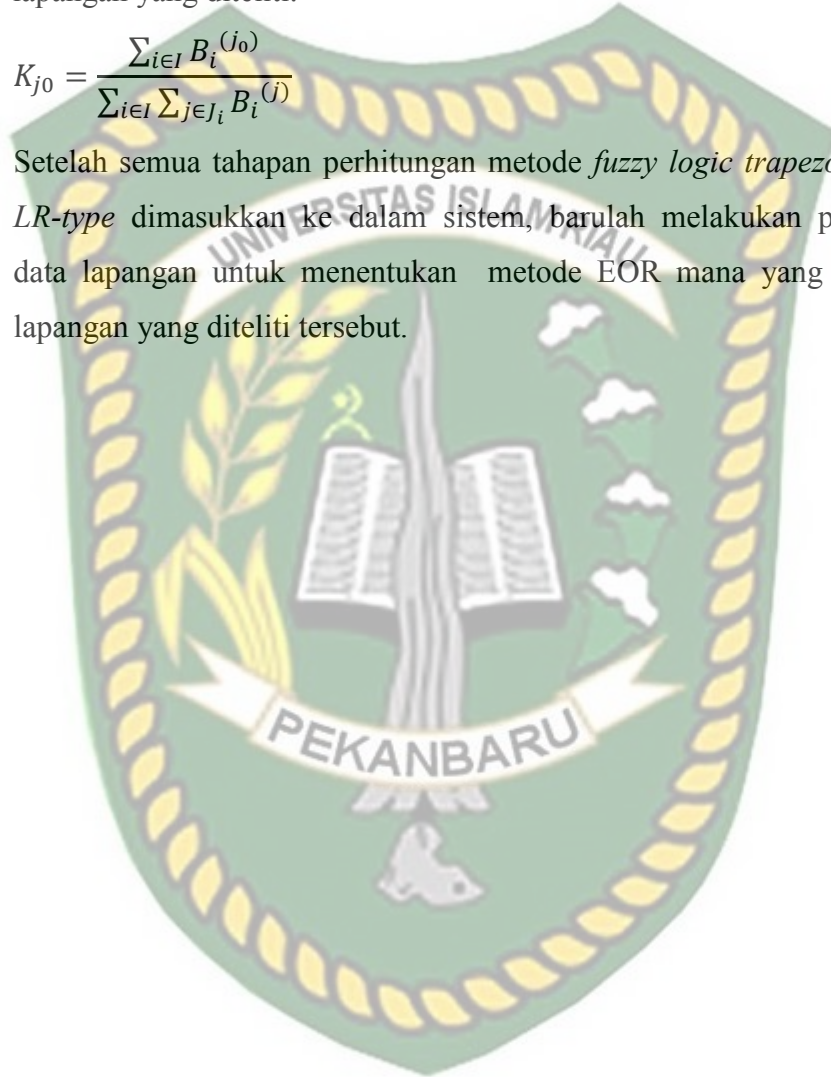
$$NSE = (\underline{p} - \underline{q} + \gamma)/(\alpha + \gamma) \tag{3}$$

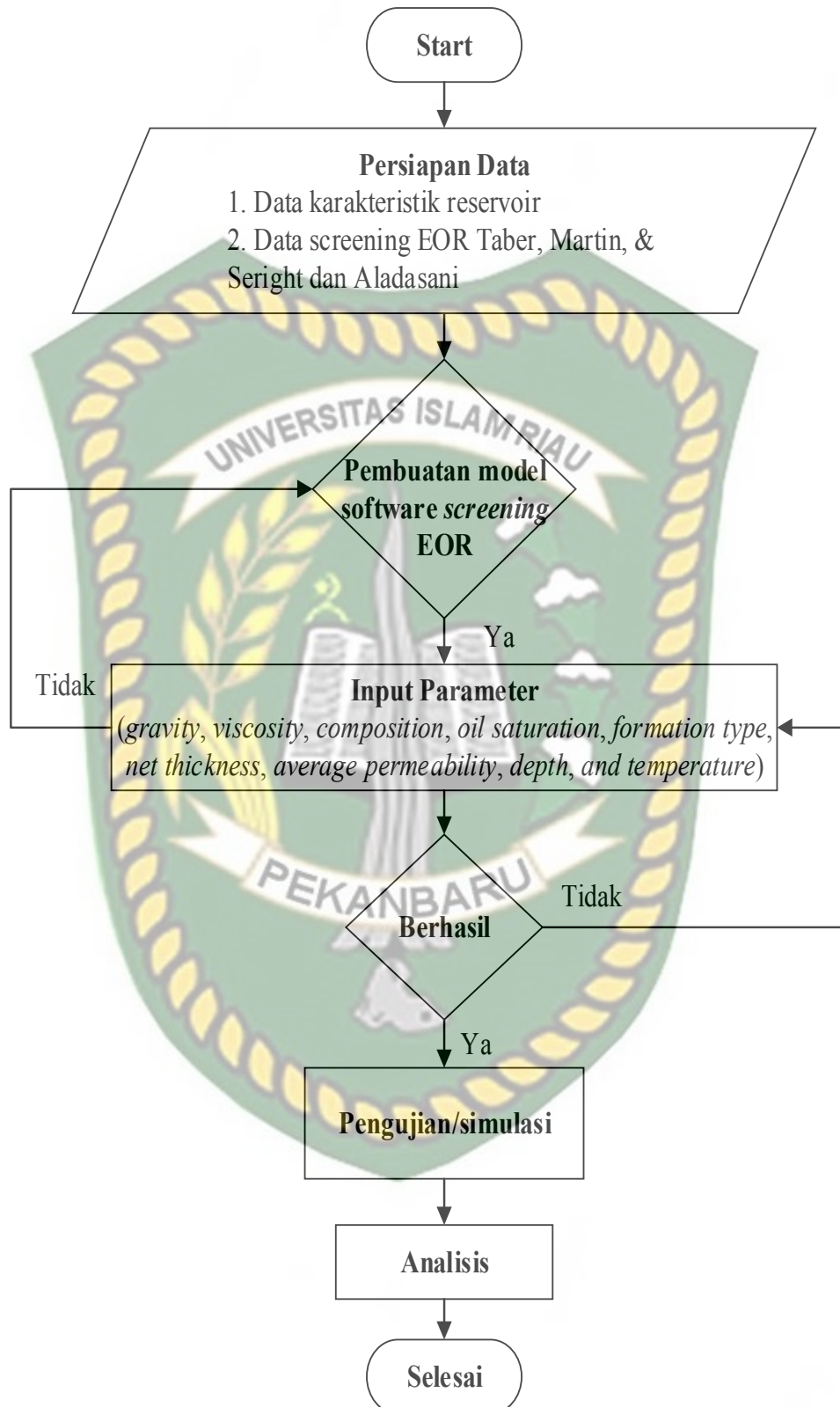
$$NS = \frac{(p - \bar{q})}{(\alpha + \delta)} \quad (4)$$

3. Kemudian hasil dari perhitungan himpunan *fuzzy* PSE, PS, NSE, dan NS diseleksi kembali menggunakan formula  $K_{j_0}$  yang berfungsi sebagai output dari sistem sehingga didapatkan hasil metode EOR yang tepat pada lapangan yang diteliti.

$$K_{j_0} = \frac{\sum_{i \in I} B_i^{(j_0)}}{\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} B_i^{(j)}}$$

4. Setelah semua tahapan perhitungan metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* dimasukkan ke dalam sistem, barulah melakukan penginputan data lapangan untuk menentukan metode EOR mana yang tepat pada lapangan yang diteliti tersebut.





Gambar 3.2 Diagram alur penelitian

## 3.2 JENIS PENELITIAN

### 3.2.1 Simulasi

Penelitian yang dilakukan menggunakan *simulation research* untuk menentukan metode EOR yang tepat pada lapangan yang diteliti. Parameter yang dibutuhkan dalam melakukan *screening criteria* berupa *gravity*, *viscosity*, *composition*, *oil saturation*, *formation type*, *net thickness*, *average permeability*, *depth*, dan *temperature*.

**Tabel 3.1** Data reservoir lapangan X

NO	DATA	HASIL
1	<i>Oil Gravity</i>	42.8 °API
2	<i>Viscosity</i>	0.44 cp
3	<i>Composition</i>	<i>High Percent C1 to C7</i>
4	<i>Oil Saturation</i>	53%
5	<i>Formation Type</i>	<i>Sandstone</i>
6	<i>Net Thickness</i>	35 ft
7	<i>Permeability</i>	125 md
8	<i>Depth</i>	2729 ft
9	<i>Temperature</i>	133 F

(doc. PT. Samudera energy)

## 3.3 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Simulasi Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Teknik pengambilan data untuk penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari teori-teori, jurnal-jurnal penelitian, dan tugas akhir yang ada serta data perusahaan yang berkaitan dengan penelitian, seperti: data karakteristik reservoir, data produksi sumur, dan data *screening criteria* EOR. Dalam pembuatan model penelitian ini melakukan kolaborasi dengan Prodi Teknik Informatika Universitas Islam Riau.

3.4 JADWAL PENELITIAN

Penelitian dilakukan mulai pada bulan Januari 2019 hingga bulan Juli 2019 dengan perincian kegiatan dapat dilihat pada tabel 3.2.

No	Jenis Kegiatan	Periode 2019																															
		Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Pengumpulan Referensi																																
2	Pembuatan Proposal																																
3	Pengumpulan Data																																
4	Penelitian																																
5	Analisis Sistem																																
6	Pembuatan Aplikasi																																
7	Uji Aplikasi																																
8	Implementasi																																
9	Analisis Hasil																																

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Di dalam bab ini akan disampaikan hasil serta pembahasan yang didapat dari penelitian “Pemilihan Metode EOR Yang Tepat Pada Lapangan X Menggunakan metode *Fuzzy Logic Trapezoidal Shape LR-Type*”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui urutan metode EOR pada lapangan X berdasarkan data *oil properties* dan *reservoir characteristic*. Selain itu, dalam penelitian ini akan direkomendasikan metode EOR yang cocok digunakan pada lapangan X.

### 4.1 SCREENING SOFTWARE BARU BERBASIS JAVA

Dari gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat hasil *screening criteria* metode EOR menggunakan *software fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* berbasis JAVA dan detail hasil *screening* berdasarkan karakteristik di lapangan X.

The screenshot shows a web-based form for screening EOR methods. The form is titled "FORM SCREENING" and contains several input fields and a summary box. The input fields are arranged in two columns. The summary box on the right displays the results of the screening process, including the Korff value and the recommended EOR method. The buttons at the bottom right allow the user to perform the screening, cancel the operation, or reset the form.

Parameter	Value
Tipe Lapangan	Indonesi
Tipe Reservoir	Field Blok Muntah
Lapisan	X
Tipe	Indonesi
Perforasi	100%
Perforasi Type	Sendirine
Rata-Rata	420
Perforasi Dp	10%
Tinggi	2720
Perforasi Lm	155

Summary Box:

- Korff: 28.64 W
- DOE: Nitrogen dan Flue gas flooding

Buttons: Screening, Batal, Reset

Gambar 4.1 Hasil *screening* baru berbasis JAVA

ID KAS	Nitrogen	EOR	M.A.	R.A.	FLOD1	FLOD2	FLOD3	FLOD4	FLOD5	FLOD6	FLOD7	FLOD8	FLOD9	FLOD10	FLOD11	FLOD12	FLOD13	FLOD14	FLOD15
Screening	Hydro	X	2019	Nitro	28.64	42.8	0.44	High	53	Sandu	120	125	2729	133					

ID KASUS	EOR	Hasil BAO	Hasil B1	Hasil B2	Hasil K00
Screening1	Nitrogen dan flue gas	94912	21	3	28.64 %
Screening1	CO2 Flooding	95010	195	2	24.871 %
Screening1	Polymer Flooding	1.77932e+007	212774	4	20.912 %
Screening1	Steam Flooding	1.77932e+007	1.77932e+007	5	20 %
Screening1	Alkaline surfactant polymer	1.77932e+007	35940	6	18.586 %

**Gambar 4.2** Detail hasil *screening* baru berbasis JAVA

Dari hasil *screening criteria* menggunakan *software* baru berbasis JAVA didapatkan urutan hasil *screening* seperti yang terlihat pada tabel 4.1 dimana hasil dengan persentase tertinggi adalah metode *nitrogen and flue gas* sekitar 28.64% kemudian dilanjutkan oleh metode CO<sub>2</sub> 24.871%, *polymer flooding* 20.912%, *steam* 20%, *alkaline surfactant polymer* 18.586%, *combustion* 18.435% dan *hydrocarbon* 11.251%. Pada *software* ini dapat dilihat bahwa *nitrogen and flue gas* menjadi metode yang paling direkomendasikan untuk diterapkan di lapangan X.

**Tabel 4.1** Urutan hasil *screening criteria* berbasis JAVA

No	Metode EOR	Hasil Screening (%)
1.	<i>Nitrogen and flue gas</i>	28.64
2.	CO <sub>2</sub>	24.871
3.	<i>Polymer flooding</i>	20.912
4.	<i>Steam</i>	20
5.	<i>ASP</i>	18.586

6.	<i>Combustion</i>	18.435
7.	<i>Hydrocarbon</i>	11.251

Data lapangan X ini diambil dari TA (Ibnu Hakim, 2018:23). Tentang *screening* EOR yang dilakukan secara manual. Berdasarkan hasil penelitiannya, hasil *screening* di urutan teratas adalah CO<sub>2</sub> sebesar 100%, *hydrocarbon* 88.9%, *polymer flooding* 88.9%, *nitrogen and flue gas* 88.9%, *combustion* 66.7%, *alkaline surfactant polymer* 66.7%, dan *steam* 66.7%. Ada alasan perbedaan terhadap hasil urutan metode EOR yang dihasilkan secara manual dengan menggunakan *software fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* dimulai dari *range* yang digunakan dalam *software fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* tidak hanya menggunakan tabel Taber, Martin & Seright tetapi juga dikombinasikan menggunakan tabel Aladasani dimana sudah dijelaskan dalam latar belakang penelitian ini dikarenakan *screening criteria* yang direkomendasikan oleh Taber tidak dapat diambil sebagai tingkat matematis yang kuat dalam menentukan metode EOR. Kemudian analisis *screening* yang dilakukan juga berbeda satu secara manual dan satu lagi menggunakan sebuah *software*.

Metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* ini sudah pernah diterapkan sebelumnya melakukan *screening* di lapangan Alberta menggunakan perhitungan yang dilakukan secara manual. Hasil investigasi menunjukkan lapangan tersebut memiliki tingkat keberhasilan terbesar jika dilakukan injeksi CO<sub>2</sub> sebesar 21.1% dibandingkan metode lainnya. Sebelumnya lapangan tersebut sudah pernah diterapkan metode EOR khususnya injeksi CO<sub>2</sub> dan terbukti bahwa lapangan tersebut berhasil dilakukan injeksi CO<sub>2</sub> dan mampu meningkatkan jumlah produksi minyak yang cukup efektif (Suleimanov et al., 2016).

Dapat disimpulkan bahwa metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* sudah terbukti berhasil melakukan *screening* yang tepat dan sesuai dengan proses EOR yang telah dilakukan sebelumnya pada lapangan tersebut. Apalagi mekanisme pendorong yang ada pada lapangan X adalah *solution gas drive* yang sangat cocok diterapkan pada metode EOR seperti *nitrogen and flue gas* dari hasil *screening* yang dilakukan. Kemudian berdasarkan analisis data *oil properties* dan



*reservoir characteristic* yang ada pada lapangan, *nitrogen and flue gas* sangat cocok diterapkan pada lapangan yang diteliti ini.

#### 4.2 PERBANDINGAN HASIL *SCREENING CRITERIA SOFTWARE* EORgui DENGAN *SOFTWARE FUZZY LOGIC TRAPEZOIDAL SHAPE LR-TYPE* BERBASIS JAVA



Gambar 4.3 Hasil *screening software* EORgui

Well:   
 API Gravity:       Formation:       Depth (feet):   
 Oil Viscosity (cp):       Thickness:       Temperature (deg F):   
 Oil Separation Invol:       Composition:       Permeability (md):

**Screening Summary: Detail**

Properties	Mixtures and Flux Gas	Hydrocarbon	Carbon Dioxide	Unsat. Gas	Miscible GOR, and Flooding	Polymer Flooding	Combustion	
Oil API Gravity	> 35 Average 43	> 25 Average 31	> 22 Average 32	> 11	> 25 Average 32	> 75 = 40	> 15 Average 15	Yes
Oil Viscosity (cp)	> 1.0 Average 0.55	> 1.0 Average 0.5	> 1.0 Average 0.5	> 1.0	> 1.0 Average 0.5	> 1.0 = 100	> 0.5 Average 0.5	Yes
Composition	High % C14+	High % C14+	High % C14+	Not critical	Not critical	Not critical	Some volatile components	No
Oil Separation (% Invol)	> 0.4 Average 0.52	> 0.25 Average 0.52	> 0.25 Average 0.52	> 0.25 Average 0.70	> 0.25 Average 0.52	> 0.25 = 100	> 0.5 Average 0.72	Yes
Formation Type	Sandstone or Carbonate	Sandstone or Carbonate	Sandstone or Carbonate	Not critical	Not critical	Not critical	High porosity reservoir	High 69
Net Thickness (ft)	Thin unless dippery	Thin unless dippery	Thin unless dippery	Not critical dippery	Not critical	Not critical	> 10 feet	>
Average Permeability (md)	Not critical	Not critical	Not critical	Not critical	> 15 md Average 450 md	> 10 md Average 800 md	> 100 md	Yes
Depth (ft)	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200	> 100	Yes
Temperature (deg F)	Not critical	Not critical	Not critical	Not critical	> 200	> 200	> 100	No

Gambar 4.4 Detail hasil screening software EORgui

**FORM SCREENING**

Input Screening:  
 Well Name:       API Gravity:   
 Output Permeability:       Viscosity:   
 Invol:       Composition:   
 Temp:       Oil Separation:   
 Formation Type:   
 Net Thickness:   
 Permeability:   
 Depth:   
 Temperature:

Result: **28.84 %**  
**Oil**  
**Oil** Nitrogen dan Flux gas Flooding

Gambar 4.5 Hasil screening software fuzzy logic

The screenshot shows a software window titled "DETAIL SCREENING". It contains several data tables. The top table, "Data Detail Screening", lists parameters like ID Kls., Engh., Lapa., Tang., EOR, Hasil, Crack., Misc., Com., Oil So., Form., Met., Form., Death, and Temp. Below it are two large tables with multiple columns representing different screening criteria and their results. The bottom table, "ID Kasus", summarizes the results for different screening methods.

ID Kasus	EOR	Hasil EOR	Hasil B1	Hasil B2	Hasil K1
Screening1	Nitrogen dan H2o gas	84312	21	3	28.64%
Screening1	CO2 flooding	94110	140	2	24.87%
Screening1	Polymer flooding	1.77982e+007	212774	4	20.91%
Screening1	Steam flooding	1.77982e+007	1.77982e+007	5	20%
Screening1	Water quality change	1.22687e+007	22940	0	18.59%

**Gambar 4.6** Detail hasil *software fuzzy logic*

Dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.6. Adanya perbedaan hasil urutan *screening criteria* dari EORgui dengan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* yang dapat dilihat lebih jelas pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Perbandingan hasil *software* EORgui dengan *software* baru

No	<i>Software</i> EORgui		<i>Software fuzzy logic trapezoidal shape LR-type</i>	
	Metode EOR	Hasil	Metode EOR	Hasil
1	SP/ASP	82%	<i>Nitrogen</i>	28.64%
2	<i>Combustion</i>	75%	CO <sub>2</sub>	24.87%
3	<i>Immiscible</i>	67%	<i>Polymer</i>	20.91%
4	<i>Polymer</i>	60%	<i>Steam</i>	20%
5	<i>Steam</i>	60%	SP/ASP	18.59%
6	<i>Nitrogen</i>	50%	<i>Combustion</i>	18.44%
7	CO <sub>2</sub>	44%	<i>Hydrocarbon</i>	11.25%
8	<i>Hydrocarbon</i>	40%	-	-

Kemudian nilai persentase yang diperoleh dari masing-masing *software* juga jauh berbeda dimana EORgui nilai persentase yang dihasilkan rata-rata > 50%

sedangkan hasil dari *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* rata-rata  $< 20\%$ . Ada alasan utama yang membuat perbedaan hasil urutan metode EOR yang dihasilkan serta nilai persentase yang diperoleh dari masing-masing *software*, dimulai dari *range* yang digunakan dalam *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* tidak hanya menggunakan tabel Taber, Martin & Seright tetapi juga dipadukan dengan tabel Aladasani, dikarenakan *screening criteria* yang direkomendasikan oleh Taber tidak dapat diambil sebagai tingkat matematis yang kuat dalam menentukan metode EOR yang sudah dijelaskan sebelumnya dilatar belakang penelitian ini.

Kemudian analisis *screening* yang dilakukan juga berbeda, EORgui menggunakan pembobotan nilai didasarkan pada tingkat kriteria terpenuhi atau tidak menggunakan tabel *screening* dari Taber dan didapatkan hasil persentasenya terhadap masing-masing metode EOR (Almagrbi, Abdelsadeq, Alhebshy, Muftah, & Almabrouk, 2017).

Sementara *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* menggunakan skema penilaian berupa angka antara 0 dan 1 yang didapatkan dari *range* menggunakan tabel Taber, Martin & Seright dan tabel Aladasani. Dimana jika angka 0 menandakan bahwa kriteria tidak memenuhi, sedangkan jika angka antara 0 dan 1 menandakan bahwa sebagian kriteria memenuhi dan jika angka 1 menandakan bahwa kriteria sangat memenuhi. Tetapi *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* ini tidak hanya sampai di skema penilaian saja untuk menentukan hasil *screening criteria*. Dimana hasil skema penilaian yang diperoleh dihitung kembali menggunakan *two fuzzy LR-type* berupa empat indikator himpunan *fuzzy* yaitu PSE, PS, NSE, dan NS. Sedangkan EORgui hanya sampai pada pembobotan nilai didasarkan pada tingkat kriteria terpenuhi atau tidak untuk menentukan hasil *screening criteria*.

Dari hasil perhitungan *two fuzzy LR-type* didapatkan hasil *fuzzyfikasi* dari PSE, PS, NSE, dan NS yang dapat dilihat pada gambar 4.6. Dimana *two fuzzy LR-type* ini memiliki bobot penilaian antara 0 dan 1. Yaitu pada saat nilai PSE, PS, NSE, dan NS dalam keadaan nilai positif maka nilai *fuzzyfikasi* dari PSE, PS, NSE, dan NS adalah 1 dan jika saat nilai PSE, PS, NSE, dan NS dalam keadaan nilai negatif maka nilai *fuzzyfikasi* dari PSE, PS, NSE, dan NS adalah 0.

Kemudian hasil *fuzzyfikasi* dari PSE, PS, NSE, dan NS yang digunakan adalah *fuzzyfikasi* yang paling terakhir karena sudah melingkupi semua nilai yang ada pada *fuzzyfikasi* dari PSE, PS, NSE, dan NS. Untuk diseleksi kembali menggunakan formula  $K_{jo}$  yang berfungsi sebagai output dari sistem sehingga didapatkan hasil *screening criteria* dari metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* tersebut.

Alasan ini yang menjadi dasar adanya perbedaan terhadap hasil urutan *screening* dan persentase yang diperoleh dari *software* EORgui dengan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type*. Dari hasil *screening* yang diperoleh menggunakan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* dapat disimpulkan bahwa benar ilmu dari *fuzzy logic* dapat mengatasi sesuatu hal yang tidak pasti menjadi pasti, yang tidak tepat menjadi tepat dalam suatu masalah. Apalagi lapangan X yang diteliti ini memiliki mekanisme pendorong jenis *solution gas drive*. Jenis mekanisme pendorong ini lebih cocok menggunakan metode EOR jenis gas dimana hasil *screening criteria* yang diperoleh dari *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* adalah *nitrogen and flue gas*. Sedangkan hasil *screening criteria* EORgui adalah *micellar/polymer, ASP, and Alkaline flooding* yang lebih cocok diterapkan pada lapangan yang mekanisme pendorong jenis *water drive*.

Hasil urutan *screening* metode EOR dengan nilai persentase dibawah 20% menggunakan metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* untuk masing-masing metode EOR sudah pernah diterapkan sebelumnya tidak hanya di lapangan Alberta melainkan di lapangan Shallow Water Guneshli (SWG) yang dapat dilihat pada tabel 4.3 dan sudah melakukan uji coba terhadap empat metode EOR yang dihasilkan yaitu CO<sub>2</sub> (*miscible displacement*), N<sub>2</sub> (*immiscible displacement*), *hydrocarbon (miscible displacement)*, dan *polymer flooding*. Kemudian dilakukan analisis terhadap empat metode EOR yang dihasilkan dan didapatkan *oil recovery factor* untuk CO<sub>2</sub> (*miscible*) 78%, N<sub>2</sub> (*immiscible*) 70%, *hydrocarbon (miscible)* 65.3%, dan *polymer* 61% setelah dilakukan pendesakkan. Hasil dari uji coba tersebut membenarkan hasil *screening* yang diperoleh dari metode *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* walaupun nilai persentase yang diperoleh dari masing-

masing metode EOR < 20% (Baghir A Suleimanov, Ismayilov, Dyshin, & Veliyev, 2016).

**Tabel 4.3** Urutan hasil *screening* lapangan SWG

No	Taber, Martin & Seright		Aladasani & Bai		Software fuzzy logic trapezoidal shape LR-type (Taber & Aladasani)	
	Metode EOR	Hasil	Metode EOR	Hasil	Metode EOR	Hasil
1	CO <sub>2</sub>	24.1%	CO <sub>2</sub>	24.2%	Polymer	27.8%
2	Hydrocarbon	21.9%	Nitrogen (imm)	17.1%	CO <sub>2</sub>	24.8%
3	Polymer	17.4%	Hydrocarbon	15.9%	SP/ASP	24.7%
4	Combustion	12.9%	Polymer	14.7%	Steam	20%
5	Nitrogen	11.2%	CO <sub>2</sub> (imm)	8.4%	Combustion	18.4%
6	Steam	7.1%	Hydrocarbon (imm)	5.8%	Hydrocarbon	11.2%
7	SP/ASP	5.4%	SP/ASP	7.9%	Nitrogen	10.5%
8	-	-	Nitrogen	4%	-	-
9	-	-	Steam	3%	-	-
10	-	-	Combustion	2%	-	-

(Baghir A Suleimanov, Ismayilov, Dyshin, & Veliyev, 2016)

Penerapan *fuzzy logic* terhadap *screening* EOR sudah pernah dilakukan sebelumnya tidak hanya menggunakan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* melainkan menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS). Penerapan FIS dalam *screening* EOR juga terdapat perbedaan hasil dari dua alat *screening* EOR yang dilakukan yaitu EORgui dan EORFTR menggunakan model FIS yang dapat

dilihat pada gambar 2.3 karena EORFTR menggunakan *screening criteria* yang telah diperbarui dari Taber yaitu Aladasani, sedangkan EORgui menggunakan *screening criteria* dari Taber. Dapat dilihat pada gambar 2.4 injeksi *steam* dipandang layak di reservoir X2 dan X3 dengan *screening criteria* yang telah diperbarui, sementara itu tidak layak oleh EORgui. Disebabkan EORgui mengecualikan metode injeksi *steam* ketika permeabilitas reservoir kurang dari 200 md, sedangkan *screening criteria* yang telah diperbarui menunjukkan bahwa injeksi *steam* ini layak karena banyak proyek EOR baru-baru ini sukses diimplementasikan menggunakan permeabilitas reservoir dibawah batas ini. Hal ini menunjukkan bahwa *screening criteria* yang telah diperbarui menggunakan berbagai proyek EOR yang telah sukses (Nageh et al., 2015).



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa urutan metode EOR pada lapangan X berdasarkan hasil *screening criteria* menggunakan *fuzzy logic trapezoidal shape LR-type* adalah *Nitrogen and flue gas*, *CO<sub>2</sub>*, *Polymer flooding*, *Steam*, *Micellar/polymer*, *ASP*, and *Alkaline flooding*, *Combustion*, dan *Hydrocarbon*. Berdasarkan *screening criteria* yang dilakukan bahwa *nitrogen and flue gas* adalah metode EOR yang paling direkomendasikan digunakan pada lapangan X. Apalagi lapangan X ini memiliki mekanisme pendorong jenis *solution gas drive* yang sangat cocok diterapkan menggunakan *nitrogen and flue gas*.

### 5.2 SARAN

Saran yang dapat peneliti berikan untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan parameter lainnya selain sembilan data parameter *gravity*, *viscosity*, *composition*, *oil saturation*, *formation type*, *net thickness*, *average permeability*, *depth*, dan *temperature* yang digunakan dalam penelitian ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgawad, K. Z., & Mahmoud, M. A. (2014, April). High-performance EOR system in carbonate reservoirs. In *SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Abdulraheem, A., Sabakhy, E., Ahmed, M., Vantala, A., Raharja, P. D., & Korvin, G. (2007, January). Estimation of permeability from wireline logs in a middle eastern carbonate reservoir using fuzzy logic. In *SPE middle east oil and gas show and conference*. Society of Petroleum Engineers.
- Al-Adasani, A., & Bai, B. (2010, January). Recent developments and updated screening criteria of enhanced oil recovery techniques. In *International Oil and Gas Conference and Exhibition in China*. Society of Petroleum Engineers.
- Ahmed, S., Elkatatny, S., Ali, A. Z., Mahmoud, M., & Abdulraheem, A. (2019, March). Rate of penetration prediction in shale formation using fuzzy logic. In *International Petroleum Technology Conference*. International Petroleum Technology Conference.
- Attia, M., Mahmoud, M. A., Abdulraheem, A., & Al-Neaim S. A. (2013, March). Evaluation of the pressure drop due to multi phase flow in horizontal pipes using fuzzy logic and neural networks. In *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference*. Society of Petroleum Engineers.
- Bahadori, A. (2018). *Fundamentals of Enhanced Oil and Gas Recovery from Conventional and Unconventional Reservoirs*. Gulf Professional Publishing.
- Bourdarot, G., & Ghedan, S. G. (2011, January). Modified EOR Screening Criteria as Applied to a Group of Offshore Carbonate Oil Reservoirs. In *SPE Reservoir Characterisation and Simulation Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Elkatatny, S., Abdulraheem, A., Mahmoud, M., Ali, A. Z., & Mohamed, I. M. (2018, August). Pore Pressure Prediction While Drilling Using Fuzzy Logic. In *SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Hakim, I. (2018). *EOR Screening pada Sumur X dan Y di Lapangan Z*. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Perminyakan. Universitas Islam Riau: Pekanbaru.
- Maximiano, C., Carrasquilla, A. (2011, June). Simulation of parameters derived from nuclear magnetic resonance log using conventional well logs and fuzzy

logic. In *Brazil Offshore Conference and Exhibition, Macae, Brazil* (p. 4).

- Muftah, A., & Almagrouk, M. A. (2017). CO<sub>2</sub> miscible flooding for Aswad Oil Field.
- Muslim, A., Bae, W., Permadi, A. K., Am, S., Gunadi, B., Saputra, D. D. S., ... & Gunandi, T. A. (2013, October). Opportunities and challenges of CO<sub>2</sub> flooding implementation in Indonesia. In *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Nageh, M., El Ela, M. A., El Tayeb, E. S., & Sayyoub, H. (2015, September). Application of Using Fuzzy Logic as an Artificial Intelligence Technique in the Screening Criteria of the EOR Technologies. In *SPE North Africa Technical Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Olatunji, S. O., Selamat, A., Azeez, A., & Raheem, A. (2015, June). Harnessing the Power of Type-2 Fuzzy Logic System in the Prediction of Reservoir Properties. In *SPE Saudi Arabia Section Annual Technical Symposium and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Oluwajuwon, I., & Olugbenga, F. (2018, August). Evaluation of Water Injection Performance in Heterogeneous Reservoirs Using Analytical Hierarchical Processing and Fuzzy Logic. In *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Popa, A. S. (2013, September). Identification of horizontal well placement using fuzzy logic. In *SPE annual technical conference and exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Rita, N. (2012). Studi Mekanisme Injeksi Surfaktan-Polimer pada Reservoir Berlapis Lapangan NR Menggunakan Simulasi Reservoir. *Journal of Earth Energy Engineering*, 1(1), 22–36.
- Satpathy, P. K., Panda, R. P., & Biswal, B. D. (2010, June). A novel fuzzy approach to handle parameter uncertainties in bifurcation analysis for identification of critical busbars. In *2010 IEEE 11th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems* (pp. 741-744). IEEE.
- Siena, M., Guadagnini, A., Rossa, E. D., Lamberti, A., Masserano, F., & Rotondi, M. (2015, June). A new Bayesian approach for analogs evaluation in advanced EOR screening. In *EUROPEC 2015*. Society of Petroleum Engineers.
- Smalley, P. C., Muggeridge, A. H., Dalland, M., Helvig, O. S., Høgnesen, E. J., Hetland, M., & Østhus, A. (2018, April). Screening for EOR and Estimating

Potential Incremental Oil Recovery on the Norwegian Continental Shelf. In *SPE Improved Oil Recovery Conference*. Society of Petroleum Engineers.

Suleimanov, B. A., Ismailov, F. S., Dyshin, O. A., & Veliyev, E. F. (2016, October). Screening Evaluation of EOR Methods Based on Fuzzy Logic and Bayesian Inference Mechanisms (Russian). In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

Suleimanov, B. A., Ismayilov, F. S., Dyshin, O. A., & Veliyev, E. F. (2016). Selection methodology for screening evaluation of EOR methods. *Petroleum Science and Technology*, 34(10), 961-970.

Taheri, R., & Tait, A. M. (2006, January). Remote sensing, fuzzy logic and GIS in petroleum exploration. In *SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

Trujillo Portillo, M. L., Mercado Sierra, D. P., Maya, G. A., Castro Garcia, R. H., Soto, C. P., Perez, H. H., & Gomez, V. (2010, January). Selection methodology for screening evaluation of enhanced-oil-recovery methods. In *SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference*. Society of Petroleum Engineers.

Xiao, Y., Guo, J., & Songgen, S. (2015, October). A Comparison Study of Utilizing Optimization Algorithms and Fuzzy Logic for Candidate-Well Selection. In *SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

Zerafat, M. M., Ayatollahi, S., Mehranbod, N., & Barzegari, D. (2011, January). Bayesian network analysis as a tool for efficient EOR screening. In *SPE Enhanced Oil Recovery Conference*. Society of Petroleum Engineers.

Zhao, X., Popa, A., Ershaghi, I., Aminzadeh, F., Li, Y., & Cassidy, S. (2019). Reservoir Geostatistical Estimates of Imprecise Information Using Fuzzy-Kriging Approach. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*.

Zoveidavianpoor, M., Samsuri, A., & Shadizadeh, S. R. (2012, January). Development of a fuzzy system model for candidate-well selection for hydraulic fracturing in a carbonate reservoir. In *SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.