

**1PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC* MAMDANI PADA
LAPANGAN X**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik



Oleh

NIKEN KARINA RINALDI

153210673

Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

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

2019

**PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC* MAMDANI PADA
LAPANGAN X**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik



Oleh

NIKEN KARINA RINALDI

153210673

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

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Niken Karina Rinaldi
NPM : 153210673
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC* MAMDANI
PADA LAPANGAN X

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

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

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

Diterapkan 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 di dalamnya 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, 11 Desember 2019

Niken Karina Rinaldi
NPM 153210673



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah SWT karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penelitian 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 untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, ayah Ismarinaldi dan ibu Sri Rohyati, kakak Bella Puspita Sari serta keluarga besar atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril maupun materil yang selalu diberikan sampai penyelesaian tugas akhir ini.
2. Tomi Erfando, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Nesi Syafitri, S.Kom., M.Cs selaku dosen Teknik Informatika serta Widya Lestari Mahasiswa Teknik Informatika yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kerja sama untuk menghasilkan sebuah aplikasi.
4. Ketua dan Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan dukungan yang telah diberikan.
5. Seluruh teman-teman Teknik Perminyakan UIR yang telah memberi semangat kepada saya, terutama untuk *Oleum 15B* (PE 2015 B) dan teman-teman yang membantu dalam penyelesaian tugas akhir yaitu Yuni, Yudha, Fadillah dan teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Teriring doa serta shalawat, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 11 Desember 2019

Niken Karina Rinaldi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 <i>ENHANCED OIL RECOVERY</i>	3
2.2 <i>SCREENING CRITERIA EOR</i>	5
2.3 <i>FUZZY LOGIC MAMDANI</i>	12
2.4 <i>JAVA EORKEN</i>	15
2.4 APLIKASI LAPANGAN	19
2.4.1 Aplikasi Lapangan <i>Screening Fuzzy Mamdani</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 METODOLOGI PENELITIAN	20

3.2	JENIS PENELITIAN.....	22
3.4	TEMPAT PENELITIAN.....	22
3.5	JADWAL PENELITIAN.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN.....		24
4.1	<i>SCREENING CRITERIA</i> MANUAL.....	24
4.2	<i>SCREENING FUZZY LOGIC</i> MAMDANI.....	26
4.3	PERBANDINGAN EORKEN DENGAN EORGUI.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		33
5.1	KESIMPULAN.....	33
5.2	SARAN.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....		34
LAMPIRAN I.....		38
LAMPIRAN II.....		40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Fungsi Keanggotaan <i>Linier</i> naik.....	12
Gambar 2.2	Grafik Fungsi Keanggotaan <i>Linier</i> turun.....	13
Gambar 2.3	Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	13
Gambar 2.4	Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	13
Gambar 2.5	Halaman utama	16
Gambar 2.6	Tampilan data <i>screening criteria</i>	16
Gambar 2.7	Tampilan data metode EOR.....	17
Gambar 2.8	Tampilan <i>study case</i>	17
Gambar 2.9	Tampilan data <i>prediction</i>	18
Gambar 2.10	Tampilan <i>about</i>	18
Gambar 2.11	Tampilan perhitungan data <i>study case</i>	19
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian	21
Gambar 4.1	Hasil <i>screening</i> EORken	29
Gambar 4.2	Hasil <i>screening</i> EORgui	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Screening criteria</i> Taber, Martin, Seright (1997).....	7
Tabel 2.2 <i>Screening criteria</i> Alvarado dan Ranson (2002).....	8
Tabel 2.3 <i>Screening criteria</i> Pan Sang Kang (2014).....	8
Tabel 2.4 <i>Screening criteria</i> Aladasani (2010)	10
Tabel 2.5 Data reservoir lapangan di Egyptian	19
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 4.1 Data lapangan X	24
Tabel 4.2 Hasil <i>Screening criteria</i> Manual	25
Tabel 4.3 Hasil <i>screening fuzzy logic</i> Mamdani menggunakan tabel Aladasani .	26
Tabel 4.4 Data <i>screening</i> lapangan Indonesia.....	30
Tabel 4.5 Hasil <i>screening</i> lapangan Indonesia.....	30



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Lampiran 2 Contoh Kasus	40
Tabel Lampiran 3 <i>Rule Inferensi</i>	43



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN



API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASP	<i>Alkaline Surfactant Polymer</i>
BOPD	<i>Barrels Oil Per Day</i>
CEOR	<i>Chemical Enhanced Oil Recovery</i>
COMB	<i>Combustion</i>
CO ₂	<i>Carbon Dioxide</i>
EOR	<i>Enhanced Oil Recovery</i>
HC	<i>Hydrocarbon</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
IMMF	<i>Immiscible Flooding</i>
IOR	<i>Improved Oil Recovery</i>
MOM	<i>Mean Of Maximum</i>
MF	<i>Miscible Flooding</i>
mD	<i>Milli Darcy</i>
N ₂	<i>Nitrogen</i>
OOIP	<i>Original Oil In Place</i>
SP	<i>Surfactant Polymer</i>
SPE	<i>Society of Petroleum Engineers</i>
STB	<i>Stock Tank Barrels</i>
ST	<i>Steam Injection</i>
WAG	<i>Water Alternatif Gas</i>

DAFTAR SIMBOL

μ	<i>Member Function</i>
Z	<i>Defuzzyfikasi</i>
x	<i>Range Input</i>
α	<i>Upper Limit</i>
β	<i>Lower Limit</i>



PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC MAMDANI PADA LAPANGAN X

NIKEN KARINA RINALDI
153210673

ABSTRAK

Penggunaan metode *enhanced oil recovery* (EOR) untuk suatu lapangan perlu dipastikan dikarenakan biaya menggunakan metode tersebut tergolong tidak murah. Dalam mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu pemilihan yang tepat untuk meminimalisir kegagalan yang akan terjadi. Perkembangan ide dan aplikasi penggunaan *fuzzy logic* di industri hulu minyak masih baru dan belum banyak digunakan. Penelitian tentang metode EOR suatu lapangan sekarang ini sudah mengalami perkembangan. Hal tersebut memberikan peluang untuk menerapkan konsep *fuzzy logic* pada suatu lapangan dengan *screening criteria* terbaru dari Aladasani. Tiga hal penting yang menyebabkan *fuzzy logic* dapat digunakan di industri hulu minyak bumi yaitu, perkembangan *screening criteria*, metode yang direkomendasikan lebih dari satu, dan tingkat *error* yang lebih kecil. Salah satu metode *fuzzy logic* yaitu Mamdani. Mamdani menghasilkan sebuah aturan yang lebih mudah serta dapat menggabungkan semua data *screening criteria* yang ada dalam satu proses pengerjaan.

Penelitian ini bisa digunakan pada berbagai macam kondisi lapangan selama tersedianya data parameter *screening criteria*. Data lapangan didapatkan dari data sekunder berupa jurnal yang ada. Dalam proses penelitian ini akan menggunakan dua metode *screening* yaitu secara manual dengan menggunakan tabel *screening criteria* Aladasani dan aplikasi yang dibuat berbasis *java* EORken. Aplikasi EORken nantinya akan dibandingkan dengan *software* EORgui mengenai kemiripan metode yang dihasilkan. *Screening criteria* manual digunakan dengan cara mencocokkan data reservoir dan fluida lapangan pada setiap metode EOR, sedangkan *screening criteria* menggunakan aplikasi EORken dan EORgui dengan memasukkan data lapangan ke dalam aplikasi atau *software* sehingga didapatkan perbandingan hasil metode EOR yang direkomendasikan.

Metode EOR yang direkomendasikan dalam penelitian ini adalah ASP dan *polymer flooding*, dimana dari *screening* manual menggunakan tabel Aladasani didapatkan hasil metode *polymer flooding* dan *CO₂ Miscible*. Hasil aplikasi EORken dengan *software* EORgui menampilkan adanya kesamaan terhadap metode pertama yang direkomendasikan yaitu ASP pada lapangan X.

Kata kunci: *Enhanced Oil Recovery*, EOR, *Screening Criteria*, *Software EORgui*, EORken, *Screening Manual*

PEMILIHAN METODE EOR YANG TEPAT MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* MAMDANI PADA LAPANGAN X

NIKEN KARINA RINALDI

153210673

ABSTRACT

The used of enhanced oil recovery (EOR) methods for a field needs to be ensured because the cost of using these methods is not cheap. In overcoming these problems needed an appropriate selection to minimize failures that will occur. The development of ideas and applications of using fuzzy logic in the upstream oil industry is still new and not widely used. Research on the EOR method in a field is now experiencing development. This provides an opportunity to apply the concept of fuzzy logic in a field with the latest screening criteria from Aladasani. Three important things that cause fuzzy logic can be used in the upstream petroleum industry, namely, the development of screening criteria, more than one recommended method, and a smaller error rate. One method of fuzzy logic is Mamdani. Mamdani produces a rule that is easier and can combine all the screening criteria data in one working process.

This research can be used in a variety of field conditions during the availability of screening criteria data. Field data obtained from secondary data in the form of existing journals. In this research process, two screening methods are used manually using the Aladasani criteria screening table and the application is made based on java EORken. The EORken application will be compared with the EORgui software regarding the similarity of the methods produced. Manual screening criteria are used by matching reservoir and field fluid data in each EOR method, while screening criteria use the EORken and EORgui applications by entering field data into the application or software so that a comparison of the results of the EOR method is recommended.

The recommended EOR methods in this study are ASP and polymer flooding, where from manual screening using Aladasani table the results are polymer flooding and CO₂ Miscible methods. The results of the EORken application with the EORgui software show that there are similarities to the first recommended method, namely ASP in X field.

Keywords: *Enhanced Oil Recovery, EOR, Screening Criteria, EORgui Software, EORken, Manual Screening*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Penelitian dan aplikasi tentang *fuzzy logic* telah banyak dilakukan dibidang industri elektronik dan komunikasi. Dalam beberapa tahun terakhir telah berkembang ide dan aplikasi penggunaan *fuzzy logic* di industri hulu minyak bumi seperti *enhanced oil recovery* (EOR). Tiga hal penting yang menyebabkan *fuzzy logic* dapat digunakan di industri hulu minyak bumi yaitu, perkembangan *screening criteria*, metode yang di rekomendasikan bisa lebih dari satu, dan tingkat *error* yang lebih kecil (Abbas & Song, 2011). *Fuzzy logic* memiliki beberapa metode, salah satunya Mamdani. Mamdani menghasilkan sebuah aturan *fuzzy logic* yang lebih mudah dimengerti serta dapat menggabungkan semua data *screening criteria* yang ada dalam satu proses pengerjaan (Ayuningtias & Jumadi, 2017). Pada awal perkembangan *screening criteria*, Taber, Martin, & Seright menggunakannya untuk menentukan metode EOR yang diterapkan disuatu lapangan Alberta, Canada. Hasilnya menunjukan lapangan tersebut memiliki tingkat keberhasilan terbesar jika dilakukan injeksi CO₂ (Suleimanov, Ismailov, Dyshin, & Veliyev, 2016). *Screening criteria* kedua yaitu *fuzzy logic* dengan *software* Matlab pada lapangan Gulf of Suex, Mesir. Hasilnya menunjukan lapangan tersebut memiliki tingkat keberhasilan terbesar jika dilakukan injeksi *combustion* (Nageh et al., 2015). Hal ini menjadikan alasan menggunakan *fuzzy logic* bisa digunakan pada penelitian kali ini untuk menentukan metode EOR yang tepat pada suatu lapangan dengan menggunakan perkembangan *screening criteria* Taber, Martin, & Seright (1997), Alvarado & Ranson (2002), Kang & Lim (2014), dan perkembangan terlengkap dari Aladasani & Bai (2010) dengan tampilan akhir berupa aplikasi *java*. Pada penelitian ini menggunakan data lapangan yang diperoleh dari data Hartono, Hakiki, Abdullah, & Syihab (2017) dan data sekunder tugas akhir yang ada.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui metode EOR pada lapangan X menggunakan *screening* manual tabel Aladasani.
2. Menentukan metode EOR pada lapangan X menggunakan *fuzzy logic* Mamdani.
3. Membandingkan hasil metode menggunakan aplikasi EORken dengan *software* EORgui.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini agar dapat melakukan pemilihan metode EOR yang tepat pada suatu lapangan yang akan diuji dengan bekerja sama dengan Prodi Teknik Informatika Universitas Islam Riau untuk mengembangkan aplikasi yang dapat digunakan di waktu yang akan datang menggunakan *fuzzy logic* pada perhitungan Mamdani dengan tampilan akhir berupa *java* sehingga diharapkan dalam proses pengerjaannya lebih mudah dan dapat mempersingkat waktu.

1.4 BATASAN MASALAH

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data lapangan pada jurnal dan tugas akhir yang ada. Maka dalam penelitiannya hanya dibatasi pada beberapa hal mengenai :

1. Hanya menggunakan rujukan tabel Taber, Martin, Seright, Alvarado Ranson, Pan Sang Kang dan Aladasani.
2. Hanya menggunakan *fuzzy logic* Mamdani.
3. Hanya menggunakan sembilan data *screening* (*API, viscosity, depth, saturation, temperature, net thickness, permeability, formation type, dan porosity*).
4. Hanya menggunakan bahasa program *Java*.
5. Sisi keekonomian EOR tidak diperhitungkan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam diciptakan Allah SWT di bumi agar dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk kebutuhan hidupnya. Manusia harus menggunakan sumber daya alam sebaik mungkin, tidak boleh menggunakan sumber daya alam secara berlebihan dikarenakan akan berakibat tidak akan terpenuhinya lagi kebutuhan manusia. Sebagaimana yang telah di jelaskan oleh Allah SWT dalam firman nya pada Q.S Al-Isra' dan Al-An'am.

2.1 *ENHANCED OIL RECOVERY*

Produksi minyak bumi melalui tahapan *primary* dan *secondary recovery* menyisakan jumlah minyak yang masih bisa diproduksi dalam reservoir. Rata-rata minyak yang tertinggal di dalam reservoir di lapangan minyak Indonesia setelah kedua tahapan tersebut sebesar 60-70% (M. Abdurrahman, 2017a). Seiring meningkatnya jumlah konsumsi minyak bumi diikuti juga dengan penurunan produksi pada sumur-sumur tua, solusi yang ditawarkan untuk menangani hal ini yaitu dengan menerapkan teknologi *lifting* seperti *enhanced oil recovery* (EOR)(Lake, 1989).

EOR menawarkan alternatif untuk meningkatkan perolehan minyak dari lapangan yang ada dengan cara meningkatkan level penyapuan pori dalam reservoir (Chen, Balasubramanian, Bose, Alzahabi, & Thakur, 2018). Metode ini menyebabkan minyak yang masih terdapat pada batuan akan terproduksi dengan maksimal. Sejak sekitar tahun 2004 Indonesia merupakan net impotir, artinya jumlah minyak yang dipakai lebih banyak dari produksi. Produksi minyak di Indonesia terus mengalami penurunan sejak tahun 1995 dan membutuhkan solusi untuk dapat meningkatkannya (Muslim et al., 2013). Hal ini terjadi karena kebanyakan sumur minyak di Indonesia masih menggunakan teknik *recovery* pertama dan yang kedua, sementara untuk *recovery* ketiga masih jarang diaplikasikan (M. B. D. Abdurrahman, 2016).

Teknologi EOR menggunakan fluida dapat menurunkan viskositas dan meningkatkan aliran minyak. Fluida ini dapat berupa gas yang larut dalam

minyak, *steam*, larutan *polymer*, gel, formulasi *surfactant-polymer*, formulasi *alkali-surfactant-polymer* atau formulasi mikroorganisme, dan sistem pembakaran (Shedid, 2015). *Thermal EOR* melalui injeksi *steam* telah banyak digunakan. Panas dari *steam* dapat mengurangi viskositas minyak, dan membuatnya lebih mudah mengalir. *Miscible EOR* dalam metodenya menggunakan CO₂ dengan karakteristik minyak yang biasanya mengandung minyak ringan. Injeksi *miscible* CO₂ akan terjadi pencampuran CO₂ dan minyak di dalam reservoir, sehingga tegangan antar muka kedua zat tersebut hilang. CO₂ dapat meningkatkan *recovery* minyak dengan tekanan tinggi, selain itu juga nitrogen dapat digunakan sebagai pengganti CO₂ (Talebian, Masoudi, Tan, & Zitha, 2014). *Chemical Flooding* yang biasa digunakan adalah *polymer flooding*, *surfactant-polymer flooding*, dan *alkaline-surfactant-polymer (ASP) flooding*. Teknologi *polymer flooding* menggunakan sifat *polymer* yang dapat larut dalam air sehingga dapat meningkatkan viskositas injeksi air dan lebih efisien untuk minyak yang cukup kental (Hou, Donghong, & Jian, 2016). Penambahan *surfactant* pada formulasi *polymer* dapat mengurangi tegangan antar muka air dan minyak hingga mendekati nol, membuat minyak terperangkap sehingga minyak dapat mengalir. Sebuah variasi dari proses ini adalah dengan menambahkan alkali untuk formulasi *surfactant-polymer*. Untuk beberapa jenis minyak, alkali dapat mengubah asam dalam minyak dan membantu *recovery* minyak. Alkali bermanfaat dalam mengurangi referensi surfaktan dalam batuan (Hongyan et al., 2018).

Metode EOR yang telah diterapkan di Indonesia salah satunya adalah metode *thermal* yang diterapkan sejak 1967. Proyek EOR *thermal* pertama menerapkan teknik *huff and puff*. Pendekatan ini merupakan awal dari proyek *steam flooding* yang telah mampu memperpanjang produksi lapangan Duri hingga saat ini. Sejak 1975, lapangan Duri telah menerapkan dua metode EOR yaitu injeksi kaustik dan *steam flooding*. Target reservoir antara 140 ft hingga 240 ft dan minyak dikategorikan sebagai minyak berat dengan 22 °API *gravity*. Proyek *steam flooding* berhasil meningkatkan perolehan minyak pada lapangan ini, sedangkan injeksi kaustik dihentikan karena kegagalannya pada tahun 1979.

Setelah itu, *steam flooding* dipilih untuk sepenuhnya dilaksanakan di lapangan Duri (M. Abdurrahman, 2017b).

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa pengaplikasian EOR memiliki kesempatan yang bagus untuk dapat diterapkan di Indonesia karena diketahui bahwa teknologi EOR ini merupakan jalan untuk dapat meningkatkan produksi minyak bumi, untuk itulah dilakukan *screening criteria* EOR agar dapat diketahui metode EOR yang paling cocok untuk digunakan pada suatu lapangan (Zerifat, Ayatollahi, Mehranbod, & Barzegari, 2011).

2.2 SCREENING CRITERIA EOR

Menurut Hama, Wei, Saleh, & Bai (2014) dalam menentukan metode yang tepat suatu lapangan adalah mengetahui kriteria utama sifat batuan dan fluida reservoir dari suatu lapangan. Oleh karena itu Satter dan Thakur mengidentifikasi beberapa parameter yang harus ada dalam proses *screening criteria* dari suatu lapangan yang meliputi: kedalaman, ketebalan, permeabilitas, suhu, API, dan viskositas minyak. Satter dan Thakur menyarankan nilai batas tertentu atau rentang yang diperlukan untuk menjadi lebih efektif yaitu minimal enam parameter yang diketahui. Masing-masing metode EOR diberi skor berdasarkan berapa banyak data yang sama dan dapat memenuhi kriteria. Akhirnya, semua parameter EOR diberi peringkat berdasarkan skor tersebut untuk mengidentifikasi metode EOR yang paling cocok. Parameter *screening criteria* EOR dari Satter dan Thakur dikembangkan Taber, Martin, dan Seright agar memiliki data yang lebih luas agar nantinya metode yang dihasilkan lebih akurat dan tepat. Beberapa tambahan parameter *screening criteria* yang digunakan Taber et al (1997b) yaitu : API, porositas, viskositas minyak, saturasi minyak, jenis formasi, tebal reservoir, kedalaman reservoir, suhu reservoir, dan permeabilitas (Suleimanov et al., 2016).

Pada awal perkembangan *screening criteria* dilakukan oleh Taber, Martin, Seright dimana menghasilkan delapan metode dari sembilan kriteria yang ada. Alvarado dan Ranson kemudian mengembangkan *screening criteria* yang berfokus pada metode *polymer* dan *CO₂ flooding*. Pan Sang Kang juga mengembangkan *screening criteria* dengan menghasilkan beberapa metode yang

lebih banyak dibandingkan dengan Alvarado dan Ranson yaitu *polymer*, WAG, *hydrocarbon miscible*, *immiscible gas*, dan *CO₂ miscible*, dan perkembangan terlengkap saat ini dilakukan Aladasani dengan melakukan pengembangan terbaru terhadap *screening criteria* hingga sekarang dapat digunakan menjadi rujukan pada kondisi lapangan saat ini. Pada tugas akhir ini, peneliti menggunakan metode *fuzzy logic* Mamdani dengan melihat rujukan tabel Aladasani.



Tabel 2.1 Screening criteria Taber, Martin, Seright (1997)

Tabel 2.1 Screening criteria Taber, Martin, Seright (1997)										
No	EOR Method	Oil Properties			Reservoir Properties					
		Gravity (°API)	Viscosity (cp)	composition	Oil Saturation (%PV)	Formation Type	Net Thickness (ft)	Average Permeability (md)	Depth (ft)	Temperature (°F)
<i>Gas injection methods (Miscible)</i>										
1	Nitrogen and flue gas	>35 ⁴⁸ / ₇	<0.4 ^{0.2} / _{>}	High percent of C1 to C7	>40 ⁷⁵ / ₇	Sandstone or carbonate	Thin unless dipping	NC	>6,000	NC
2	Hydrocarbon	>23 ⁴¹ / ₇	<3 ^{0.5} / _{>}	High percent of C2 to C7	>30 ⁸⁰ / ₇	Sandstone or carbonate	Thin unless dipping	NC	>4,000	NC
3	CO ₂	>22 ³⁶ / ₇	<10 ^{1.5} / _{>}	High percent of C5 to C12	>20 ⁵⁵ / ₇	Sandstone or carbonate	Wide range	NC	>2,500	NC
1-3	Immiscible gases	>12	<600	NC	>35 ¹⁰ / ₇	NC	NC if dipping and/or good vertical permeability	NC	>1,800	NC
<i>(Enhanced) Waterflooding</i>										
4	Micellar/Polym er, ASP, and Alkaline Flooding	>20 ³⁵ / ₇	<35 ¹³ / _{>}	Light, intermediate, some organic acids for alkaline floods	>35 ⁵³ / ₇	Sandstone preferred	NC	>10 ⁴⁵⁰ / ₇	<9,000	<200
5	Polymer flooding	>15	<150, >10	NC	>50 ⁸⁰ / ₇	Sandstone preferred	NC	>10 ⁸⁰⁰ / ₇	<9,000	<200 ¹⁴⁰ / _{>}
<i>Thermal/Mechanical</i>										
6	Combustion	10 to 27	<5,000 ± 1,200	Some asphaltic components	>50 ⁷² / ₇	High-porosity sand/sandstone	>10	>50	<11,500 ^{3,500} / _{>}	>100 ¹³⁵ / _{>}
7	Steam	8 to 25	<100,000 ± 4,700	NC	>40 ⁶⁶ / ₇	High-porosity sand/sandstone	>20	>200 ^{2,540} / ₇	<5000 ^{1,500} / _{>}	NC
-	Surface mining	7 to 11	Zero cold flow	NC	>8 wt% sand	Mineable tar sand	>10	NC	>3:1 overburden to sand ratio	NC

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

Tabel 2.2 Screening criteria Alvarado dan Ranson (2002)

<i>Parameter</i>	<i>Polymer flooding</i>	<i>CO₂ flooding</i>
<i>Oil gravity (°API)</i>	>22	>25
<i>Oil viscosity (cp)</i>	<100	<15
<i>Crude oil composition</i>	NC	High % C5-C12 fraction
<i>Oil saturation (% PV)</i>	>50	>25
<i>Water salinity (ppm)</i>	<100.000	NC
<i>Water hardness (ppm)</i>	<5.000	NC
<i>Mobility ratio</i>	2 – 40	NC
<i>Reservoir temperature (°F)</i>	<200	NC
<i>Rock type</i>	Sandstone preferred	Sandstone or carbonate
<i>Permeability (mD)</i>	>50	NC
<i>Depth (ft)</i>	<9.000	>2.500
<i>Net thickness</i>	NC	Wide range
<i>Minimum miscibility pressure</i>	NC	<Original pressure
<i>Drive mechanism</i>	No gas cap and no bottom water drive	No gas cap

(Alvarado dan Ranson 2002)

Tabel 2.3 Screening criteria Pan Sang Kang (2014)

<i>Parameters</i>	<i>EOR Screening Criteria</i>
<i>Polymer</i>	
<i>Formation type</i>	<i>sandstone preferred</i>
<i>Oil viscosity (cP)</i>	<240
<i>Oil gravity (°API)</i>	>15,2
<i>Oil saturation (%)</i>	>residual oil saturation
<i>Reservoir temperature (°F)</i>	<185
<i>Reservoir permeability</i>	>10
<i>Salinity of formation water (ppm)</i>	<20.000

<i>Hardness of formation water (ppm)</i>	<800
WAG	
<i>Oil viscosity (cP)</i>	<2
<i>Oil gravity (°API)</i>	>28
<i>Permeability (mD)</i>	>100
<i>Net thickness</i>	Thin unless dipping
<i>Previous production method</i>	Water flooding preferred
Hydrocarbon Miscible	
<i>Oil viscosity (cP)</i>	<2
<i>Oil gravity (°API)</i>	>24
<i>Permeability (mD)</i>	Homogeneous with few fracture
<i>Oil saturation (%)</i>	>30
<i>Net thickness</i>	Thin unless dipping
<i>Reservoir pressure</i>	>MMP
Immiscible Gas	
<i>Oil viscosity (cP)</i>	<592
<i>Oil gravity (°API)</i>	>11
<i>Oil saturation (%)</i>	>30
CO₂ Miscible	
<i>Oil viscosity (cP)</i>	<6
<i>Oil gravity (°API)</i>	>22
<i>Permeability (mD)</i>	Homogeneous with few fracture
<i>Oil saturation (%)</i>	>17
<i>Net thickness</i>	Thin unless dipping
<i>Reservoir pressure</i>	>MMP

(Pan sang kang 2014)

Pada penelitian kali ini menggunakan rujukan berdasarkan tabel terbaru dari Aladasani, dimana tabel ini sudah melengkapi kondisi lapangan sekarang ini dan sudah dibuktikan di beberapa lapangan (Aladasani & Bai, 2010).

Tabel 2.4 Screening criteria Aladasani (2010)

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 ₂	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 ₂	11-35Avg. 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	Polymer	13-42.5 Avg. 26.5	4000-0.4 Avg. 123.2	10.4-33 Avg. 22.5	34-82 Avg. 64	Sandstone	1.8-5500 Avg. 834.1	[NC]	700-9460 Avg. 4221.9	74-237.2 Avg. 167
10	Alkaline	23[20]- 34[35] Avg. 32.6	6500-11 Avg. 875.8	26-32 Avg. 26.6	68[35]-74.8 Avg. 73.7	Sandstone	596[10]- 1520	[NC]	2723- 3900[9000] Avg. 2984.5	118[80]- 158[200] Avg. 121.6
11	Surfactant + P/A	22-39 Avg. 31	15-6.3 Avg. 9.3	16-16.8 Avg. 16.4	43.5-53 Avg. 16.4	Sandstone	50-60 Avg. 55	[NC]	625-5300 Avg. 2941.6	122-155 Avg. 138.5
<i>Thermal/Mechanical</i>										
12	Combustion	10-38 Avg. 23.6	2770-1.44 Avg. 504.8	14-35 Avg. 23.3	50-96 Avg. 67	Sandstone or Carbonate [Preferably Carbonate]	10-15000 Avg. 1981.5	[>10]	400-11300 Avg. 5569.6	64.4-230 Avg. 175.5
13	Steam	8-30 14.5	5E6-3 Avg. 32971.3	12-65 Avg. 32.2	35-90 Avg. 66	Sandstone	1-15000 Avg. 2605.7	[>20]	200-9000 Avg. 1643.6	10-350 Avg. 105.8
14	Hot Water	12-25 Avg. 18.6	8000-170 Avg. 2002	25-37 Avg. 31.2	15-85 Avg. 58.5	Sandstone	900-6000 Avg. 3346		500-2950 Avg. 1942	75-135 Avg. 98.5
15	[SurfaceMinin]	[7]-[11]	[Zero cold flow]	[NC]	[>8wt%sand]	[Mineable tar sand]	[NC]	[>10]	[>3:1 overburden to sand ratio]	[NC]
<i>Microbial</i>										
16	Microbial	12-33 Avg. 26.6	8900-1.7 Avg. 2977.5	12-26 Avg. 19	55-65 Avg. 60	Sandstone	180-200 Avg. 190		1572-3464 Avg. 2445.3	86-90 Avg. 88

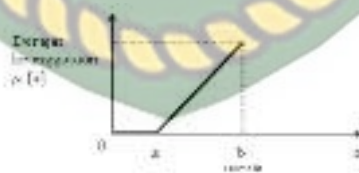
(Aladasani 2010).

2.3 FUZZY LOGIC MAMDANI

Konsep *fuzzy logic* dalam industri migas pernah dilakukan untuk menentukan metode EOR yang diterapkan disuatu lapangan Alberta, Canada. Hasilnya menunjukkan lapangan tersebut memiliki tingkat keberhasilan terbesar jika dilakukan injeksi CO₂ (Suleimanov et al., 2016). *Screening criteria* kedua yaitu *fuzzy logic* dengan *software* Matlab pada lapangan Gulf of Suex, Mesir. Hasilnya menunjukkan lapangan tersebut memiliki tingkat keberhasilan terbesar jika dilakukan injeksi *combustion* (Nageh et al., 2015). Dengan penerapan *fuzzy logic* pada *software* Matlab menunjukkan berpengaruhnya *fuzzy logic* sehingga diaplikasikan dalam suatu *software* (Bukhamseen, Al-najem, Saffar, Al-ghareeb, & Aramco, 2016). *Fuzzy logic* sendiri di perkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar *fuzzy logic* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan (*membership function*) menjadi ciri utama dari perhitungan menggunakan *fuzzy logic*. Derajat keanggotaan dibagi menjadi beberapa fungsi :

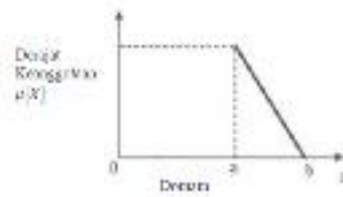
1. Fungsi keanggotaan *linear*

Pada fungsi *linear*,derajat keanggotannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy linear*, yaitu *linear* naik dan *linear* turun. Himpunan *fuzzy linear* naik, kenaikannya dimulai pada nilai yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak kekanan menuju ke nilai yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1



Gambar 2.1 Grafik Fungsi Keanggotaan *Linier* naik (Nageh et al., 2015).

Himpunan *fuzzy linear* turun, garis lurus dimulai dari nilai dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri kemudian bergerak menurun ke nilai yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik Fungsi Keanggotaan *Linier* turun (Nageh et al., 2015).

2. Fungsi keanggotaan segitiga

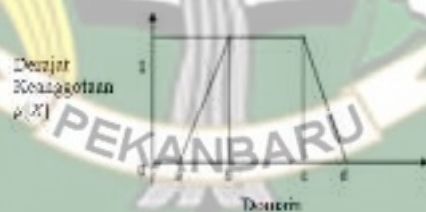
Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis *linear*.



Gambar 2.3 Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga (Nageh et al., 2015).

3. Fungsi keanggotaan trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki derajat keanggotaan bernilai satu.



Gambar 2.4 Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium (Nageh et al., 2015).

Metode *fuzzy logic* secara umum terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu; metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Sugeno (Korjani et al., 2016). Pada prosesnya metode Tsukamoto dibagi menjadi empat tahap yaitu fuzzifikasi, pembentukan aturan, implikasi, dan defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata terpusat (*weight average*). Pada metode Mamdani dan Sugeno memiliki empat tahap yang sama yaitu fuzzifikasi, pembentukan aturan, implikasi menggunakan fungsi *minimum* (*min*) dan *maximum* (*max*), dan yang terakhir yaitu tahap defuzzifikasi. Dalam defuzzifikasi, pada metode Mamdani menggunakan metode *Mean Of Maximum* (MOM) dan pada metode Tsukamoto dan Sugeno menggunakan metode rata-rata terpusat (*weight average*) (Xiao, Guo, Songgen, & Geology, 2015).

Metode Sugeno memiliki perhitungan yang hampir sama dengan Mamdani, hanya saja *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy logic*, melainkan berupa konstanta atau persamaan *linear*. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang pada tahun 1985. Kelebihan metode Mamdani dibandingkan metode sistem *fuzzy logic* lainnya yaitu bersifat intuitif, mencakup berbagai bidang dan sesuai dengan proses *input* informasi manusia (Choe & Furukawa, 2018).

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami metode *fuzzy logic*, pertama variabel *fuzzy logic* merupakan suatu lambang atau kata. Contoh: variabel suhu yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat dan panas. Kedua, *fuzzy logic* terdiri dari dua jenis himpunan, yaitu himpunan tegas (*crisp*) dan himpunan samar (*fuzzy*). Himpunan tegas dalam *fuzzy logic* merupakan himpunan yang memiliki derajat keanggotaan bernilai satu atau nol sedangkan himpunan samar dalam *fuzzy logic* merupakan himpunan yang memiliki nilai antara satu dan nol. Ketiga, semesta *fuzzy* sebagai nilai yang digunakan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh variabel umur : [0 65]. Nol menyatakan umur muda sedangkan 65 menyatakan umur tua. Keempat, Domain *fuzzy logic* sebagai batas nilai yang dibolehkan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Contoh kecepatan: [0, 80]. Nol sebagai batas bawah sedangkan 80 sebagai batas paling tinggi yang boleh dihasilkan (Kaur & Kaur, 2012).

Menurut (Chatterjee, Maji, & Pham, 2019)himpunan *fuzzy* memiliki dua bagian yaitu, linguistik sebagai penamaan menggunakan bahasa sehari-hari, seperti: muda dan tua. Numerik sebagai nilai angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya. Langkah *fuzzy logic* Mamdani terdiri dari Fuzzifikasi sebagai tahap pertama dari perhitungan *fuzzy logic* yaitu membentuk nilai dimana nilai tersebut menjadi rentang anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai. Fungsi implikasi sebagai sebuah aturan yang digunakan sebagai panduan. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah *If x is A Then y is B*. Dengan x dan y adalah parameter sedangkan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. *If* disebut sebagai *anteseden*, sedangkan *Then* disebut sebagai *konsekuen*. Kemudian, defuzzifikasi sebagai nilai yang dihasilkan berdasarkan derajat keanggotaan yang telah ditentukan (Gupta, Jain, & Tiwari, 2019).

Dalam penerapan konsep *fuzzy logic* dalam menentukan metode yang paling tepat diantara metode-metode yang ada seperti Sugeno dan Tsukamoto pernah dilakukan dalam bidang Informatika, hasilnya menunjukkan bahwa metode Mamdani merupakan metode yang memiliki tingkat *error* yang paling sedikit dibanding metode yang lainnya (Ayuningtias, 2017). Oleh karena itu, dilakukan uji coba pada penelitian *fuzzy logic* Mamdani tepat diaplikasikan dalam bidang Perminyakan khususnya *screening criteria*. Penelitian *fuzzy logic* sendiri masih terbilang baru dan sedikit yang membahasnya, penelitian *fuzzy logic* sekarang ini sudah mulai dikembangkan kemudian dibandingkan dengan *software* berbayar, hasilnya pun sudah berhasil diterapkan pada suatu lapangan (Aladasani & Bai, 2010).

2.4 JAVA EORKEN

EORken adalah aplikasi *Java* yang dibuat dengan tujuan untuk mempermudah dalam pemilihan metode EOR yang tepat berdasarkan tabel *screening criteria* Aladasani menggunakan *fuzzy logic* Mamdani. EORgui adalah *software* berbayar yang bisa digunakan dalam pemilihan metode EOR dengan memasukkan sembilan data *screening criteria* (*API gravity, oil viscosity, oil saturation, formation, thickness, composition, depth, temperature, dan permeability*) yang menghasilkan delapan metode yaitu (*nitrogen, hydrocarbon, CO₂, mmiscible, polymer, SP/ASP, steam, dan combustion*) (Moreno, Gurpinar, Liu, Al-Kinani, & Cakir, 2014).

Tampilan halaman utama pada EORken menampilkan beberapa *menu criteria, menu method EOR, menu study case, menu prediction* dan *menu about*. Tampilan halaman utama dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Halaman utama



Gambar 2.6 Tampilan data *screening criteria*

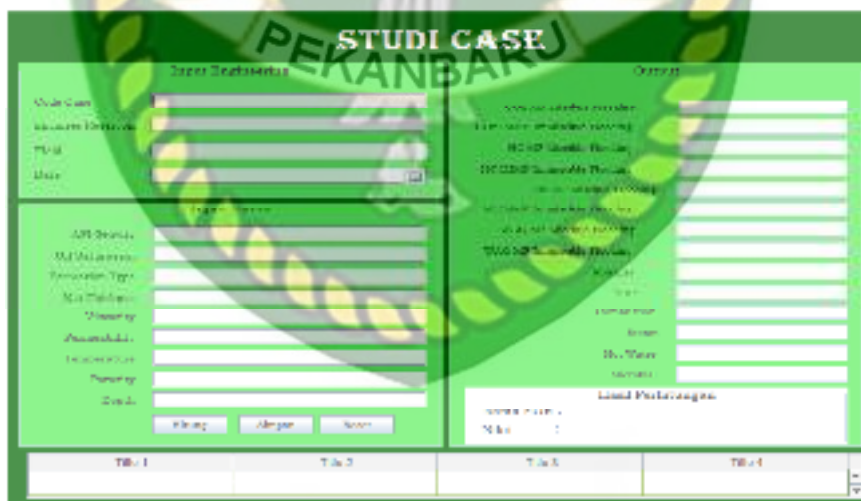
Pada tampilan *screening criteria* EORken diberikan parameter apa saja yang menjadi inputan ketika ingin menggunakan aplikasi *Java* EORken. Terdiri dari sembilan parameter (*API*, *viscosity*, *depth*, *saturasi*, *temperature*, *net thickness*, *permeability*, *depth*, dan *formation type*).



Metode Flooding	Kelebihan Metode Flooding
EOR1	CO ₂ EOR Miscible Flooding
EOR2	ASP
EOR3	Combustion
EOR4	Steam
EOR5	Hot Water
EOR6	Microbial
EOR7	CO ₂ EOR Immiscible Flooding
EOR8	HC EOR Miscible Flooding
EOR9	HC EOR Immiscible Flooding
EOR10	WAG EOR Miscible Flooding
EOR11	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR12	WAG EOR Miscible Flooding
EOR13	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR14	WAG EOR Miscible Flooding
EOR15	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR16	WAG EOR Miscible Flooding
EOR17	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR18	WAG EOR Miscible Flooding
EOR19	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR20	WAG EOR Miscible Flooding
EOR21	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR22	WAG EOR Miscible Flooding
EOR23	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR24	WAG EOR Miscible Flooding
EOR25	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR26	WAG EOR Miscible Flooding
EOR27	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR28	WAG EOR Miscible Flooding
EOR29	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR30	WAG EOR Miscible Flooding
EOR31	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR32	WAG EOR Miscible Flooding
EOR33	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR34	WAG EOR Miscible Flooding
EOR35	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR36	WAG EOR Miscible Flooding
EOR37	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR38	WAG EOR Miscible Flooding
EOR39	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR40	WAG EOR Miscible Flooding
EOR41	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR42	WAG EOR Miscible Flooding
EOR43	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR44	WAG EOR Miscible Flooding
EOR45	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR46	WAG EOR Miscible Flooding
EOR47	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR48	WAG EOR Miscible Flooding
EOR49	WAG EOR Immiscible Flooding
EOR50	WAG EOR Miscible Flooding

Gambar 2.7 Tampilan data metode EOR

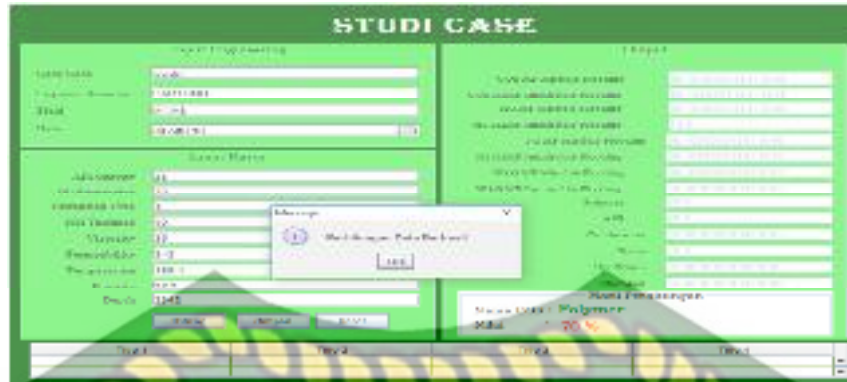
Pada tampilan *screening criteria* EORken diberikan metode apa saja yang menjadi *output* dari inputan sembilan parameter, ketika ingin menggunakan aplikasi *Java* EORken. Terdiri dari empat belas metode (*carbondioksida miscible flooding, hydrocarbon miscible flooding, water alternative gas miscible flooding, nitrogen miscible flooding, nitrogen immiscible flooding, carbondioksida immiscible flooding, hydrocarbon immiscible flooding, hydrocarbon dan water alternative gas immiscible flooding, polymer miscible flooding, asp miscible flooding, combustion, steam, hot water injection, dan microbial*).



The screenshot shows a software interface titled "STUDI CASE" with a green background. It is divided into two main sections: "Input" on the left and "Output" on the right. The "Input" section contains several text input fields for parameters such as "Scale Case", "Initial Permeability", "Porosity", "Initial Saturation", "API Gravity", "Molecular Weight", "Viscosity", "Surface Tension", "Interfacial Tension", "Temperature", and "Depth". Below these fields are three buttons labeled "Hitung", "Reset", and "Selesai". The "Output" section displays a table with multiple rows and columns, intended for showing the results of the screening criteria calculations. At the bottom of the interface, there are four tabs labeled "Tab 1", "Tab 2", "Tab 3", and "Tab 4".

Gambar 2.8 Tampilan *study case*

Pada tampilan *study case* akan dipergunakan untuk melakukan perhitungan dengan menginputkan sembilan parameter *screening criteria* kemudian akan menampilkan hasil dari *screening criteria* yang dimasukkan berupa hasil % dan



Gambar 2.11 Tampilan perhitungan data *study case*

Pada tampilan *study case* yang sudah diinputkan data akan mengeluarkan tanda perintah berupa perhitungan data yang berhasil sehingga nantinya dapat melihat hasil apa yang diberikan oleh aplikasi tersebut.

2.4 APLIKASI LAPANGAN

2.4.1 Aplikasi Lapangan *Screening Fuzzy Mamdani*

Disuatu lapangan di Gulf of suex, Mesir akan dilakukan *screening criteria*, data-data yang diperlukan tersedia di tabel 2.12. Data-data tersebut menggunakan perhitungan *fuzzy logic* mamdani. Data tersebut didasarkan oleh panduan masing-masing metode EOR yang terdapat di tabel *screening criteria* Taber, Martin, Seright. Hasil *screening* menunjukkan lapangan tersebut memiliki tingkat keberhasilan terbesar jika dilakukan injeksi *Combustion* dibandingkan metode yang lain yaitu sebesar 83.81 % (Nageh et al., 2015).

Tabel 2.5 Data reservoir lapangan di Egyptian

<i>Reservoir properties</i>	<i>Field data</i>
<i>Oil gravity ($^{\circ}$API)</i>	16
<i>Oil viscosity (cp)</i>	30
<i>Oil saturation (%)</i>	69
<i>Formation type</i>	<i>Sandstone</i>
<i>Thickness (ft)</i>	151
<i>Permeability (mD)</i>	5635
<i>Depth (ft)</i>	3937
<i>Temperature ($^{\circ}$F)</i>	164

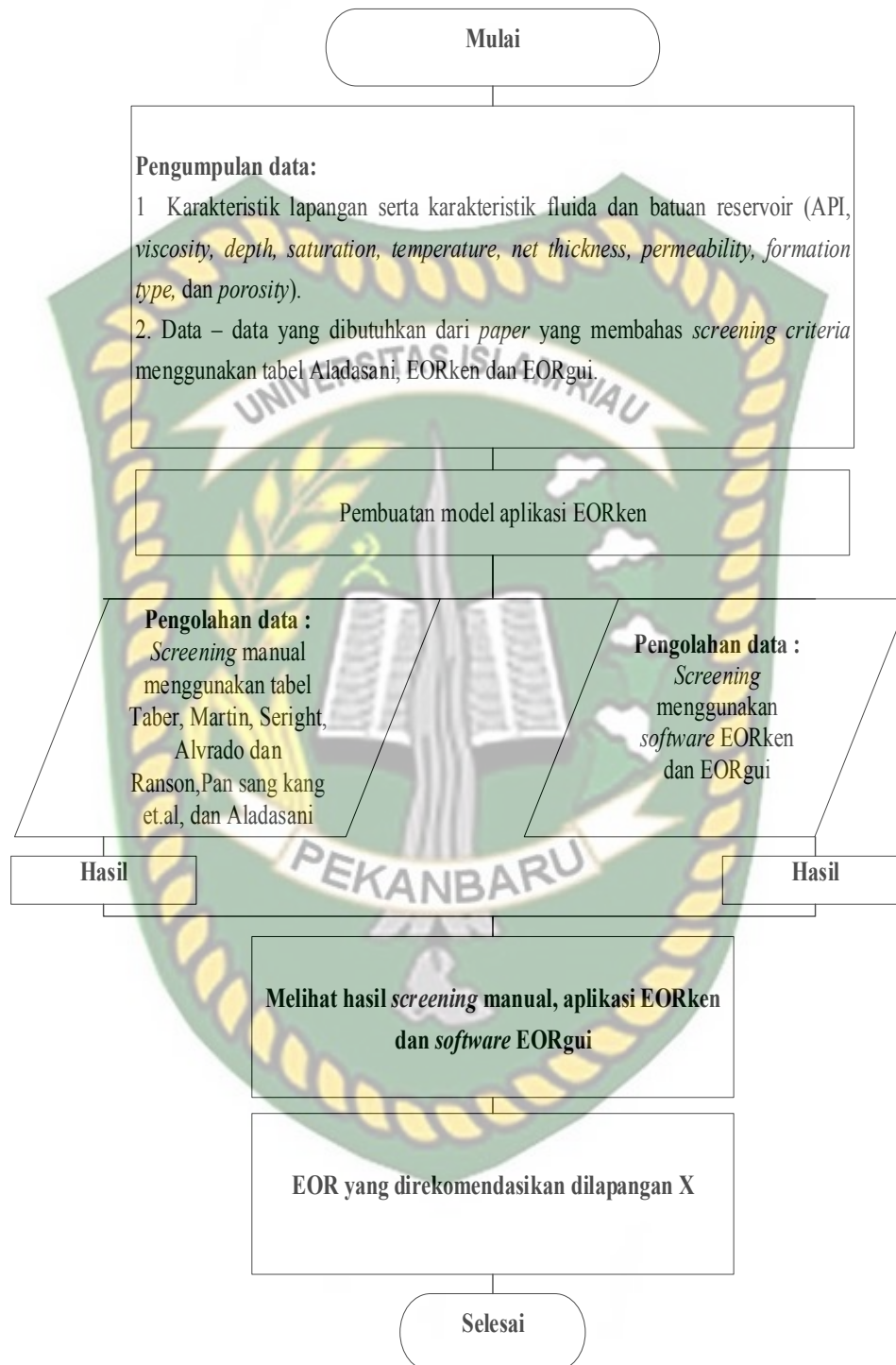
(Nageh et al., 2015)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan penentuan *screening criteria* EOR yang tepat dengan menggunakan metode Mamdani:

1. Menentukan kriteria rentang dan derajat keanggotaan dari masing-masing bagian *input* dan *output* yang diinginkan serta batas dari data untuk dimasukkan dalam *input* dan *output* parameter yang dibuat berdasarkan data *screening criteria* yang telah didapat.
2. Menentukan aturan untuk masing-masing bagian *input* dan *output* setiap metode yang digunakan.
3. Melakukan evaluasi aturan yang telah dibuat kedalam metode Mamdani menggunakan fungsi *maximum* untuk menghasilkan himpunan baru.
4. Membentuk aturan implikasi *fuzzy* dengan mengkombinasikan setiap variabel *input* dan *output* yang telah dibuat.
5. Melakukan perhitungan menggunakan Mamdani yang kemudian dibuat kedalam aplikasi EORken



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.2 JENIS PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan *simulation research*. Dimana menggunakan empat belas metode EOR dari Aladasani yaitu *carbondioksida miscible flooding*, *hydrocarbon miscible flooding*, *water alternative gas miscible flooding*, *nitrogen miscible flooding*, *nitrogen immiscible flooding*, *carbondioksida immiscible flooding*, *hydrocarbon immiscible flooding*, *hydrocarbon* dan *water alternative gas immiscible flooding*, *polymer miscible flooding*, *ASP miscible flooding*, *combustion*, *steam*, *hot water injection*, dan *microbial*. Serta menggunakan 9 parameter dari *screening criteria* berupa *gravity*, *viscosity*, *depth*, *permeabilitas*, *oil saturasi*, *temperature*, *net thickness*, *formation type* dan *salinity*.

3.4 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Simulasi Reservoir Teknik Perminyakan Univeritas Islam Riau. Teknik pengambilan data untuk penelitian ini menggunakan data sekunder, informasi diperoleh dari teori dan jurnal-jurnal penelitian serta data perusahaan yang berkaitan dengan penelitian, seperti: data karakteristik reservoir dan data *screening criteria*.

3.5 JADWAL PENELITIAN

Penelitian dilakukan mulai pada bulan Januari 2019 hingga bulan Oktober 2019 dengan perincian kegiatan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Jan				Feb				Mar				Apr				Mei				Jun				Jul				Agust				Sept				Okt			
	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	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengumpulan Referensi	■	■	■	■																																				
Pembuatan Proposal					■	■	■	■																																
Revisi Proposal									■	■	■	■																												
Pengumpulan Data													■	■	■	■																								
Penelitian																	■	■	■	■																				
Seminar Proposal																					■																			
Analisis Sistem																									■															
Pembuatan Aplikasi																									■	■	■	■												
Uji Aplikasi																													■	■	■	■								
Implementasi																													■	■	■	■								
Analisis Hasil																													■	■	■	■								
Pembuatan laporan																																	■	■	■	■				
Revisi laporan																																								■

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Di dalam bab ini akan disampaikan hasil serta pembahasan yang didapat dari penelitian "Pemilihan metode EOR yang tepat menggunakan *fuzzy logic* Mamdani pada lapangan X". Penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui pemilihan metode EOR pada lapangan X berdasarkan data properti fluida dan batuan. Selain itu, dalam penelitian ini akan diberikan rekomendasi metode EOR yang tepat pada lapangan X, dibuktikan dengan menggunakan metode manual dan aplikasi EORken dengan *software* EORgui.

4.1 SCREENING CRITERIA MANUAL

Pada Tabel 4.1 dijelaskan mengenai data yang akan digunakan pada penelitian kali ini didapatkan dari Tugas Akhir yang ada dan data sekunder. Data tersebut terdiri dari sembilan data (*API, viscosity, depth, saturasi, temperature, net thickness, permeability, depth, dan formation type*) yang akan diuji coba menggunakan metode manual menggunakan Aladasani (2010). Lokasi lapangan X terletak di Minas (Hartono et al., 2017).

Tabel 4.1 Data lapangan X

No	Data	Hasil
1	<i>Oil gravity</i>	36 °API
2	<i>Viscosity</i>	3,5 Cp
3	<i>Oil saturation</i>	20%
4	<i>Formation type</i>	<i>Sandstone</i>
5	<i>Thickness</i>	40 ft
6	<i>Permeability</i>	1,500 mD
7	<i>Depth</i>	2342 ft
8	<i>Temperature</i>	199,4 °F
9	<i>Porosity</i>	32,3 %

((Yasmita,. N 2018 dan Hartono 2017))

Dari hasil *screening* manual menggunakan tabel *screening criteria* EOR Taber, Martin, Seright didapatkan urutan hasil metode EOR yaitu ASP, *alkaline flooding* dan *polymer flooding*. Alvarado Ranson didapatkan hasil metode *polymer flooding*. Pan Sang Kang didapatkan hasil metode *polymer flooding* dan Aladasani didapatkan hasil metode yaitu *polymer flooding* dan CO₂ *miscible* untuk digunakan pada lapangan X.

Tabel 4.2 Hasil Screening criteria Manual

No	Screening Criteria	Metode EOR
1	Taber, Seright, Martin (1997)	ASP, and Alkaline Flooding Polymer flooding
2	Alvarado dan Ranson (2002)	Polymer flooding
3	Pan Sang Kang (2014)	Polymer flooding
4	Aladasani (2010)	Polymer flooding CO ₂ Miscible

Perkembangan tabel Aladasani diatas memperlihatkan bahwa adanya pengembangan baru untuk *screening criteria* pada masing masing metode EOR, sehingga Aladasani sudah menjadi bagian dari perkembangan saat ini yang dapat dipergunakan untuk melakukan *screening criteria* dengan rentang nilai yang tepat digunakan pada karakteristik lapangan pada saat ini. Dimana pada lapangan saat ini memiliki karakteristik lapangan yang sudah lama diproduksi (Aladasani & Bai, 2010). Dengan perkembangan tabel Aladasani yang sudah mengalami perkembangan dari Taber, Martin, Seright, Alvarado Ranson dan Pang Sang Kang akan dilakukan uji coba pada aplikasi *Java* dalam bentuk *rule inferensi fuzzy logic* Mamdani untuk menentukan metode yang tepat pada lapangan X sehingga akan menghasilkan rekomendasi metode EOR dengan perhitungan komposisi *maximum* (max).

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa pengaplikasian EOR memiliki kesamaan dengan apa yang disampaikan (M. Abdurrahman, 2017) mengenai kesempatan kombinasi EOR dengan teknologi yang bagus nantinya dapat

diterapkan di Indonesia karena tabel *screening criteria* yang terus dikembangkan pada kondisi lapangan saat ini, sehingga memberikan jalan untuk dapat meningkatkan produksi minyak bumi seperti halnya pada lapangan yang terdapat pada jurnal (Hartono et al., 2017) dimana memberikan kenaikan setelah mengetahui metode yang tepat digunakan pada lapangan tersebut. Tahapan *screening* manual merupakan tahapan awal agar nantinya dapat melihat peluang dan tantangan jika menerapkan suatu metode yang direkomendasikan tersebut (Moreno et al., 2014).

4.2 SCREENING FUZZY LOGIC MAMDANI

Tabel 4.3 Hasil *screening fuzzy logic* Mamdani menggunakan tabel Aladasani

No	Metode EOR	Hasil Screening (%)
1	CO ₂ Miscible	54
2	Hydrocarbon Miscible	70
3	WAG Miscible	54
4	Nitrogen Miscible	54
5	Nitrogen Immiscible	54
6	CO ₂ Immiscible	54
7	Hydrocarbon Immiscible	54
8	Hydrocarbon + WAG Immiscible	54
9	Polymer	70
10	Alkaline	54
11	Surfactant + Polymer/Alkaline	70
12	Combustion	54
13	Steam	54
14	Hot Water	54

15	<i>SurfaceMinin</i>	-
16	<i>Microbial</i>	54

Berdasarkan tabel 4.3 didapatkan ASP, *polymer*, HC *miscible* pada urutan pertama dengan persentase 70%. Metode yang lainnya mendapatkan 54%, hal tersebut dikarenakan pada pembagian klasifikasi Mamdani, dalam proses pengelompokan hasil perhitungan nilai yang keluar jika sama dengan rentang nilai yang lain, maka nilai yang keluar akan sama. Metode ASP mendapatkan pembagian klasifikasi Mamdani melebihi jangkauan nilai terendah sehingga mendapatkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan lainnya. Jumlah keseluruhan parameter juga mempengaruhi dari perhitungan dikarenakan ada nilai kosong pada kotak bagian tabel Aladasani yang tidak termasuk atau tidak terdapat nilai, sehingga menghasilkan persentase yang berbeda. Dari data yang didapatkan (Hartono et al., 2017), hasil tabel 4.3 yaitu ASP menghasilkan kesamaan dengan injeksi metode EOR yang digunakan pada lapangan X pada jurnal tersebut yaitu *surfactant polymer*. Dengan menggabungkan perkembangan data *screening criteria* dari tabel Taber, Martin, Seright, Pan Sang Kang, Alvarado Ranson, dan Aladasani diharapkan dapat membuat sebuah *screening criteria* yang lengkap sehingga bisa digunakan untuk menghasilkan metode EOR yang lebih tepat dan akurat pada suatu lapangan. Data Aladasani inilah yang akan digunakan pada aplikasi *Java fuzzy logic* Mamdani EORken.

Dengan melihat hasil yang diperoleh membuktikan bahwa *fuzzy logic* Mamdani memberikan toleransi terhadap data yang diberikan. Pada Tugas Akhir penelitian sebelumnya (Yasmita, N 2018) yang membahas *screening criteria* manual menggunakan tabel Taber dimana data tersebut tidak terdapat parameter porositas, pada *fuzzy logic* Mamdani masih mentoleransi parameter yang tidak ada pada data lapangan tersebut dengan melihat kemungkinan parameter yang lainnya untuk merekomendasikan metode suatu lapangan dan hasil yang diberikan memperlihatkan kesamaan yang sama, seperti yang dijelaskan pada paper (Ayuningtias, 2017) bahwa Mamdani dapat menggabungkan seluruh parameter yang ada dalam sekali inputan, mentoleransi data yang ada dan merupakan

metode yang memiliki tingkat *error* paling kecil dibanding metode lainnya dibuktikan dengan keakuratan yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan *screening criteria* manual menggunakan tabel (Aladasani & Bai, 2010), *software* berbayar EORgui, Hasil *screening* pada paper (Hartono et al., 2017), dan Tugas Akhir penelitian sebelumnya mengenai *screening criteria* menggunakan tabel Taber (Korjani et al., 2016). Penelitian mengenai keberhasilan *fuzzy logic* Mamdani pernah berhasil diterapkan pada lapangan Mesir, hasil yang diperoleh menggunakan *fuzzy logic* Mamdani memberikan rekomendasi yang tidak jauh berebeda dengan *software* berbayar EORgui berdasarkan tabel Taber (Nageh et al., 2015), Oleh karena itu *fuzzy logic* Mamdani dan perkembangan terbaru tabel (Aladasani & Bai, 2010) yang bisa digunakan pada penelitian kali ini dengan kecocokan hasil yang diperoleh pada tabel diatas memperlihatkan keberhasilan *fuzzy logic* Mamdani untuk menentukan suatu metode pada suatu lapangan berdasarkan *screening criteria* yang ada. Perhitungan Mamdani pada pembahasan kali ini akan dijelaskan pada lampiran penelitian.

4.3 PERBANDINGAN EORKEN DENGAN EORGUI

Hasil gambar 4.1 dan gambar 4.2 merupakan hasil yang didapatkan dari data tabel 4.1 yang dicoba pada aplikasi EORken dan *software* EORgui untuk membandingkan hasil yang diperoleh. Hasil EORken yang diperoleh menunjukkan ASP, *polymer*, dan HCIM yang direkomendasikan pada lapangan X, sedangkan hasil yang diperoleh EORgui adalah SP/ASP, *combustion*, dan *steam* untuk lapangan X.

EORken kemudian akan dibandingkan menggunakan *software* EORgui sebagai pembanding dengan hasil yang diperoleh.

Tabel 4.4 Data *screening* lapangan Indonesia

<i>Reservoir/ Fluid Properties</i>	Tempino	Kenali asam	Duri	Minas	Ledok	Klamono	Handil
<i>Oil gravity(API)</i>	43,2	42,2	22,7	36	43	17,5	34
<i>Oil viscosity (Cp)</i>	0,9	0,9	100	3,5	7	68	0,6
<i>Porosity (%)</i>	27,1	23,7	36	32,3	34,1	23,4	25
<i>Oil saturation (%)</i>	23	11	10	20	50	50	20
<i>Depth (ft)</i>	1270	1753	1680	2342	610	929	6070
<i>Temperature (F)</i>	154,4	154,4	100,4	199,4	84,2	125,6	258
<i>Permeability (mD)</i>	239	170	500	1500	140	400	2000
<i>Formation type</i>	Sandstone	Sandstone	Sandstone	Sandstone	Sandstone	Carbonate	Sandstone
<i>Nethickness</i>	40	40	40	40	40	40	40

(Sumber : Hartono 2017).

Tabel 4.5 Hasil *screening* lapangan Indonesia

Lapangan	EORken	EORgui	Hasil <i>screening</i> data lapangan Indonesia Hartono 2017
Tempino	ASP(70%)	SP/ASP (91%), Combustion (75%), Steam (70%)	ASP
Kenali asam	ASP(70%)	SP/ASP (91%), Combustion (75%), Steam (70%)	Polymer
Duri	Polymer (70%), ASP (70%), Steam (70%), HCIM (70%)	SP/ASP (73%), Combustion (67%), Steam (60%)	Steam flood
Minas	Polymer (70%), ASP (70%), Steam (70%), HCIM (70%)	SP/ASP (100%), Combustion (75%), Steam (60%)	ASP

Ledok	<i>Polymer (70%), ASP (70%), Steam (70%), HCIM (70%)</i>	<i>SP/ASP (100%), Steam (70%) Combustion (58%)</i>	<i>Microbial</i>
Klamono	<i>Hot water (70%), Steam (70%), Combustion (70%)</i>	<i>Steam (60%), Combustion (50%), Immiscible (50%)</i>	<i>Steam flood</i>
Handil	<i>ASP (70%)</i>	<i>Combustion (67%), SP/ASP(61%), Polymer (50%)</i>	<i>HM/HIM+WAG</i>
TA Nadea	<i>ASP (70%)</i>	<i>SP/ASP (91%), Polymer (80%), Steam (80%)</i>	-

Dari hasil tabel 4.5 diatas rekomendasi untuk metode EORken dengan EORgui dapat dilihat pada lapangan Tempino memiliki kesamaan rekomendasi metode EOR yaitu ASP. Lapangan Kenali asam juga merekomendasikan metode ASP/SP. Lapangan Duri merekomendasikan metode ASP/SP/polymer. Lapangan Minas merekomendasikan juga metode ASP/SP/polymer. Lapangan Ledok memberikan rekomendasi metode yaitu ASP/polymer/SP. Lapangan Klamono merekomendasikan metode *thermal* yaitu *hotwater* untuk EORken dan *steam* untuk EORgui, lapangan Handil memiliki perbedaan sedikit dimana EORken merekomendasikan ASP sedangkan EORgui adalah *combustion* namun pada urutan kedua EORgui menyertakan rekomendasi SP/ASP, dan terakhir penelitian Tugas Akhir yang ada ikut dilakukan uji coba untuk membuktikan hasil Tugas Akhir dengan *screening* EORken, hasil yang diperoleh menghasilkan kesamaan metode EOR yaitu ASP sedangkan EORgui merekomendasikan metode SP/ASP pada data lapangan Tugas Akhir yang ada. Berdasarkan hasil diatas urutan dengan persentase tertinggi terdapat pada SP/ASP/polymer, *hot water*, *combustion* dan *steam*. Pada aplikasi EORken dengan *software* EORgui pada lapangan X dapat dilihat bahwa SP/ASP/polymer menjadi metode yang paling direkomendasikan untuk digunakan.

Pada lapangan Duri hasil yang direkomendasikan EORken pertama yaitu *Polymer*, bukan berarti metode tersebut adalah yang tepat, perlu dilihat kembali metode lainnya yang direkomendasikan EORken terdapat *steam*. Aplikasi

EORken mengeluarkan satu nama metode berdasarkan huruf *abjad*, sehingga hasil keseluruhan perlu dilihat agar kesamaan aplikasi EORken dengan kondisi lapangan sebenarnya bisa dikombinasi untuk melihat metode yang tepat digunakan. Pada kondisi lapangan sebenarnya Duri menerapkan metode *Steam*. Aplikasi EORken juga merekomendasikan metode *Steam*. Hal ini menunjukkan adanya kesamaan dalam merekomendasikan suatu metode sehingga aplikasi ini dapat digunakan dengan melihat kembali kondisi lapangan sebenarnya.

Berdasarkan hasil *screening* manual dan *software* dapat disimpulkan bahwa ASP dan *polymer flooding* adalah urutan metode EOR yang paling direkomendasikan pada lapangan X berdasarkan data batuan dan fluidanya. Namun dengan rekomendasi tersebut, *core flow test* harus dilakukan untuk memeriksa potensi kerusakan formasi selama proses ASP dan *polymer flooding* sebelum diaplikasikan pada lapangan X. Selain itu, juga perlu dilakukan perhitungan keekonomian jika ingin menginjeksi ASP atau *polymer* agar dapat diketahui apakah injeksi ini cukup ekonomis atau tidak untuk diterapkan pada lapangan X. Hasil rekomendasi yang disarankan tidak jauh berbeda dengan jurnal (Hartono et al., 2017), namun ada sedikit perbedaan di urutan metode yang dihasilkan dikarenakan pembaharuan *screening criteria* yang digunakan. Tingkat *error* yang dihasilkan *fuzzy logic* Mamdani juga lebih kecil dibanding metode lainnya dibuktikan dengan semua parameter yang ada bisa langsung digunakan secara bersamaan, dan mengeluarkan hasil tanpa ada *error* dalam proses *coding*. kelebihan selanjutnya jika ada parameter yang tidak diketahui *fuzzy logic* masih mentoleransi bagian dimana parameter tidak lengkap dengan tetap menghasilkan sebuah metode. Penelitian (Ayuningtias, 2017) membandingkan tingkat *error* penggunaan Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Hasil penelitian tersebut menunjukkan Mamdani memiliki tingkat *error* yang lebih kecil dari metode lainnya. Oleh karena itu, hasil penelitian *screening criteria* manual dan aplikasi dapat menjadi suatu bukti bahwa *fuzzy logic* Mamdani merupakan metode yang tepat dan dapat digunakan pada lapangan X ataupun lapangan lainnya pada penelitian ini. Aplikasi EORken juga memberikan kesimpulan yaitu memiliki kesamaan dengan *software* EORgui dalam merekomendasikan metode EOR.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Urutan metode EOR yang disarankan dalam penelitian ini adalah ASP dan *polymer flooding* di mana urutan metode yang direkomendasikan dari *screening* manual menggunakan tabel Taber, Martin, Seright didapat hasil ASP, *alkaline flooding* dan *polymer flooding*, tabel Alvarado Ranson didapat hasil *polymer flooding*, tabel Pan Sang Kang didapat hasil *polymer flooding* dan Aladasani didapat hasil *polymer flooding* dan *CO₂ Miscible*.
2. Metode EOR yang disarankan menggunakan *screening fuzzy logic* Mamdani adalah ASP
3. Dari aplikasi EORken didapat hasil ASP, *polymer flooding*, dan HCIM dan hasil yang diperoleh EORgui adalah SP/ASP, *combustion*, dan *steam* untuk lapangan X sebagai metode yang paling direkomendasikan. Berdasarkan hasil diatas aplikasi *Java* EORken memiliki kesamaan hasil metode yang tidak jauh berbeda dengan *software* EORgui

5.2 SARAN

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan perbandingan *fuzzy logic* Mamdani dengan *trapezoidal type-LR*, dimana metode tersebut menggunakan logika pembuatan aturan sendiri dengan ketentuan rumus yang sudah ada. Sehingga nantinya dapat disimpulkan metode mana yang memiliki tingkat ke *error* yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, E., & Song, C. L. (2011). Artificial intelligence selection with capability of editing a new parameter for EOR screening criteria. *Journal of Engineering Science and Technology*, 6(5), 628-638.
- Abdurrahman, M., Permadi, A. K., Bae, W. S., & Masduki, A. (2017). EOR in Indonesia: past, present, and future. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 16(3), 250-270.
- 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.
- Alvarado, V., Ranson, A., Hernandez, K., Manrique, E., Matheus, J., Liscano, T., & Prospero, N. (2002, January). Selection of EOR/IOR opportunities based on machine learning. In *European Petroleum Conference*. Society of Petroleum Engineers.
- Ayuningtias, L. P., & Jumadi, J. (2017). Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus: Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung). *Jurnal Teknik Informatika UIN Syarif Hidayatullah*, 10(1).
- Chatterjee, S., Maji, B., & Pham, H. (2019). A fuzzy rule-based generation algorithm in interval type-2 fuzzy logic system for fault prediction in the early phase of software development. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 31(3), 369-391.
- Choe, B., & Furukawa, Y. (2018, July). Development of Track Keeping Algorithm Using Fuzzy Inference. In *The 28th International Ocean and Polar Engineering Conference*. International Society of Offshore and Polar Engineers.

- Hama, M. Q. (2014). Updated screening criteria for steam flooding based on oil field projects data.
- Hartono, A. D., Hakiki, F., Syihab, Z., Ambia, F., Yasutra, A., Sutopo, S., ... & Apriandi, R. (2017). Revisiting EOR Projects in Indonesia through Integrated Study: EOR Screening, Predictive Model, and Optimisation.
- Hongyan, C., Qun, Z., Youyi, Z., Zhaohui, Z., Hongzhuang, W., & Jianfeng, S. (2018, August). Polyoxyethylene Ether Sulfate Surfactant for SP Flooding in High Temperature, High Salinity Reservoirs. In *SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Hou, Q., Donghong, G., & Jian, O. (2016, March). Study on the ASP switchable surfactant for Daqing oilfield. In *SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia*. Society of Petroleum Engineers.
- Kang, P. S., Lim, J. S., & Huh, C. (2014, August). Screening criteria for application of EOR processes in offshore fields. In *The Twenty-fourth International Ocean and Polar Engineering Conference*. International Society of Offshore and Polar Engineers.
- Kaur, A., & Kaur, A. (2012). Comparison of mamdani-type and sugeno-type fuzzy inference systems for air conditioning system. *International journal of soft computing and engineering*, 2(2), 323-325.
- Korjani, M. M., Popa, A. S., Grijalva, E., Cassidy, S., & Ershaghi, I. (2016, September). Reservoir characterization using fuzzy kriging and deep learning neural networks. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Lake, L. W. (1989). Enhanced oil recovery.
- Moreno, J. E., Gurpinar, O. M., Liu, Y., Al-Kinani, A., & Cakir, N. (2014, December). EOR Advisor system: A comprehensive approach to EOR selection. In *International Petroleum Technology Conference*. International Petroleum Technology Conference.

- Muslim, A., Bae, W., Permadi, A. K., Am, S., Gunadi, B., Saputra, D. D. S., ... & Gunadi, T. A. (2013, October). Opportunities and challenges of CO₂ 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., & Sayyoush, 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.
- Shedid, S. A. (2015, September). Experimental investigation of alkaline/surfactant/polymer (ASP) flooding in low permeability heterogeneous carbonate reservoirs. In *SPE North Africa Technical Conference and Exhibition*. 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.
- Taber, J. J., Martin, F. D., & Seright, R. S. (1997). EOR screening criteria revisited—part 2: applications and impact of oil prices. *SPE Reservoir Engineering*, 12(03), 199-206.
- Taber, J. J., Martin, F. D., & Seright, R. S. (1997). EOR screening criteria revisited-Part 1: Introduction to screening criteria and enhanced recovery field projects. *SPE Reservoir Engineering*, 12(03), 189-198.
- Talebian, S. H., Masoudi, R., Tan, I. M., & Zitha, P. L. J. (2014). Foam assisted CO₂-EOR: A review of concept, challenges, and future prospects. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 120, 202-215.
- 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.

- Yamita, N (2018). EOR Screening criteria Manual pada lapangan A. Tugas Akhir. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Perminyakan. *Universitas Islam Riau*. Pekanbaru (1–55).
- Y BuKhamseen, N., A Al-Najem, A., Saffar, A., & M Al-Ghareeb, Z. (2016, April). Streamline information guided by fuzzy logic to optimize field injection/production strategies. In *SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium 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.

