

# PENERAPAN *FUZZY LOGIC* PADA METODE *VOLUMETRIC* UNTUK MENGHITUNG CADANGAN HIDROKARBON PEMBORAN MINYAK SUATU LAPANGAN

## *APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN VOLUMETRIC METHOD FOR CALCULATING OIL RESERVES*

Oleh: Hidayah Nurul Hasanah Zen<sup>1)</sup>, Agus Maman Abadi<sup>2)</sup>

Program Studi Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA UNY

<sup>1)</sup>[12305144018@student.uny.ac.id](mailto:12305144018@student.uny.ac.id), <sup>2)</sup>[agusmaman@uny.ac.id](mailto:agusmaman@uny.ac.id)

### Abstrak

Cadangan hidrokarbon adalah akumulasi hidrokarbon yang telah dibuktikan keberadaannya dengan pemboran eksplorasi atau volume hidrokarbon di dalam *reservoir* yang telah ditemukan. Volume hidrokarbon yang semula terakumulasi di dalam *reservoir* disebut volume hidrokarbon awal di tempat atau *Original Oil in Place* (OOIP). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahapan penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric* dalam menghitung cadangan hidrokarbon pemboran minyak Sumur X suatu lapangan yang divisualisasi dengan *Graphical User Interface* (GUI) dan mengetahui keakuratan perhitungannya. Penelitian ini menggunakan model *fuzzy* Sugeno orde nol dengan empat variabel *input*, yaitu volume *bulk*, saturasi hidrokarbon, porositas batuan, dan BOI serta satu variabel *output*, yaitu OOIP yang berupa konstanta. Tahapan yang dilakukan adalah fuzzifikasi, operasi *fuzzy logic*, implikasi dengan fungsi min, agregasi dengan fungsi max, dan defuzzifikasi dengan menghitung nilai rata-rata *singleton* sehingga *output*-nya berupa *weighted average*. Model *fuzzy* kemudian divisualisasi dengan GUI. Keakuratan model *fuzzy* pada data latih sebesar 91,73% dengan MAPE sebesar 8,27%.

Kata kunci: *fuzzy logic*, metode *volumetric*, *Graphical User Interface*, cadangan hidrokarbon, *Original Oil in Place*, Sugeno orde nol

### Abstract

*Oil reserves was accumulation of hydrocarbon that had been proved the existence by drilling exploration or hydrocarbon volume in a reservoir that had been founded. Hydrocarbon volume that had accumulated in a reservoir was called Original Oil in Place (OOIP). This research aimed to find out the steps of application fuzzy logic in volumetric method for calculating oil reserves in a drilling field, and the accuracy of calculation. This result visualized with Graphical User Interface (GUI). This research used Sugeno order zero of fuzzy model with four input variables (bulk volume, hydrocarbon saturation, saturation, and BOI) and an output variable, OOIP. The steps of this research were fuzzyfication, fuzzy logic operation, implication by min function, aggregation by max function, and defuzzyfication by calculating the average value of singleton. The result was weighted average. The accuracy of fuzzy model on training data was 91,73% with MAPE value was 8,27%.*

Keywords: *fuzzy logic*, *volumetric method*, *Graphical User Interface*, *oil reserves*, *Original Oil in Place*, *Sugeno order zero*

## PENDAHULUAN

Minyak dan gas bumi merupakan gabungan/ campuran komposisi dari *hydrogen* dan *carbon*, oleh karena itu disebut juga sebagai hidrokarbon. Berdasarkan arti tersebut, hidrokarbon merupakan hasil yang didapat pada batuan di dalam kerak bumi. (Tim Staff Asisten Laboratorium Geologi Minyak dan Gas Bumi, 2012).

Terdapat banyak definisi untuk cadangan hidrokarbon. Setiap pengguna memiliki versi sendiri untuk keperluan masing-masing dalam mendefinisikan cadangan hidrokarbon. Menurut Dedy dan Cahyoko (2012), cadangan hidrokarbon (*oil reserves*) adalah akumulasi hidrokarbon yang telah dibuktikan keberadaannya dengan pemboran eksplorasi atau sebagai jumlah (volume) hidrokarbon di dalam *reservoir* yang telah ditemukan. Volume hidrokarbon yang

volume hidrokarbon awal di tempat atau biasa disebut *Originally Oil in Place* (OOIP).

Perhitungan cadangan hidrokarbon membentuk dasar pengembangan dan keputusan operasional yang sangat penting dalam pembiayaan dan pengaturan komersial lainnya. Perhitungan cadangan juga menjadi kunci dalam keputusan perencanaan dan kebijakan yang relevan oleh pemerintah dan lainnya. Hal ini menekankan perlunya perkiraan yang akurat dan terkini (DeSorcy, 1994).

Secara umum perhitungan cadangan dapat dilakukan dengan empat metode, yaitu metode *volumetric*, *material balance*, *decline curve* atau kurva penurunan produksi, dan *Monte Carlo*. Pada penelitian ini digunakan metode *volumetric* karena metode ini paling mudah dilakukan seiring belum dilakukannya pemboran minyak sumur suatu lapangan. Perhitungan cadangan hidrokarbon melibatkan ketidakpastian yang tingkatnya sangat bergantung pada tersedianya jumlah data geologi dan *engineering* yang dapat dipercaya.

Beberapa penelitian terdahulu untuk menghitung cadangan hidrokarbon telah dilakukan. Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perhitungan cadangan hidrokarbon antara lain: Rizal Risnul Wathan, Indra Shahab, dan Rudiyanto (2001) memperkirakan potensi hidrokarbon pada beberapa zona produktif di struktur Kuala Simpang Barat dengan *Reservoir Saturation Tool* (RST); C. Karacaer dan M. Onur (2012) menggunakan *Analytical Uncertainty Propagation Method* (AUPM) untuk memodelkan ketidakpastian metode *volumetric* pada perhitungan cadangan hidrokarbon; Sudra Irawan, Sismanto, dan Adang Sukmatiawan (2014) mengaplikasikan metode *Horizon Based Tomography* untuk menghitung cadangan hidrokarbon pada Lapangan SBI, Cekungan Utara Jawa Timur; O. A. Omoniyi dan T. O. Obafemi (2014) meninjau metode-metode yang umum digunakan dalam menghitung cadangan hidrokarbon; dan Hirzi Farizi (2015) menggunakan data log sumur dan data inti batuan untuk mengetahui jumlah cadangan hidrokarbon

(OOIP) pada Lapisan H Formasi Bekasap, Lapangan Pelita, Cekungan Sumatera Tengah.

Para peneliti secara berkelanjutan terus meminimalkan kesalahan dalam menghitung cadangan hidrokarbon dengan berbagai macam metode. *Fuzzy logic* merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan pada metode cadangan hidrokarbon untuk menghitung cadangan hidrokarbon. *Fuzzy logic* dapat menoleransi nilai-nilai samar (tidak pasti) sehingga *fuzzy logic* sesuai jika diterapkan pada metode cadangan hidrokarbon untuk menghitung cadangan hidrokarbon. Untuk mempermudah tahapan penelitian, digunakan aplikasi *Fuzzy Inference System* (FIS) untuk mengoperasikan data dan *Graphical User Interface* (GUI) untuk visualisasi model *fuzzy* pada perangkat lunak MATLAB.

Secara umum FIS dibangun dengan dua metode, yaitu metode Mamdani dan Sugeno (Agus, 2009). Pada *FIS editor*, model yang digunakan adalah model *fuzzy* Sugeno orde nol. Metode Sugeno dipilih karena bekerja paling baik untuk teknik linear dan analisis secara matematis (Sri, 2002). Model *fuzzy* Sugeno orde nol memberikan *output* berupa konstanta.

Permasalahan dari uraian di atas melatarbelakangi perlunya penelitian mengenai penerapan *fuzzy logic* khususnya model *fuzzy* Sugeno orde nol pada metode *volumetric* untuk menghitung cadangan hidrokarbon pada pemboran minyak Sumur X suatu lapangan. Rancangan dan hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) pada perangkat lunak MATLAB.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) bagaimana penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric* untuk menghitung cadangan hidrokarbon pada pemboran minyak Sumur X suatu lapangan yang divisualisasikan dengan *Graphical User Interface*? dan (2) bagaimana keakuratan perhitungan cadangan hidrokarbon pemboran minyak Sumur X suatu lapangan menggunakan penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric*?

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas, batasan-batasan dalam penelitian ini

adalah sebagai berikut: (1) cadangan hidrokarbon yang akan dicari pada penelitian ini adalah cadangan hidrokarbon mula-mula di *reservoir/ OOIP (Original Oil in Place)*, (2) penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric* untuk menghitung cadangan hidrokarbon, (3) data cadangan hidrokarbon pada penelitian ini dihitung berdasarkan informasi *cores* atau dianggap bahwa *reservoir* analog (karakteristik geologi dan petrofisik) untuk memproduksi atau menguji *reservoir* di area yang sama, (4) sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *fuzzy* Sugeno orde nol, dan (5) *output* sistem berupa lima belas konstanta berdasarkan data latih yaitu 8.282.544; 14.348.827; 773.530; 3.153.404; 8.715.183; 43.089; 10.852.718; 16.949.667; 6.519.170; 13.392.086; 7.863.702; 17.106.615; 13.096.296; 29.191.998; dan 18.153.908.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui tahapan-tahapan penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric* untuk menghitung cadangan hidrokarbon pada pemboran minyak Sumur X lapangan yang divisualisasikan dengan *Graphical User Interface* dan mengetahui keakuratan perhitungan cadangan hidrokarbon pemboran minyak Sumur X suatu lapangan menggunakan penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric*.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini. Secara teoritis bagi penulis dan ahli geologi, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric* untuk menghitung cadangan hidrokarbon pada sumur pemboran minyak suatu lapangan sedangkan secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh ahli geologi sebagai salah satu cara menghitung cadangan hidrokarbon yang lebih cepat pada metode *volumetric* dan menjadi referensi pengambilan keputusan pemboran sumur baru pada lapangan yang sama.

## METODE PENELITIAN

### Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data cadangan

hidrokarbon Sumur X suatu lapangan yang berlokasi di Indramayu, Jawa Barat pada tahun 2006. Data ini diperoleh dari PT. GEOTAMA ENERGI yang beralamat di Jl. Laksda Adisucipto Km. 5, Yogyakarta. Sumur X suatu lapangan terdiri dari tujuh lapisan dengan 23 data cadangan yang terbagi menjadi dua: 15 data cadangan hidrokarbon dan 8 data cadangan gas. Dari keseluruhan data, hanya data cadangan hidrokarbon (Tabel 1) yang digunakan untuk menghitung cadangan hidrokarbon dalam penelitian ini.

Tabel 1. Data Latih Cadangan Hidrokarbon pada Sumur X suatu Lapangan

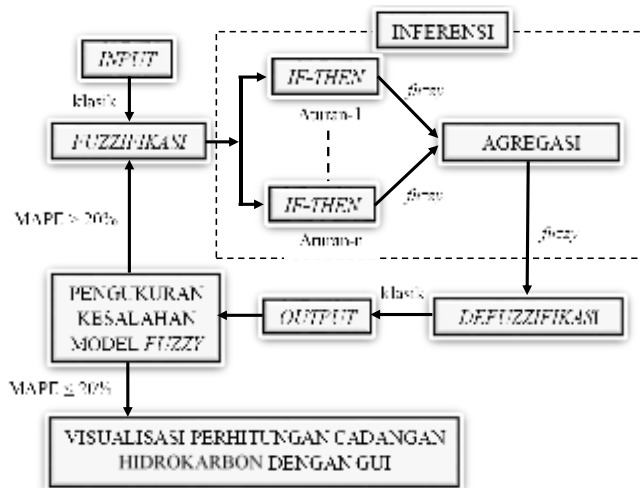
No	Data	$V_b$	$S_h$	Porositas	BOI	OOIP
1	H-II	11.217,46	0,6251	0,18409	1,2091	8.282.544
2	H-III	25.725,86	0,47702	0,18223	1,2091	14.348.827
3	H-IV	3.582,1	0,20125	0,15629	1,13	773.530
4	H1-I	4.249,94	0,62552	0,18608	1,217	3.153.404
5	H1-II	16.135,97	0,59424	0,14258	1,217	8.715.183
6	H1-IV	15.974,84	0,00406	0,0969	1,131	43.089
7	II-II	34.006,78	0,59952	0,08872	1,293	10.852.718
8	II-III&IV	32.815,35	0,59471	0,14475	1,293	16.949.667
9	L-II	37.474,42	0,25731	0,10536	1,209	6.519.170
10	L-III	85.884,02	0,21607	0,11247	1,209	13.392.086
11	L-IV	41.339,26	0,21161	0,14009	1,209	7.863.702
12	CGL.A-A1	24.189,48	0,67281	0,20269	1,496	17.106.615
13	CGL.A-A2	20.426,19	0,56191	0,19252	1,309	13.096.296
14	CGL.B-B1	40.507,73	0,67522	0,20581	1,496	29.191.998
15	CGL.B-B2	26.988,4	0,56191	0,20198	1,309	18.153.908

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan semua data sebanyak lima belas sebagai data latih. Tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu:

1. Menentukan variabel *input* dan himpunan semestanya pada data latih serta variabel *output*.
2. Menentukan himpunan *fuzzy* pada variabel *input*.
3. Membentuk aturan *fuzzy* berdasarkan derajat kebenaran data latih.
4. Inferensi *fuzzy* dengan metode Sugeno
5. Defuzzifikasi dengan menghitung nilai rata-rata.
6. Menguji model *fuzzy* dengan menghitung MAPE menggunakan persamaan (2.17). Jika MAPE lebih dari atau sama dengan 20%, maka perbaikan model *fuzzy* dilakukan dari tahapan pertama.
7. Visualisasi model *fuzzy* dengan GUI.

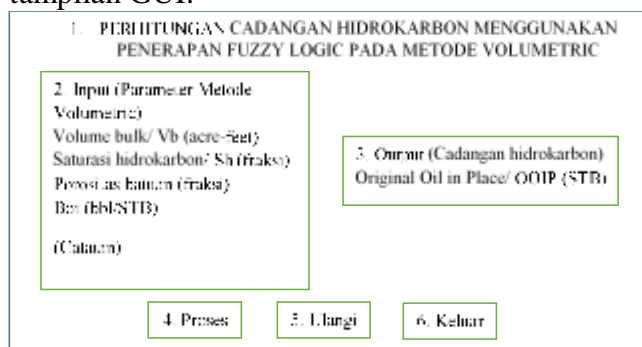
Secara singkat, Gambar 1 adalah diagram proses pengolahan data.



Gambar 1. Tahapan-Tahapan Penelitian

### Rancangan Layar Aplikasi

Jika model fuzzy telah memodelkan permasalahan dengan baik, maka tahapan terakhir dapat dilakukan, yaitu visualisasi model fuzzy dengan GUI. Gambar 2 menyajikan rancangan tampilan GUI.



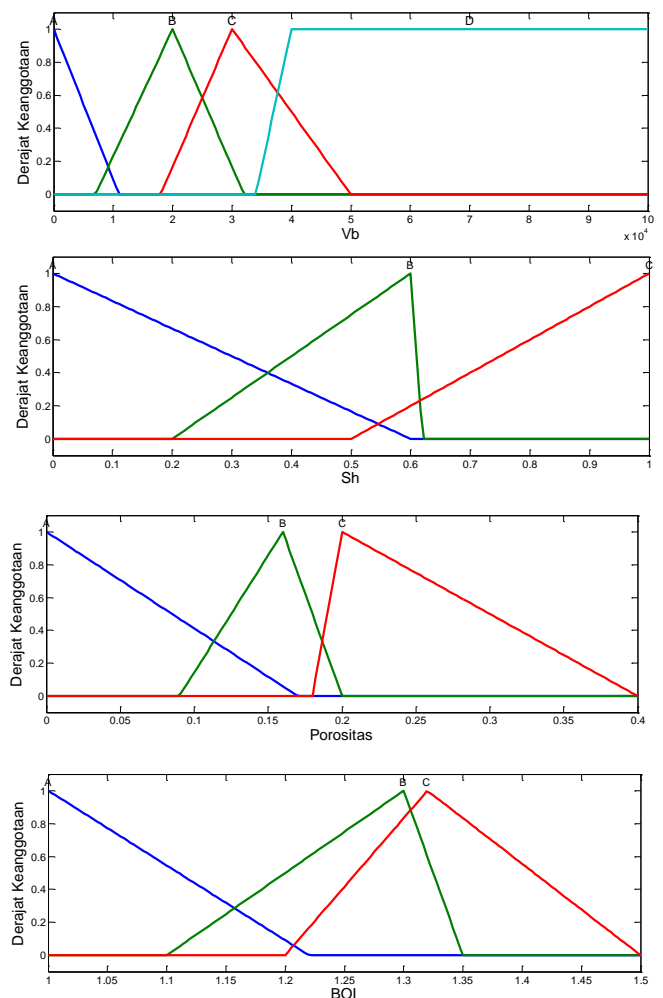
Gambar 2. Rancangan Tampilan GUI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Lima belas data cadangan hidrokarbon dievaluasi pada sistem inferensi menggunakan model fuzzy Sugeno orde nol. Parameter yang mempengaruhi nilai OOIP pada metode volumetric digolongkan sebagai variabel input, yaitu volume bulk, porositas batuan, saturasi hidrokarbon, dan faktor volume formasi hidrokarbon. Himpunan semesta variabel input berdasarkan ilmu geologi yaitu volume bulk ( $V_b$ ) = [0 100000], saturasi hidrokarbon ( $S_h$ ) = [0 1], porositas batuan (*Porositas*) = [0 0,4], dan faktor volume formasi hidrokarbon ( $BOI$ ) = [1 1,5]. OOIP adalah cadangan hidrokarbon mula-

mula di *reservoir* sehingga variabel output pada data cadangan hidrokarbon adalah OOIP. Terdapat lima belas output yang berupa konstanta berdasarkan data cadangan hidrokarbon, yaitu 8.282.544; 14.348.827; 773.530; 3.153.404; 8.715.183; 43.089; 10.852.718; 16.949.667; 6.519.170; 13.392.086; 7.863.702; 17.106.615; 13.096.296; 29.191.998; dan 18.153.908.

Pendeskripsian himpunan fuzzy dilakukan dengan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan variabel input direpresentasikan dengan gabungan fungsi keanggotaan linear, segitiga, dan trapezium (Gambar 3). Variabel input  $V_b$  didefinisikan dengan empat himpunan fuzzy sedangkan  $S_h$ , *Porositas*, dan  $BOI$  didefinisikan dengan tiga himpunan fuzzy. Belum ada ketentuan khusus dalam pemilihan fungsi keanggotaan dan pembagian himpunan fuzzy sehingga cara yang dilakukan adalah dengan *trial error* berdasarkan data latih.



Gambar 3. Himpunan Fuzzy Keempat Variabel Input

Variabel *output* OOIP yang memiliki lima belas data berupa konstanta berdasarkan data latih digunakan sebagai *output*, yaitu: 1 dengan parameter 8.282.544; 2 dengan parameter 14.348.827; 3 dengan parameter 773.530; 4 dengan parameter 3.153.404; 5 dengan parameter 8.715.183; 6 dengan parameter 43.089; 7 dengan parameter 10.852.718; 8 dengan parameter 16.949.667; 9 dengan parameter 6.519.170; 10 dengan parameter 13.392.086; 11 dengan parameter 7.863.702; 12 dengan parameter 17.106.615; 13 dengan parameter 13.096.296; 14 dengan parameter 29.191.998; dan 15 dengan parameter 18.153.908.

Setelah diperoleh himpunan *fuzzy* pada setiap variabel *input*, tahapan selanjutnya adalah membentuk aturan *fuzzy*. Semua data cadangan hidrokarbon dijadikan sebagai data latih. Data latih digunakan untuk membentuk aturan *fuzzy*. Kemudian setiap nilai *input* dicari derajat keanggotaannya. Semua derajat keanggotaan digunakan untuk membentuk aturan *fuzzy* karena terbatasnya data cadangan hidrokarbon yang tersedia. Berdasarkan banyaknya data latih, maka aturan *fuzzy* yang terbentuk (Tabel 2) berjumlah lima belas aturan.

Tabel 2. Aturan *Fuzzy* Berdasarkan Data Latih

Aturan	$V_b$	$S_h$	Porositas	BOI	OOIP
1	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	1
2	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	2
3	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	3
4	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	4
5	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	5
6	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	6
7	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	7
8	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	8
9	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	9
10	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	10
11	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	11
12	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	12
13	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	13
14	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	14
15	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	15

Contoh perhitungan manual dalam pembentukan aturan *fuzzy* berdasarkan data H-II dijelaskan di bawah sedangkan data lainnya mengikuti. Data H-II mempunyai nilai  $V_b$  sebesar

11.217,46 acre-feet,  $S_h$  sebesar 0,6251 fraksi, *Porositas* sebesar 0,18409 fraksi, dan *BOI* sebesar 1,2091 BBL/STB. Berdasarkan metode *volumetric*, nilai OOIP data H-II pada data latih adalah 8.282.544 STB. Nilai klasik variabel *input* kemudian diubah kedalam nilai *fuzzy*.

Nilai klasik  $V_b$  adalah 11.217,46 acre-foot. Nilai ini dianggap sebagai nilai  $x$ . Berdasarkan empat himpunan *fuzzy* yang telah dideskripsikan pada variabel *input*  $V_b$ , nilai  $x = 11217,46$  berada dalam interval himpunan *B* sehingga derajat keanggotaan selain himpunan *fuzzy B* adalah 0. Perhitungan derajat keanggotaan masing-masing himpunan *fuzzy*  $V_b$  yaitu:

$$\begin{aligned} \mu_A(11217,46) &= 0 \\ \mu_B(11217,46) &= \frac{11217,46 - 7000}{13000} = 0,3244 \\ \mu_C(11217,46) &= \mu_D(11217,46) = 0 \end{aligned}$$

Pencarian nilai kebenaran tunggal dari derajat keanggotaan tersebut dilakukan dengan mencari nilai maksimumnya.

$$\max(0,0,324,0,0) = 0,3244$$

Nilai 0,3244 merupakan derajat keanggotaan  $x = 11217,46$  pada himpunan *fuzzy B* sehingga nilai  $V_b$ -nya masuk dalam himpunan *fuzzy B*. Pencarian nilai kebenaran tunggal dari derajat keanggotaan masing-masing himpunan *fuzzy*  $S_h$ , *Porositas*, dan *BOI* juga dilakukan seperti langkah di atas.

Dari uraian di atas, hasil perhitungan nilai kebenaran tersebut dikelompokkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Kebenaran dari Nilai *Input* Data H-II

Variabel <i>input</i>	Nilai klasik	Nilai kebenaran tunggal	Himpunan <i>fuzzy</i>
$V_b$	11217,46	0,3244	<i>B</i>
$S_h$	0,6251	0,2502	<i>C</i>
<i>Porositas</i>	0,18409	0,3978	<i>B</i>
<i>BOI</i>	1,2091	0,5455	<i>B</i>
<i>OOIP</i>	8282544	-	1

Untuk mengetahui apakah inferensi *fuzzy* sudah sesuai atau belum, dilakukan perhitungan secara analisis dengan menggunakan salah satu data sebagai *input*, yaitu data H-II. Berdasarkan himpunan *fuzzy* data H-II pada Tabel 3, aturan *fuzzy* yang memenuhi adalah aturan 1.



Keakuratan model *fuzzy* didapat dari mengurangi nilai MAPE pada persentase penuh, yaitu

$$\text{Keakuratan} = 100\% - 8.27\% = 91.73\%.$$

Model *fuzzy* dengan keakuratan sebesar 91,73% dianggap mampu memodelkan permasalahan dengan baik karena nilai MAPE kurang dari 10% (Makridarkis, Wheelwright, dan McGee dalam Jurnal Teknik POMITS, 2012).

Tahapan terakhir pada penelitian ini yaitu visualisasi model *fuzzy* yang telah dibangun dengan GUI.



Gambar 5. Visualisasi model *fuzzy* pada perhitungan cadangan hidrokarbon dengan GUI

Data cadangan hidrokarbon yang digunakan pada Gambar 5 adalah data H-II dengan nilai *input* 11217,46 pada volume *bulk*, 0,6251 pada saturasi hidrokarbon, 0,18409 pada porositas batuan, dan 1,2091 pada BOI. Setelah dilakukan evaluasi data, *output* yang muncul adalah nilai OOIP hasil evaluasi data dengan model *fuzzy*, yaitu 8.87117e+006 dan keterangan “Nilai aktual OOIP = 8282544 sehingga nilai MAPE = 7,11%”.

Tahapan menjalankan program pada Gambar 5 dimulai dengan memasukkan keempat nilai *input* kemudian meng-klik tombol “Proses” untuk memproses data. Nilai OOIP hasil evaluasi data dengan model *fuzzy* dan keterangan mengenai informasi nilai aktual OOIP dan nilai MAPE akan muncul pada *output*. Gunakan tombol “Ulangi” untuk me-reset data *input* dan keterangan pada *output*. Jika program telah selesai digunakan, klik tombol “Keluar” untuk keluar dari program. Hasil OOIP tersebut merepresentasikan perhitungan cadangan

hidrokarbon berdasarkan penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric*.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Penelitian mengenai penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric* untuk menghitung cadangan hidrokarbon pada pemboran minyak Sumur X suatu lapangan dilakukan dengan menggunakan seluruh data cadangan hidrokarbon Sumur X suatu lapangan sebanyak lima belas data sebagai data latih. *Input* yang digunakan sebanyak empat variabel, yaitu volume *bulk*, saturasi hidrokarbon, porositas batuan, dan BOI. Fungsi keanggotaan variabel *input* direpresentasikan dengan gabungan fungsi keanggotaan linear, segitiga, dan trapesium. *Output* berupa konstanta karena menggunakan model *fuzzy* Sugeno orde nol. Aturan yang terbentuk sebanyak lima belas aturan *fuzzy* berdasarkan data latih. Fungsi implikasi yang digunakan adalah min sedangkan fungsi agregasinya adalah max (metode Sugeno). Tahapan defuzzifikasi dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata sehingga menghasilkan konstanta berupa *weighted average*. Hasil perhitungan manual dan model *fuzzy* dari data latih dibandingkan dengan nilai aktual OOIP kemudian dihitung keakuratannya. Terakhir, visualisasi model *fuzzy* yang telah dibangun dengan GUI.

Keakuratan perhitungan cadangan hidrokarbon pemboran minyak Sumur X suatu lapangan menggunakan penerapan *fuzzy logic* pada metode *volumetric* sebesar 91,73%. Model *fuzzy* ini lebih sesuai pada data *input* dengan nilai volume *bulk* antara 10.000-45.000 *acre-feet*.

### Saran

Pengembangan dan perbaikan model perlu dilakukan guna memperoleh hasil yang lebih akurat dalam menghitung cadangan hidrokarbon. Beberapa diantaranya, yaitu: (1) menambah jumlah data cadangan hidrokarbon sebagai *input* dan *output* model, khususnya data *input* volume *bulk* yang beragam. Sebelum mendapatkan model *fuzzy* pada penelitian ini, telah didapatkan model *fuzzy* dengan MAPE 0% (keakuratan 100%) pada tahapan perbaikan model. Keempat variabel *input* direpresentasikan dengan gabungan fungsi keanggotaan linear dan segitiga dengan

banyaknya himpunan *fuzzy* pada variabel *input* volume *bulk*, saturasi hidrokarbon, porositas batuan, dan BOI berturut-turut adalah 41, 11, 41, dan 11. Model *fuzzy* ini tidak dipilih karena tidak mampu mengoperasikan data *input* yang tidak memenuhi aturan *fuzzy*, (2) melakukan pengujian menggunakan berbagai jenis fungsi keanggotaan dan jumlah himpunan *fuzzy* yang lain pada variabel *input* dengan *trial error* karena belum ada ketentuan khusus dalam pemilihan fungsi keanggotaan dan pembagian himpunan *fuzzy*, (3) menggunakan model *fuzzy* Sugeno orde satu dengan mengubah *output* ke bentuk persamaan linear sehingga dimungkinkan terbentuknya model *fuzzy* yang lebih akurat, dan (4) menggunakan penerapan ilmu statistik, khususnya analisis runtun waktu pada metode perhitungan cadangan *material balance* dan *decline curve* atau kurva penurunan produksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

Agus Naba. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.

Dedy Kristanto & VD Cahyoko Aji. (2012). *Buku Panduan Praktikum Penilaian Formasi*. rev.ed. Yogyakarta: Laboratorium Penilaian Formasi.

DeSorcy, G.J. et al. (1994). *Determination of Oil and Gas Reserves*. Canada: The Petroleum Society of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Calgary Section.

Hanke, John E. & Wichern, Dean W. (2005). *Business Forecasting*. 8<sup>th</sup>. ed. United States of America: Pearson Prentice Hall.

Hirzi Farizi. (2015). Geologi dan Perhitungan Cadangan Lapisan H Formasi Bekasap, Lapangan Pelita, Cekungan Sumatera Tengah, Berdasarkan Data Inti Batuan dan Log Sumur. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.

Karacaer, C. & Onur, M. (2012). Analytical Probabilistic Reserve Estimation by Volumetric Method and Aggregation of Resources. *Prosiding, Society of Petroleum Engineers, tanggal 24-25 September 2012*. Calgary: SPE International.

Lailatul Khikmiyah, Wiwik Anggraini, & Retno Aulia Vinarti. (2012). Prediksi Permintaan Gas Cair Menggunakan *Fuzzy Inference* Model pada PT. Air Products Gresik. *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), 1-9.

Omoniyi, O. A. & Obafemi, T. O. (2014). Review of the Methods for Estimating Hydrocarbon in Place. *International Journal of Innovative Research & Development*, 3(11), 431-438.

Rizal Risnul Wathan, Indra Shahab, & Rudiyanto. (2001). Prediksi Potensi Hidrokarbon Secara Kualitatif Struktur Rantau dan Kuala Simpang Barat Berdasarkan Evaluasi RST. *Prosiding, Simposium Nasional, tanggal 3-5 Oktober 2001*. Yogyakarta: IATMI.

Sri Kusumadewi. (2002). *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox MATLAB*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sudra Irawan, Sismanto, & Adang Sukmatiawan. (2014). Applying the Horizon Based Tomography Method to Update Interval Velocity Model, Identify the Structure of Pre-Stack Depth Migration 3D and Estimate the Hydrocarbon Reserve in SBI Field of North West Java Basin. *Jurnal Teknologi*, 69(6), 53-58.

Tim Staff Asisten Laboratorium Geologi Minyak dan Gas Bumi. (2012). *Buku Panduan Praktikum Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta.