

Rancang Bangun *Software* Perhitungan Untuk Sistem Meter Turbin dengan Metode *Fuzzy*

Silvia Mareta¹, Astrie Kusuma Dewi², Chalidia N.H.³

Jurusan Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi Dan Mineral Akamigas

Jl. Gajah Mada No.38 Cepu, Blora, 58315

¹silvia.mareta27@gmail.com

²astrie.dewi@esdm.go.id

³hamdani113@gmail.com

Intisari — *Custody transfer* merupakan kegiatan penting di industri minyak dan gas yang membutuhkan akurasi tinggi. Dalam menjaga *metering system* tetap dalam kondisi yang akurat diperlukan pengujian dinamis sebagai evaluasi terhadap *metering system custody transfer*. Dalam melakukan pengujian dinamis diperlukan *software* sehingga perhitungan akan lebih akurat dan meminimalisir kesalahan. *Software* perhitungan dipasaran saat ini tergolong mahal dan tidak mencakup semua kebutuhan perhitungan yang dibutuhkan di lapangan maka perlu dibuat *software* perhitungan yang sesuai dengan kebutuhan dan memiliki harga yang murah. Dengan adanya *software* ini di harapkan dapat memudahkan proses perhitungan dan mempercepat waktu *troubleshooting* saat terjadi penyimpangan pengukuran karena data yang terbaca pada *flowcomp* dapat dibuktikan secara langsung ketepatannya. Dalam mencari suatu faktor koreksi diperlukan metode yang mampu mengetahui nilai di antara dua nilai yang diketahui. Metode *fuzzy* dianggap mampu menyelesaikan permasalahan tersebut. Metode *fuzzy* sugeno cocok digunakan pada penelitian ini karena memiliki output berupa konstanta. Setelah dilakukan pengujian pada beberapa sampel secara acak diperoleh hasil metode *fuzzy* sugeno memiliki *error* terhadap tabel API MPMS paling besar yaitu 0,00004. Jika dibandingkan dengan metode interpolasi metode *fuzzy* memiliki hasil yang sama dengan nilai yang dihasilkan oleh metode interpolasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *fuzzy* dapat digunakan sebagai metode perhitungan dalam mencari faktor koreksi.

Kata kunci : *custody transfer, metering system, fuzzy sugeno*

Abstract — *Custody transfer is an important activity in the oil and gas industry which requires high accuracy. In keeping the metering system in an accurate condition, dynamic testing is needed as an evaluation of the custody transfer metering system. In carrying out dynamic testing, software is needed so that calculations will be more accurate and minimize errors. Calculation software in the market is currently quite expensive and does not cover all the calculation needs needed in the field, it is necessary to make calculation software that suits your needs and has a low price. With this software, it is hoped that it can simplify the calculation process and speed up troubleshooting time when there is a measurement deviation because the data read in the flowcomp can be directly proven for its accuracy. In finding a correction factor, a method is needed that is able to determine the value between two known values. Fuzzy method is considered capable of solving these problems. Sugeno fuzzy method is suitable for use in this study because it has an output in the form of a constant. After testing several random samples, the results of the Sugeno fuzzy method have the greatest error on the MPMS API table, namely 0.00004. When compared with the interpolation method, the fuzzy method has the same results as the value generated by the interpolation method. So it can be concluded that the fuzzy method can be used as a calculation method in finding the correction factor.*

Keyword: *custody transfer, metering system, fuzzy sugeno.*

I. PENDAHULUAN

Custody transfer merupakan proses pemindahan produk untuk transaksi jual beli baik penerimaan maupun penyaluran yang memerlukan alat ukur dengan akurasi tinggi. Alat ukur yang digunakan dalam *custody transfer* biasa disebut sistem meter. Untuk menjaga akurasi sistem meter, diperlukan suatu alat pembanding yang disebut *proving system*. Dari hasil perbandingan tersebut maka dapat dibuktikan akurasi dari suatu sistem meter [1].

Untuk menjaga sistem meter tetap dalam kondisi baik dan menghasilkan pengukuran yang akurat perlu dilakukan pengujian dinamis sebagai evaluasi terhadap sistem meter. Pengujian dilakukan dengan melakukan perhitungan ulang secara manual menggunakan data yang diperoleh dari lapangan dengan menggunakan rumus perhitungan dari standar seperti standar API MPMS. Namun perhitungan ulang secara manual membutuhkan waktu yang lama dan diperlukan ketelitian tinggi. Perhitungan ulang secara manual beresiko mengalami kesalahan perhitungan akibat *human error*.

Guna mempercepat perhitungan manual, *software* khusus untuk perhitungan laju alir berdasarkan standar dapat digunakan. Namun, *software* perhitungan tersebut belum mencakup semua kebutuhan perhitungan yang diperlukan di lapangan. Sehingga diperlukan sebuah *software* yang mencakup semua kebutuhan di lapangan. Dengan adanya *software* perhitungan tersebut, selain untuk memudahkan perhitungan juga dapat mempercepat waktu penyelesaian masalah ketika terjadi penyimpangan hasil perhitungan dan pengukuran karena data yang terbaca pada *flowcomp* dapat dibuktikan secara langsung ketepatannya.

Fuzzy adalah sistem pemecahan masalah berbasis komputer dan akuisisi data. *Fuzzy* mempunyai dua kemungkinan seperti 0 atau 1, “benar” atau “salah”. Meskipun nilai keanggotaannya sama namun *fuzzy* mampu membedakan nilai dari keanggotaan tersebut dari bobot yang dimiliki. *Fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi non linier yang sangat kompleks dan memiliki nilai toleransi terhadap informasi data yang tidak tepat

dengan menggunakan bahasa alami sehingga mudah dipahami. Konsep logika *Fuzzy* sangat efektif karena mampu menyelesaikan masalah yang mengandung ketidakpastian, keambiguan dan kebenaran parsial [2]. *Fuzzy* yang digunakan harus mampu menentukan nilai faktor koreksi dari standar API MPMS.

Penelitian terkait logika *fuzzy* pernah dilakukan oleh [2] pada penelitian tersebut *fuzzy* sugeno digunakan untuk menentukan produksi makanan. Penelitian dilakukan dengan cara mengelompokkan besarnya nilai yang ada pada setiap variabel sehingga dapat diketahui nilai minimum dan maksimum yang digunakan selama 3 tahun terakhir. Hasil dari proses penerapan tersebut menunjukkan bahwa *fuzzy* Sugeno memberikan solusi berupa jumlah optimal makanan yang akan di produksi.

Penelitian lainnya yang pernah dilakukan menggunakan metode *fuzzy* [3] dalam penelitian tersebut metode *fuzzy* digunakan sebagai metode untuk menentukan hubungan antara minat mahasiswa dengan judul tesis mahasiswa. Dengan menggunakan empat buah input dimana masing masing input memiliki tiga himpunan serta satu buah output yang memiliki tiga buah himpunan yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dari hasil pengujian menggunakan metode *fuzzy* dari 80 sample uji didapatkan bahwa 51,06% mahasiswa memiliki minat yang sesuai dengan proposal tesis dan 48,94% mahasiswa memiliki minat yang tidak sesuai dengan proposal tesis yang dibuat

Metode *fuzzy* juga pernah digunakan untuk melakukan pengendalian pada sistem lengan robot untuk mendistribusikan *flux* pada *dual parabola dish concentrator*. *Fuzzy* digunakan sebagai pengendali *cascade* dengan dua buah input yaitu sensor *gyroscope* dan *thermocouple*. Metode *fuzzy* tersebut sangat berguna untuk merespon *disturbance* seperti penyebaran cahaya. Dengan menggunakan metode *fuzzy* ini *output* yang dihasilkan menjadi lebih baik dengan *power* dan penyebaran panas meningkat 62,49% sehingga dihasilkan *output thermoelectric* dengan *power* sebesar 1,01 watt [4]

Sedangkan Penelitian terkait delphi pernah dilakukan oleh [5] pada penelitian tersebut diketahui bahwa Delphi dapat

digunakan sebagai komputer dan sebagai pusat penerimaan serta pengolahan data dari parameter peralatan yang ada dilapangan.

Berdasarkan latar belakang serta tinjauan pada penelitian sebelumnya diketahui logika *fuzzy* dapat menyelesaikan permasalahan yang memiliki nilai abu-abu antara nilai yang benar dan nilai yang salah sehingga, dalam penelitian ini dibuatlah *software* perhitungan sistem meter turbin dengan metode *fuzzy*.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini variabel *input* yang digunakan yaitu suhu *prover*, tekanan *prover*, suhu meter dan tekanan meter yang diperoleh dari *proving report* yang ada dilapangan. Semua variabel *input* yang ada digunakan untuk menghasilkan *output* berupa faktor

koreksi seperti CTSP, CPSP, CTLP, CPLP, CCFP, CVLP, CTLM, CPLM, CCFM, CVLM, dan *meter factor*. Untuk menentukan faktor koreksi CTLP dan CTLM diperoleh melalui pembacaan tabel standard API MPMS Chapter 11.1 Tabel 54B. Sedangkan faktor koreksi CPLM dan CPLP diperoleh melalui pembacaan tabel standard API MPMS Chapter 11.2.1.

Variabel *input* tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *software* yang akan dibuat menggunakan borland delphi 7. *Software* tersebut juga dapat menyimpan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, setelah disimpan data-data tersebut juga dapat dilihat pada data *history* yang terdapat pada *software* yang dibuat. Desain *software* tersebut dapat dilihat pada Gambar 1

Gbr. 1 Desain *Software* Perhitungan

Dalam menentukan faktor koreksi CTLP, CTLM, CPLP, dan CPLM pada umumnya metode perhitungan yang digunakan adalah metode interpolasi. Namun dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *fuzzy* sugeno. Metode *fuzzy* sugeno ini digunakan untuk mengganti metode interpolasi yang digunakan untuk mencari nilai yang tidak diketahui diantara dua nilai yang diketahui. Dalam penelitian ini akan terdapat dua buah logika *fuzzy*, logika *fuzzy* yang pertama untuk menentukan faktor koreksi CTLP dan CTLM. Sedangkan logika *fuzzy* yang kedua digunakan untuk menentukan faktor koreksi CPLP dan CPLM.

Logika *fuzzy* CTLP dan CTLM memiliki dua variabel *input* yaitu suhu dan *density* dan memiliki satu buah *output* yaitu faktor koreksi. Variabel suhu terdiri dari rentang 15°C– 60°C yang dibagi menjadi 10 himpunan. Sedangkan variabel *density* terdiri dari rentang 700 kg/m³ – 900 kg/m³ yang dibagi menjadi 21 himpunan. Himpunan-himpunan *input* ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Kombinasi antara *input* dan *output* akan menghasilkan 210 *rule base*. Semua *rule base* yang dibuat menggunakan operasi “and” sebagai korelasi antara *input* suhu dengan *input density* sehingga menghasilkan *output* faktor koreksi.

Logika *fuzzy* CPLP dan CPLM memiliki dua variabel *input* yaitu suhu dan API dan memiliki satu buah *output* yaitu faktor koreksi. Variabel suhu terdiri dari rentang $50^{\circ}\text{F} - 140^{\circ}\text{F}$ yang dibagi menjadi 19 himpunan. Sedangkan variabel API terdiri dari rentang $25^{\circ}\text{API} - 75^{\circ}\text{API}$ yang dibagi menjadi 11 himpunan. Himpunan-himpunan *input* ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Kombinasi antara *input* dan *output* akan menghasilkan 209 *rule base*. Semua *rule base* yang dibuat menggunakan operasi “and”

III. PEMBAHASAN

A. Implementasi Software

Gambar 2 merupakan tampilan utama *software* yang dibuat. Pada bagian ini terdapat beberapa fitur yang bisa *user* gunakan untuk memulai perhitungan. Pada *software* ini terdapat beberapa bagian, yaitu pengisian *user*, tanggal, serta tujuannya. Bagian pengujian dilakukan untuk menguji *density* produk yang berasal dari lab dapat digunakan untuk proses *custody* atau tidak, jika sesuai maka akan muncul indikasi “produk sesuai” jika *density* tidak sesuai maka akan muncul indikasi “produk tidak sesuai”. Pada bagian produk kita dapat memilih produk jenis apa yang akan

sebagai korelasi antara *input* suhu dengan *input* API sehingga menghasilkan *output* faktor koreksi.

Untuk mengetahui ketepatan hasil perhitungan menggunakan metode *fuzzy* dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan metode *fuzzy* dengan hasil perhitungan metode interpolasi serta nilai dari tabel API MPMS. Metode *fuzzy* dianggap berhasil apabila *error* yang dihasilkan kurang dari 0,001%.

kita lakukan perhitungan, jika kita sudah memilih maka secara otomatis akan muncul nilai *density*, *K-factor*, *meter factor* sebelumnya serta parameter *prover* berupa ketebalan dinding, *cubical expansion*, *modulus elasticity*, diameter *prover* dan *prover volume*. Selanjutnya pada bagian parameter meter turbin, kita memasukkan nilai tekanan meter dan suhu meter serta pada bagian parameter *prover* kita memasukkan tekanan *prover*, suhu *prover* dan *average pulse*. Setelah semua data terinput lakukan klik pada tombol hitung maka secara otomatis bagian faktor koreksi *prover* dan meter akan menghasilkan nilai hasil perhitungan meliputi nilai CTSP, CPSP, CTLP, CPLP, CCFP, CVLP, CTLM, CPLM, CCFM dan CVLM serta nilai *Meter factor* akan diketahui.



Gbr.2 Tampilan Utama *Software* Perhitungan *Meter factor* Sistem Meter Turbin

B. Logika Fuzzy Sugeno Untuk CTLM dan CTLP

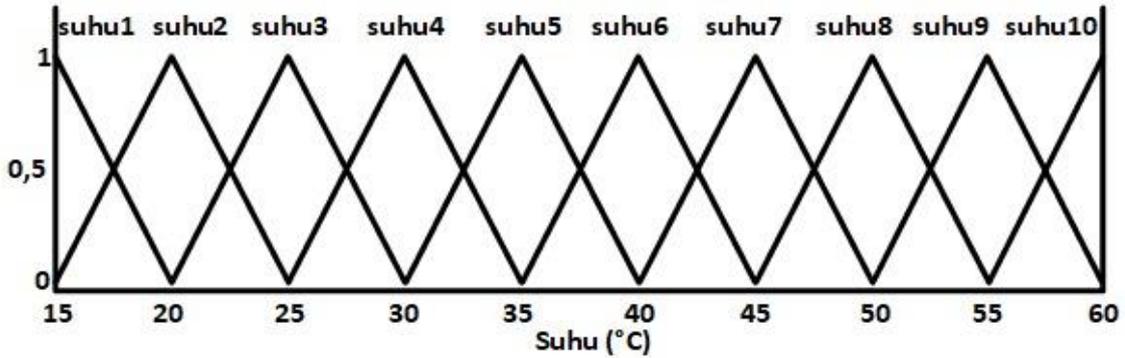
Gambar 3 berikut merupakan fungsi keanggotaan variabel suhu. Variabel suhu memiliki 10 himpunan dengan kenaikan pada

setiap himpunan *fuzzy* sebesar 5°C . Himpunan *fuzzy* suhu1 memiliki domain [15, 20], dengan derajat keanggotaan tertinggi sebesar 1 terletak pada nilai 15°C .

$$\mu_{suhu1}[sh] = \begin{cases} 0 & sh \leq 15 \text{ atau } sh \geq 20 \\ \frac{20 - sh}{5} & 15 \leq sh \leq 20 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{suhu2}[suhu] = \begin{cases} 0, & sh \leq 15 \text{ atau } sh \geq 25 \\ \frac{sh - 15}{5} & 15 \leq sh \leq 20 \\ \frac{25 - sh}{5} & 20 \leq sh \leq 25 \end{cases} \quad (2)$$

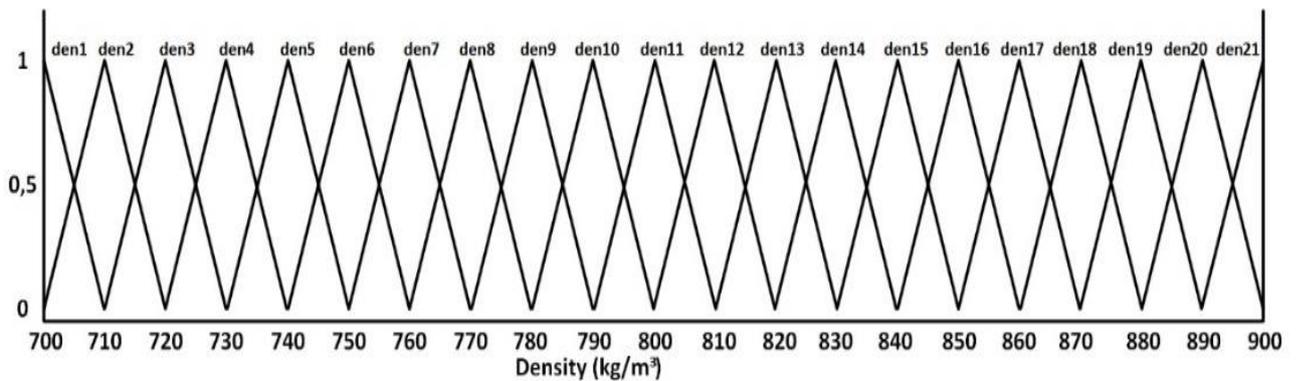
Himpunan *fuzzy* suhu2 memiliki domain [15, 25], dengan derajat keanggotaan tertinggi sebesar 1 terletak pada nilai 20°C.



Gbr. 3 Fungsi Keanggotaan Pada Himpunan *Fuzzy* Variabel Suhu

Gambar 4 merupakan fungsi keanggotaan pada himpunan *fuzzy* variabel *density*. Variabel *density* memiliki 21 himpunan dengan kenaikan pada setiap himpunan *fuzzy* sebesar 10 kg/m³. Himpunan *fuzzy* den1 memiliki domain [700, 710], dengan derajat keanggotaan tertinggi sebesar 1 terletak pada nilai 700 kg/m³.

$$\mu_{den11}[ds] = \begin{cases} 0 & ds \leq 700 \text{ atau } ds \geq 710 \\ \frac{700 - ds}{10} & 700 \leq ds \leq 710 \end{cases} \quad (3)$$



Gbr. 4 Fungsi Keanggotaan Pada Himpunan *Fuzzy* Variabel *Density*

Tabel 1 merupakan *rule base* untuk *fuzzy* yang akan digunakan mencari nilai CTLM & CTLP. *Fuzzy* untuk CTLM & CTLP terdiri dari 21 himpunan *density* dan 10 himpunan

suhu. Sehingga kombinasi suhu dan *density* akan menghasilkan 210 *rule base*.

Tabel 1. Rule Base CTLM & CTLP

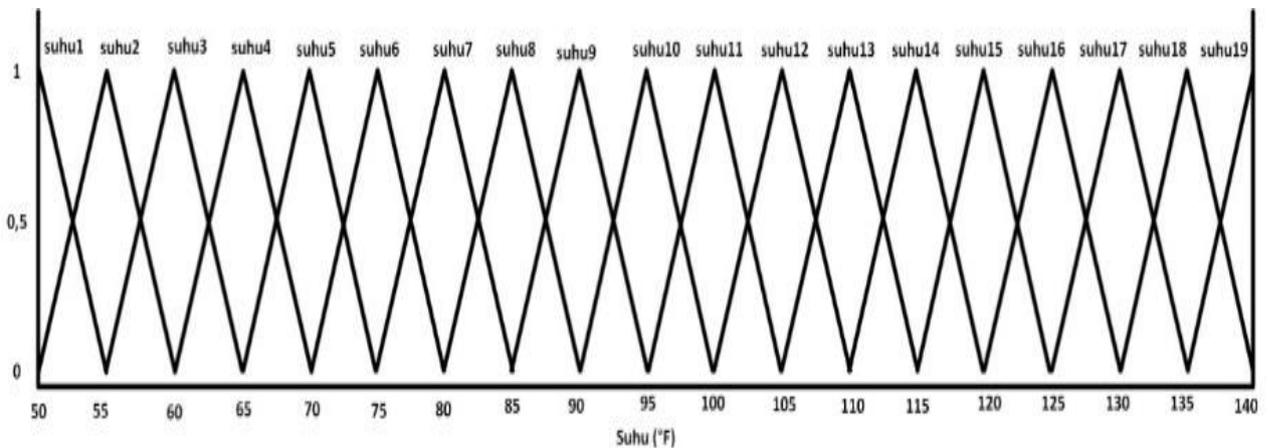
No	Rules					
1	if <i>Density</i> is	den1	and suhu is	suhu1	then <i>output</i> is	1.0000
2	if <i>Density</i> is	den1	and suhu is	suhu2	then <i>output</i> is	0.9933
3	if <i>Density</i> is	den1	and suhu is	suhu3	then <i>output</i> is	0.9866
4	if <i>Density</i> is	den1	and suhu is	suhu4	then <i>output</i> is	0.9799
5	if <i>Density</i> is	den1	and suhu is	suhu5	then <i>output</i> is	0.9731
.....
205	if <i>Density</i> is	den21	and suhu is	suhu5	then <i>output</i> is	0.9845
206	if <i>Density</i> is	den21	and suhu is	suhu6	then <i>output</i> is	0.9806
207	if <i>Density</i> is	den21	and suhu is	suhu7	then <i>output</i> is	0.9767
208	if <i>Density</i> is	den21	and suhu is	suhu8	then <i>output</i> is	0.9728
209	if <i>Density</i> is	den21	and suhu is	suhu9	then <i>output</i> is	0.9689
210	if <i>Density</i> is	den21	and suhu is	suhu10	then <i>output</i> is	0.9650

C. Logika Fuzzy Sugeno Untuk CPLM dan CPLP

Gambar 5 merupakan fungsi keanggotaan variabel suhu. Variabel suhu memiliki 19 himpunan dengan kenaikan pada setiap himpunan fuzzy sebesar 5°F.

Himpunan fuzzy suhu1 memiliki domain [50,55], dengan derajat keanggotaan tertinggi sebesar 1 terletak pada nilai 50°F.

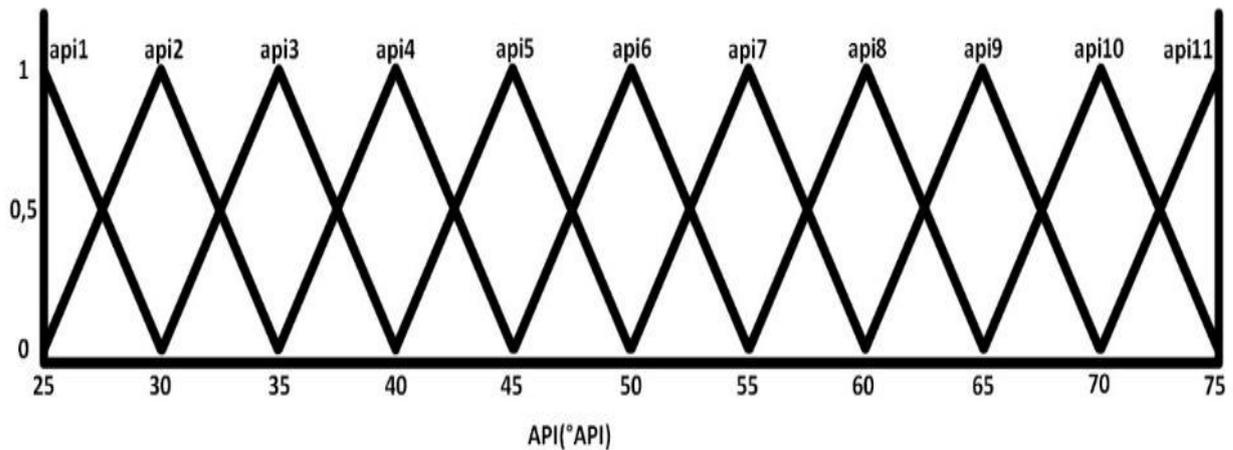
$$\mu_{den1}[ds] = \begin{cases} 0 & ds \leq 700 \text{ atau } ds \geq 710 \\ \frac{700-ds}{10} & 700 \leq ds \leq 710 \end{cases} \quad (4)$$



Gbr 5 Fungsi Keanggotaan Pada Himpunan Fuzzy Variabel Suhu Fahrenheit

Gambar 6 merupakan fungsi keanggotaan derajat API. Pada variabel API memiliki 11 himpunan dengan kenaikan pada setiap himpunan fuzzy sebesar 5°API. Himpunan

fuzzy api1 memiliki domain [25, 30], dengan derajat keanggotaan tertinggi sebesar 1 terletak pada nilai 25°API.

Gbr. 6 Fungsi Keanggotaan Pada Himpunan *Fuzzy* Variabel API

Tabel 2 merupakan *rule base* untuk *fuzzy* yang akan digunakan mencari nilai CPLM & CPLP. *Fuzzy* untuk CPLM & CPLP terdiri

dari 11 himpunan API dan 19 himpunan suhu. Sehingga kombinasi suhu dan *density* akan menghasilkan 209 *rule base*.

Tabel 2. *Rule Base* CPLM & CPLP

No	Rules					
1	if api is	api1	and suhu is	suhu1	then output is	0.418
2	if api is	api1	and suhu is	suhu2	then output is	0.424
3	if api is	api1	and suhu is	suhu3	then output is	0.431
4	if api is	api1	and suhu is	suhu4	then output is	0.437
5	if api is	api1	and suhu is	suhu5	then output is	0.444
.....
205	if api is	api11	and suhu is	suhu15	then output is	1.365
206	if api is	api11	and suhu is	suhu16	then output is	1.400
207	if api is	api11	and suhu is	suhu17	then output is	1.437
208	if api is	api11	and suhu is	suhu18	then output is	1.474
209	if api is	api11	and suhu is	suhu19	then output is	1.512

E. Pengujian dan Analisa

Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan lima buah sampel, maka diperoleh hasil seperti pada tabel 3 yang berisi hasil perhitungan menggunakan metode *fuzzy*, metode interpolasi dan hasil dari standar API MPMS. Dimana dari lima buah sample, hasil yang diperoleh jika menggunakan metode *fuzzy* sama dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode interpolasi.

Selisih terbesar hasil perhitungan menggunakan *fuzzy* dibandingkan dari tabel API MPMS adalah sebesar 0,00004. Selisih yang dihasilkan sangat kecil dan mendekati sama dengan tabel API MPMS.

Tabel 3. Perbandingan Tabel API MPMS, *Fuzzy* dan Interpolasi Untuk Faktor Koreksi CTLM & CTLP

No	Tabel API MPMS	<i>Fuzzy</i>	Interpolasi	<i>Error</i>	
				<i>Fuzzy</i>	Interpolasi
1.	0,9984	0,998395	0,998395	0,000005	0,000005
2.	0,9845	0,984460	0,984460	0,000004	0,000004
3.	0,9922	0,992234	0,992234	-0,000034	-0,000034
4.	0,9735	0,973480	0,973480	0,000002	0,000002
5.	0,9628	0,962795	0,962795	0,000005	0,000005

Dari hasil pengujian menggunakan lima buah sampel, diperoleh hasil seperti pada tabel 4 yang berisi hasil perhitungan menggunakan metode *fuzzy* untuk mencari nilai faktor koreksi CPLP dan CPLM. Dengan menggunakan metode *fuzzy* selisih terbesar

adalah 0,0018 dibandingkan dengan tabel API MPMS. Selisih terkecil yang diperoleh sebesar 0,0007 dimana selisihnya sangat kecil dan mendekati sama .

Tabel 4. Perbandingan Tabel API MPMS, *Fuzzy* dan Interpolasi Untuk Faktor Koreksi CPLM & CPLP

No	Tabel API MPMS	<i>Fuzzy</i>	Interpolasi	<i>Error</i>	
				<i>Fuzzy</i>	Interpolasi
1.	0,466	0,466	0,466700	0,466700	-0,0007
2.	0,711	0,711	0,711230	0,712230	-0,00123
3.	1,379	1,379	1,380800	1,380800	-0,0018
4.	0,781	0,781	0,782600	0,782600	-0,00166
5.	0,565	0,565	0,566600	0,566600	-0,0016

Tabel 5 merupakan perbandingan perhitungan manual, *proving report*, dan perhitungan program. Setelah dilakukan perbandingan antara perhitungan manual dengan data pada *proving report* maka terdapat perbedaan antara perhitungan manual dan data *proving report* dari *flow computer* hal ini dikarenakan terdapat perbedaan kemampuan cara perhitungan *flow computer* dengan

perhitungan manual, tetapi nilai ini masih dapat ditoleransi karena memiliki selisih yang sangat kecil bahkan hampir mendekati sama. Sedangkan jika dibandingkan antara perhitungan manual dengan perhitungan program memiliki hasil yang sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa program yang dibuat berhasil karena memiliki eror senilai 0.

Tabel 5. Perbandingan Perhitungan Manual, *Proving Report* dan Perhitungan Program

No	Faktor Koreksi	<i>Proving Report</i>	Perhitungan Manual	Program	Error	
		(1)	(2)	(3)	(1-2)	(3-2)
1	CTSP	1,000713	1,001250	1,001250	-0,000537	0
2	CPSP	1,000061	1,000864	1,000864	-0,000803	0
3	CTLP	0,982244	0,981790	0,981790	0,000454	0
4	CTLM	0,982244	0,981617	0,981617	0,000627	0
5	CPLP	1,000266	1,000266	1,000266	0	0
6	CPLM	1,000107	1,000107	1,000107	0	0
7	CCFP	0,983266	0,984128	0,984128	-0,000862	0
8	CCFM	0,982349	0,981722	0,981722	0,000627	0
9	CVLP	6,705672	6,711553	6,711553	-0,005881	0
10	CVLM	6,705672	6,696428	6,696428	0,009244	0
11	Meter Factor	1,000733	1,002251	1,002251	0-0,00151	0
12	Deviation	0,133572%	0,15164%	0,15164%	-0,018282	0
13	Repeatability	0,005474%	0,005577%	0,005577%	-0,050296	0

IV. KESIMPULAN

Dengan menggunakan program yang dibuat ini proses perhitungan menjadi lebih mudah karena kita bisa langsung memasukkan parameter yang terdapat pada *flowcomp* kedalam *software* tanpa harus membuka standar untuk melihat nilai faktor koreksi. Selain itu dengan menggunakan program yang dibuat ini biaya yang dikeluarkan lebih murah.

Dengan menggunakan program yang dibuat ini apabila terjadi indikasi penyimpangan perhitungan deviasi *error* dapat langsung diketahui, sehingga menghemat waktu ketika terjadi *troubleshooting* dilapangan. Selain itu, penyimpangan yang terjadi dapat diketahui secara detail dibagian mana faktor koreksi terdapat *error*.

REFRENSI

- [1] API, "Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 4 — Proving Systems, Section 1 - Introduction," *Api Mpms*, 1998.
- [2] Y. Yudihartanti and A. Hakim, "Penentuan Produksi Makanan Berbasis Fuzzy Mamdani," 2007.
- [3] A. K. Dewi, A. E. Permanasari, and I. Hidayah, "Kesesuaian Minat Mahasiswa dengan Judul Tesis Mahasiswa Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [4] A. S. Wardhana, M. Ashari, and H. Suryoatmojo, "Optimal control of robotic arm system to improve flux distribution on dual parabola dish concentrator," *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 13, no. 1, pp. 364–378, 2020, doi: 10.22266/ijies2020.0229.34.
- [5] W. A. Munandar *et al.*, "EasyChair Preprint Lighting Control Design Using Arduino

- Microcontroller And Delphi Application As Interface,” 2020.
- [6] R. B. Ginting, “Analisis Fungsi Implikasi Max-Min dan Max-Prod Dalam Pengambilan Keputusan,” *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, p. 128, 2015, doi: 10.24076/citec.2014v1i2.16.
- [7] C. Dharsni, “Kemiripan Lipstik Berdasarkan Metode Fuzzy C-Means (Fcm) Menggunakan Delphi,” *Klik - Kumpul. J. Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, p. 48, 2020, doi: 10.20527/klik.v7i1.299.
- [8] D. L. Rahakbauw, F. J. Rianekuay, and Y. A. Lesnussa, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Karet (Studi Kasus: Data Persediaan Dan Permintaan Produksi Karet Pada Ptp Nusantara Xiv (Persero) Kebun Awaya, Teluk Elpaputih, Maluku-Indonesia),” *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 16, no. 1, pp. 51–59, 2019, doi: 10.22487/2540766x.2019.v16.i1.12764.