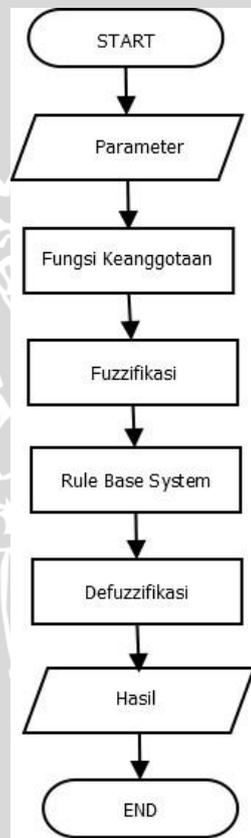


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perancangan Kontroler Logika Fuzzy(KLF)

. Untuk mendapatkan hasil atau keluaran yang diinginkan dari perhitungan fuzzy maka terlebih dahulu perlu di buat fungsi keanggotaan masukan dari nilai *error* dan *derror* serta membuat *fuzzy rule* untuk menentukan keluaran dari proses fuzzy yang akan mengendalikan plant. Metode yang digunakan dalam proses *defuzzifikasi* menggunakan metode mamdani. Berikut dijelaskan tentang integrasi *fuzzy* dengan simulasi sehingga menghasilkan klasifikasi sesuai dengan tujuan penelitian. Rancangan integrasi disajikan dalam Gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** Integrasi *Fuzzy* dengan Suhu

Dalam penelitian ini memiliki 2 variabel yaitu fungsi keanggotaan yang berbeda. Yang pertama fungsi keanggotaan berjumlah tiga dan kedua fungsi keanggotaan berjumlah lima. Dengan perbedaan fungsi keanggotaan ini terhadap plant yang sama akan dilihat bagaimana respon dari masing-masing respon sistem tersebut.

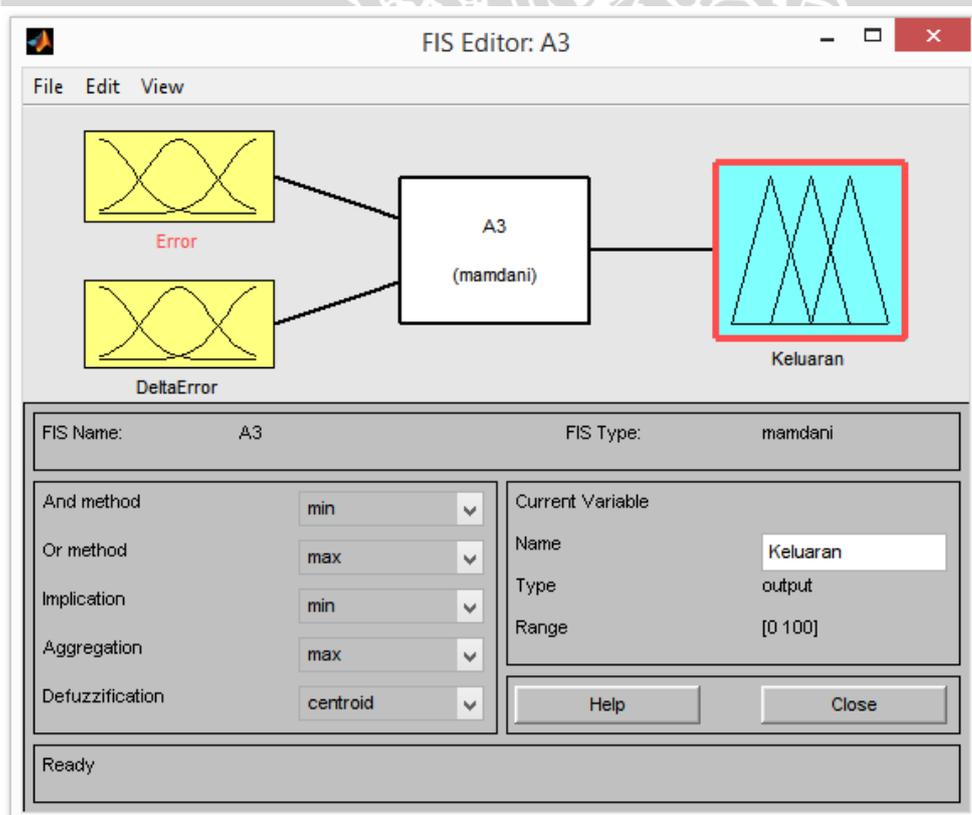
#### 4.1.1. Variabel Masukan dan Keluaran

Sistem kontrol logika *fuzzy* yang dikembangkan dalam penelitian ini mempunyai dua *crisp input* yaitu *error* posisi dan *delta error* posisi serta satu *crisp output* yaitu perubahan tegangan. *Error* dan *delta error*. Penentuan besarnya fungsi keanggotaan *error* dilakukan dengan perhitungan toleransi *error* 25% dari *set point* yang ditentukan, sedangkan untuk fungsi keanggotaan *delta error* ditentukan dari 10% fungsi keanggotaan *error*.

Fungsi keanggotaan keluaran pemanas air merupakan representasi besarnya nilai Tegangan yang disimulasikan. Tegangan yang dirancang memiliki rentangan antara 0-100 Volt dengan rentangan Daya yang dikeluarkan antara 0-300 Watt. Besarnya fungsi keanggotaan keluaran adalah dari 0-100.

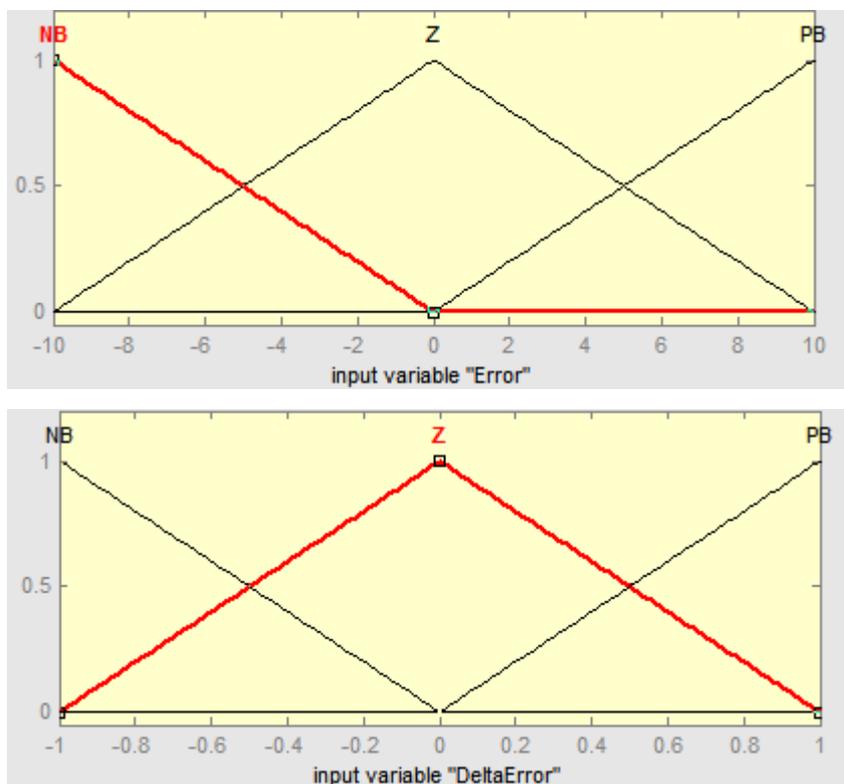
#### 4.2. Fungsi keanggotaan berjumlah tiga

Variabel yang digunakan untuk masukan adalah *error* dan *delta error*. *Error* adalah nilai *Set Point* dikurangi nilai sebenarnya, sedangkan *delta error* adalah nilai *error* sekarang dikurangi *error* sebelumnya. Fungsi keanggotaan ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



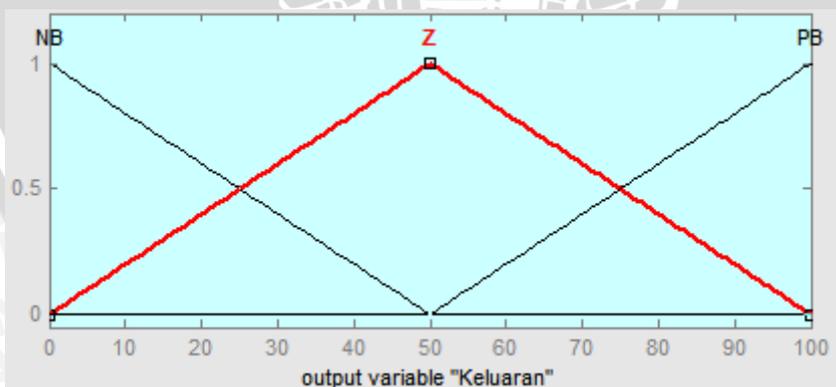
**Gambar 4.2.** FIS Editor dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tiga

Untuk fungsi keanggotaan sebagai masukan dari *error* dan *delta error* terdiri atas 3 label, yaitu Negatif Besar (NB), *Zero* (Z), dan Positif Besar (PB) yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3.** Fungsi Keanggotaan Masukan *Error* dan *Delta Error* Berjumlah Tiga

Fungsi keanggotaan keluaran dari sistem ini dibuat parameter berupa sinyal dengan parameter dari 0 sampai dengan 100 yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4.** Fungsi Keanggotaan Keluaran Berjumlah Tiga

#### 4.2.1. Menentukan aturan fuzzy

Aturan fuzzy (fuzzy rule) digunakan sebagai penentu keluaran dari fuzzifikasi yang akan diolah dalam proses defuzzifikasi. Jumlah aturan fuzzy yang digunakan sebanyak 9.

Aturan fuzzy diperoleh dari 3 fungsi keanggotaan masukan *error* dan *delta error*. Aturan fuzzy yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Aturan Fuzzy pada Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tiga

		<i>error</i>		
		NB	Z	PB
<i>Delta Error</i>	NB	NB	NB	Z
	Z	NB	Z	PB
	PB	Z	PB	PB

Dimana:

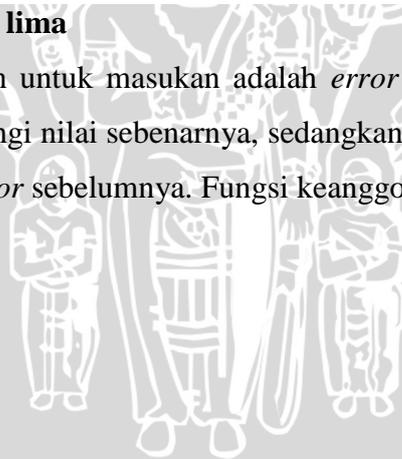
NB = Negatif Besar

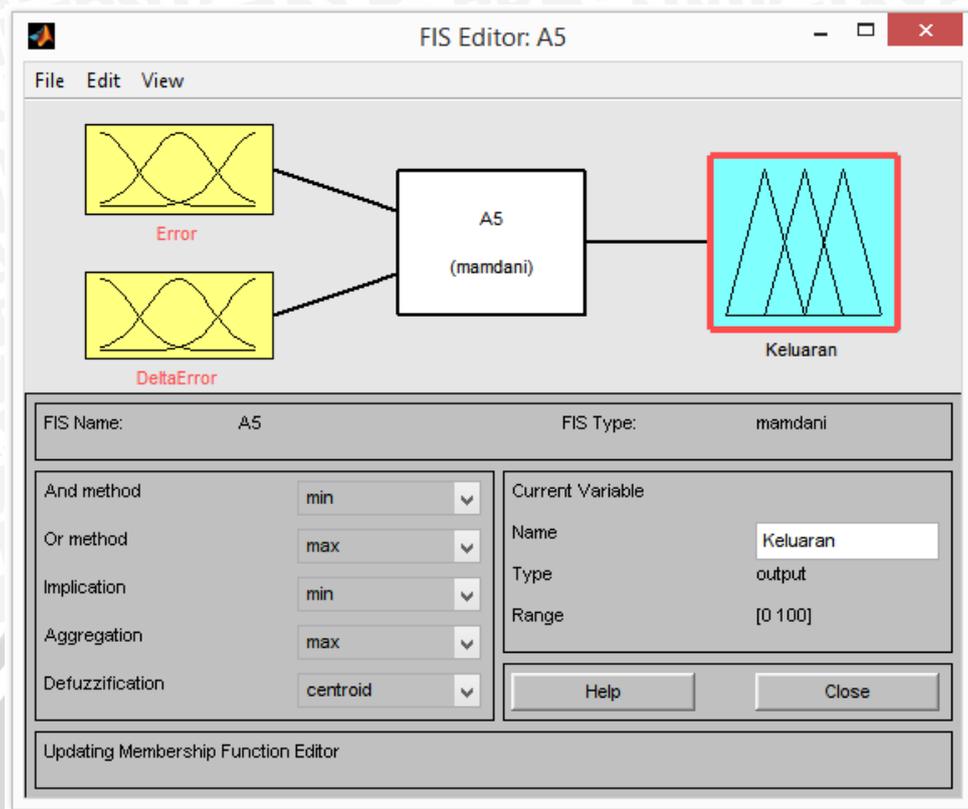
Z = Zero

PB = Positif Besar

#### 4.3. Fungsi keanggotaan berjumlah lima

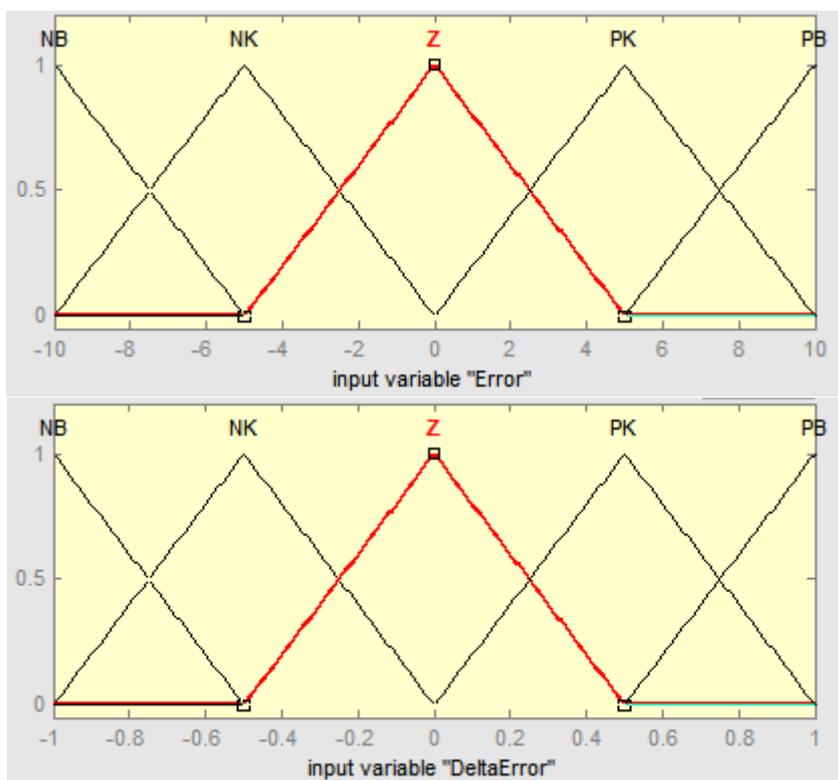
Variabel yang digunakan untuk masukan adalah *error* dan *delta error*. *Error* adalah nilai *Set Point* dikurangi nilai sebenarnya, sedangkan *delta error* adalah nilai *error* sekarang dikurangi *error* sebelumnya. Fungsi keanggotaan ditunjukkan dalam Gambar 4.5.





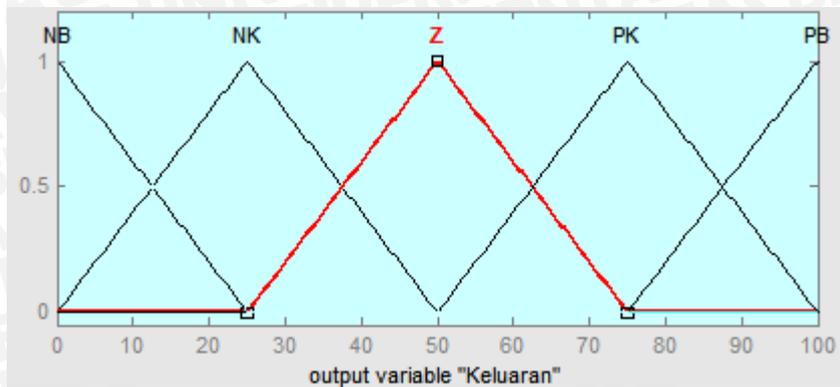
**Gambar 4.5.** FIS Editor dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Lima

Untuk fungsi keanggotaan sebagai masukan dari *error* dan *delta error* terdiri atas 5 label, yaitu Negatif Besar (NB), Negatif kecil (NK), *Zero* (Z), Positif Kecil (PK) dan Positif Besar (PB) yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6.** Fungsi Keanggotaan Masukan *Error* dan *Delta Error* Berjumlah Lima

Fungsi keanggotaan keluaran dari sistem ini dibuat parameter berupa sinyal dengan parameter dari 0 sampai dengan 100 yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7.** Fungsi Keanggotaan Keluaran Berjumlah Lima

#### 4.3.1. Menentukan aturan fuzzy

Aturan fuzzy (*fuzzy rule*) digunakan sebagai penentu keluaran dari *fuzzifikasi* yang akan diolah dalam proses *defuzzifikasi*. Jumlah aturan fuzzy yang digunakan sebanyak 25. Aturan fuzzy diperoleh dari lima fungsi keanggotaan masukan *error* dan *delta error*. Aturan fuzzy yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Aturan Fuzzy pada Fungsi Keanggotaan Berjumlah Lima

		<i>Error</i>				
		NB	NK	Z	PK	PB
<i>Delta Error</i>	NB	NB	NB	NB	NK	Z
	NK	NB	NB	NK	Z	PK
	Z	NB	NK	Z	PK	PB
	PK	NK	Z	PK	PB	PB
	PB	Z	PK	PB	PB	PB

Dimana: NB = Negatif Besar

NK = Negatif Kecil

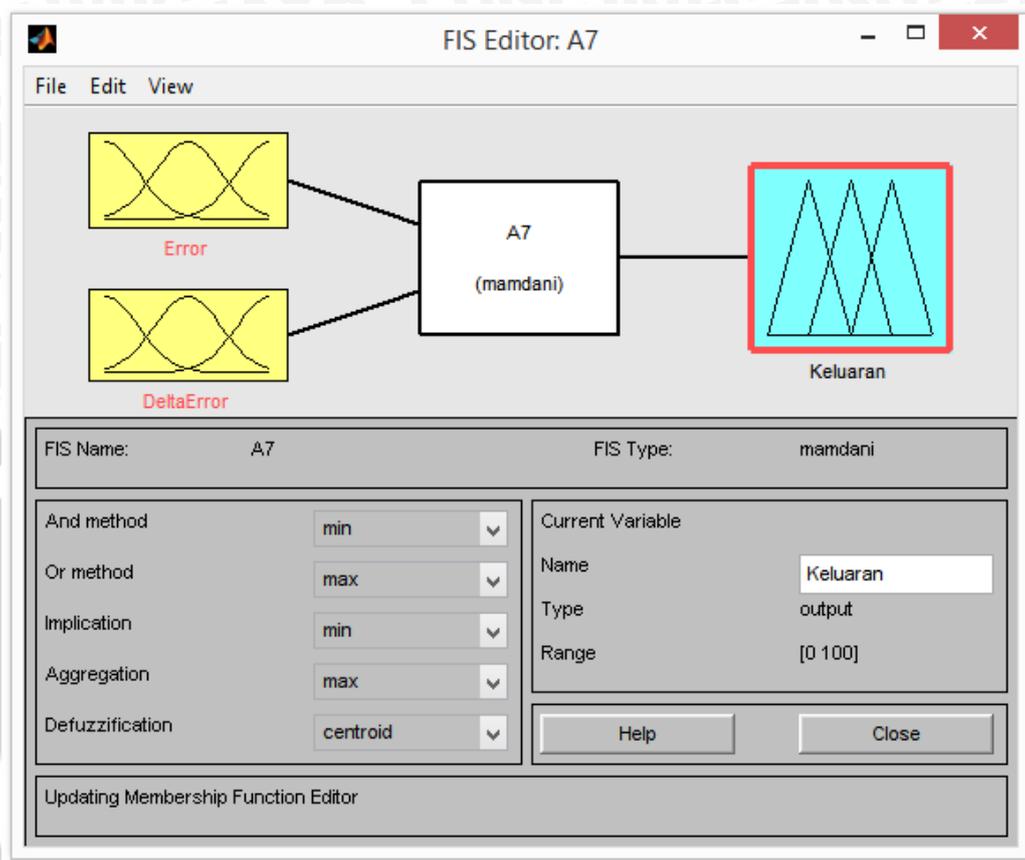
Z = Zero

PK = Positif Kecil

PB = Positif Besar

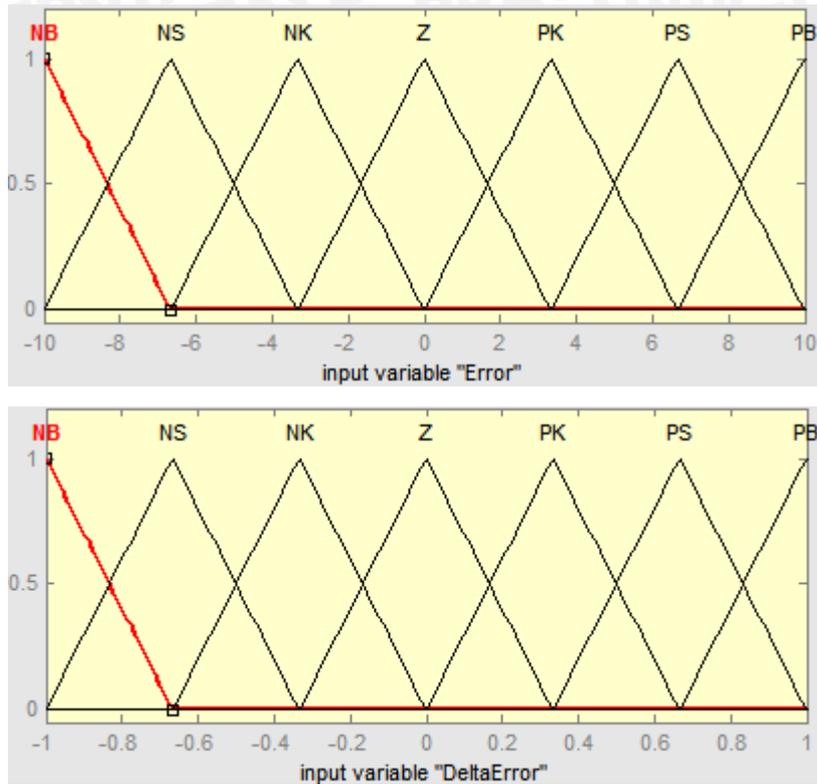
#### 4.4. Fungsi keanggotaan berjumlah tujuh

Variabel yang digunakan untuk masukan adalah *error* dan *delta error*. *Error* adalah nilai *Set Point* dikurangi nilai sebenarnya, sedangkan *delta error* adalah nilai *error* sekarang dikurangi *error* sebelumnya. Fungsi keanggotaan ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



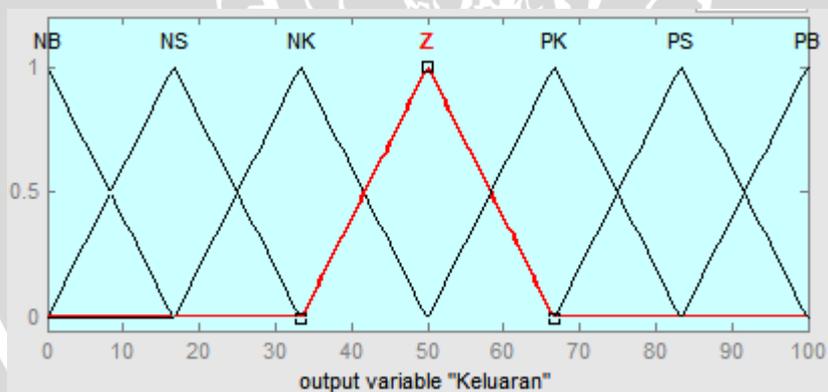
**Gambar 4.8.** FIS Editor dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tujuh

Untuk fungsi keanggotaan sebagai masukan dari *error* dan *delta error* terdiri atas 7 label, yaitu Negatif Besar (NB), Negatif Sedang (NS), Negatif kecil (NK), Zero (Z), Positif Kecil (PK), Positif Sedang (PS) dan Positif Besar (PB) yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9.** Fungsi Keanggotaan Masukan *Error* dan *Delta Error* Berjumlah Tujuh

Fungsi keanggotaan keluaran dari sistem ini dibuat parameter berupa sinyal dengan parameter dari 0 sampai dengan 100 yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10.** Fungsi Keanggotaan Keluaran Berjumlah Tujuh

#### 4.4.1. Menentukan Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy (*fuzzy rule*) digunakan sebagai penentu keluaran dari *fuzzifikasi* yang akan diolah dalam proses *defuzzifikasi*. Jumlah aturan fuzzy yang digunakan sebanyak 49. Aturan fuzzy diperoleh dari tujuh fungsi keanggotaan masukan *error* dan *delta error*. Aturan fuzzy yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Aturan Fuzzy pada Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tujuh

		Error						
		NB	NS	NK	Z	PK	PS	PB
Delta Error	NB	NB	NB	NB	NB	NS	NK	Z
	NS	NB	NB	NB	NS	NK	Z	PK
	NK	NB	NB	NS	NK	Z	PK	PS
	Z	NB	NS	NK	Z	PK	PS	PB
	PK	NS	NK	Z	PK	PS	PB	PB
	PS	NK	Z	PK	PS	PB	PB	PB
	PB	Z	PK	PS	PB	PB	PB	PB

Dimana: NB = Negatif Besar

NS = Negatif Small

NK = Negatif Kecil

Z = Zero

PK = Positif Kecil

PS = Positif Sedang

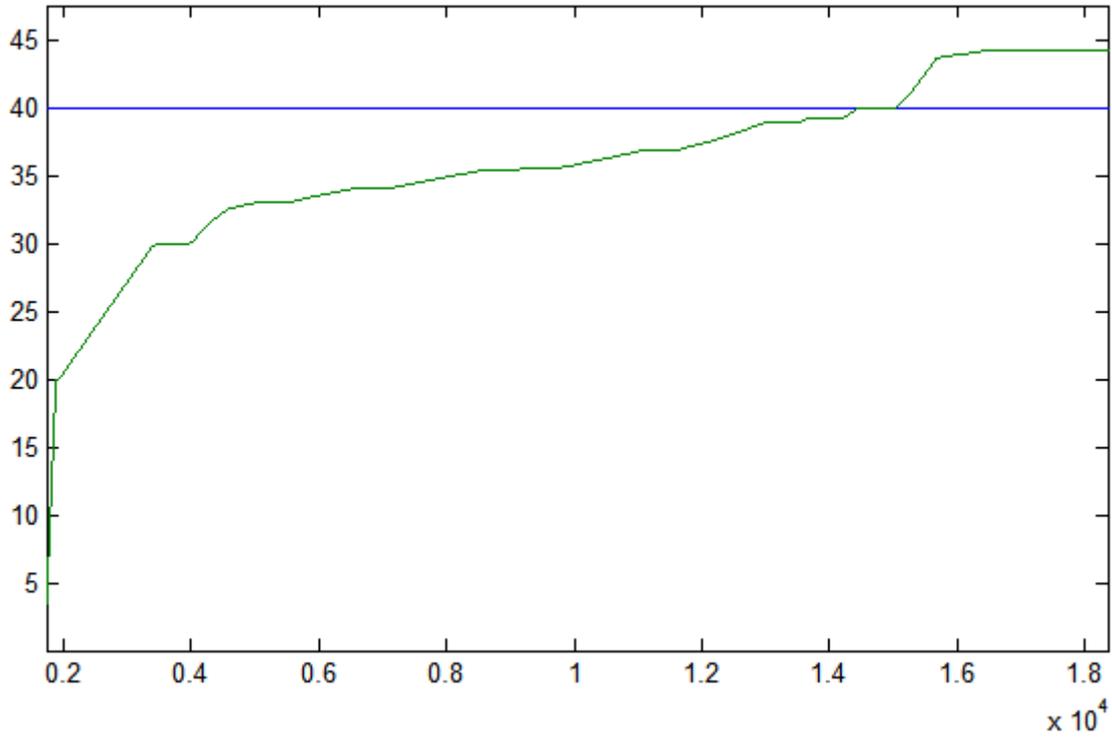
PB = Positif Besar

#### 4.5. Analisi Respon

Parameter yang dilihat dari analisis respon yaitu respon respon dari fungsi keanggotaan berjumlah tiga dan fungsi keanggotaan berjumlah lima.

##### 4.5.1. Analisi Respon Sistem dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tiga

Hasil yang didapat dari scope kemudian disimpan dan ditampilkan kembali data-data nya dalam bentuk nilai. Dari Matlab data tersebut di plot kemdali dalam bentuk grafik seperti Gambar 4.11.



**Gambar 4.11.** Grafik Plot dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tiga

Dari grafik dapat dianalisa parameter dari sistem orde satu untuk nilai settling time (ts) dan delay time. Untuk nilai Settling time dapat dilihat dari plot data yang menunjukkan nilai 44.2594 dengan waktu 57.5167 detik yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.

	1	2	3
16493	56.9230	40	44.2316
16494	56.9283	40	44.2319
16495	56.9388	40	44.2324
16496	56.9598	40	44.2334
16497	57.0020	40	44.2354
16498	57.0862	40	44.2394
16499	57.2546	40	44.2474
<b>16500</b>	<b>57.5167</b>	<b>40</b>	<b>44.2594</b>
16501	57.5167	40	44.2594
16502	57.5167	40	44.2594
16503	57.5167	40	44.2594
16504	57.5167	40	44.2594
16505	57.5167	40	44.2594
16506	57.5167	40	44.2594
16507	57.5167	40	44.2594

**Gambar 4.12.** Nilai settling time (ts) Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tiga

Untuk nilai delay time didapat dari grafik pada data no 1875 yaitu 14.0308 detik dapat dilihat pada Gambar 4.13.

	1	2	3
1869	13.2893	40	19.1813
1870	13.4389	40	19.3488
1871	13.4389	40	19.3488
1872	13.7316	40	19.6738
1873	13.7381	40	19.6811
1874	13.7381	40	19.6811
<b>1875</b>	<b>14.0308</b>	<b>40</b>	<b>20.0026</b>
1876	14.0406	40	20.0135
1877	14.0406	40	20.0135
1878	14.0413	40	20.0150
1879	14.0413	40	20.0150
1880	14.0421	40	20.0161
1881	14.0425	40	20.0167
1882	14.0425	40	20.0167
1883	14.0433	40	20.0178

**Gambar 4.13.** Nilai delay time (td) dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tiga

Nilai Dari *Error Steady State* didapat dengan memasukkan persamaan (2.1) dengan langkah sebagai berikut:

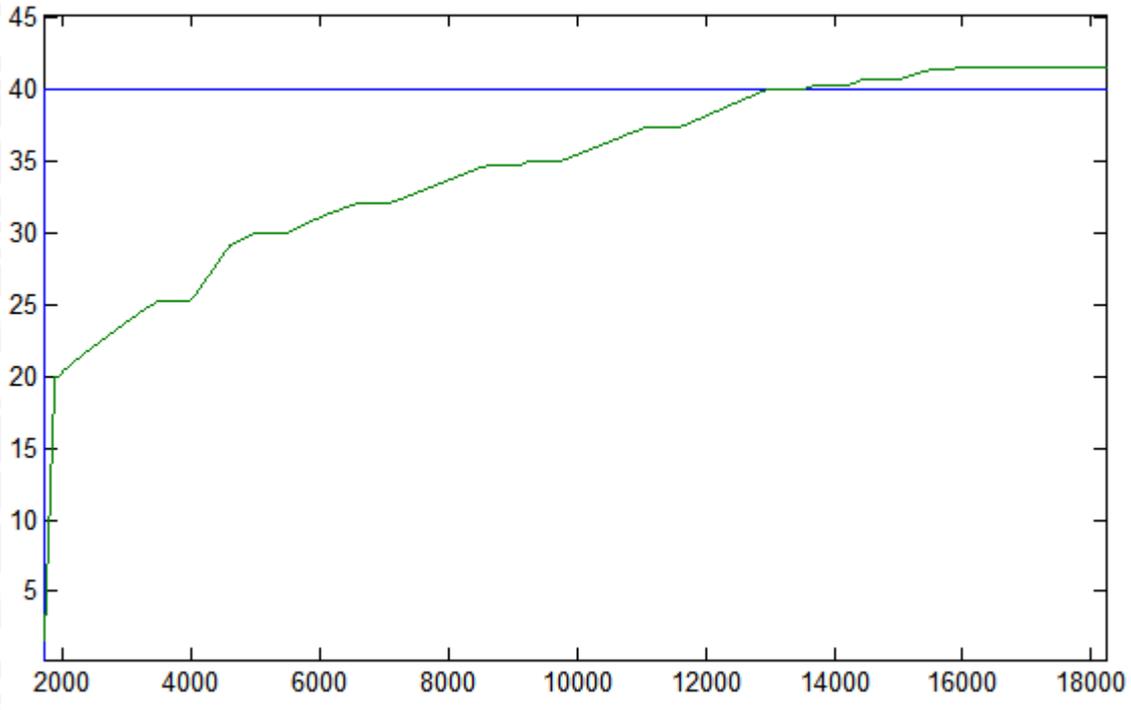
$$ess = \left| \frac{40 - 44.25}{40} \right| \times 100\%$$

$$ess = 10.625\%$$

Nilai Dari *Error Steady State* sebesar 10.625% melebihi dari nilai *set point*.

#### 4.5.2. Analisa Respon Sistem dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Lima

Hasil dari proses defuzzifikasi yang disumulasikan didapatkan respon sistem. Hasil yang didapat dari scope kemudian disimpan dan ditampilkan kembali data-data nya dalam bentuk nilai. Dari Matlab data tersebut di plot kemdali dalam bentuk grafik seperti Gambar 4.14.



**Gambar 4.14.** Grafik Plot Fungsi Keanggotaan Berjumlah Lima

Dari grafik dapat dianalisa parameter dari sistem orde satu untuk nilai settling time (ts), rise time (tr), dan delay time. Untuk nilai Settling time dapat dilihat dari plot data yang menunjukkan nilai 41.5066 dengan waktu 52.5699 detik yang dapat dilihat pada Gambar 4.15.

	1	2	3
16024	52.2180	40	41.5053
16025	52.2212	40	41.5053
16026	52.2276	40	41.5053
16027	52.2405	40	41.5053
16028	52.2661	40	41.5054
16029	52.3174	40	41.5056
16030	52.4199	40	41.5060
<b>16031</b>	<b>52.5699</b>	<b>40</b>	<b>41.5066</b>
16032	52.5699	40	41.5066
16033	52.5699	40	41.5066
16034	52.5699	40	41.5066
16035	52.5699	40	41.5066
16036	52.5699	40	41.5066
16037	52.5699	40	41.5066
16038	52.5699	40	41.5066
16039	52.5699	40	41.5066

**Gambar 4.15.** Nilai settling time (ts) Fungsi Keanggotaan Berjumlah Lima

Untuk nilai delay time didapat dari grafik pada data no 1938 yaitu 14.1253 detik dapat dilihat pada Gambar 4.16.

	1	2	3
1932	14.1074	40	19.9813
1933	14.1074	40	19.9813
1934	14.1134	40	19.9878
1935	14.1159	40	19.9905
1936	14.1159	40	19.9905
1937	14.1218	40	19.9971
<b>1938</b>	<b>14.1253</b>	<b>40</b>	<b>20.0008</b>
1939	14.1253	40	20.0008
1940	14.1312	40	20.0073
1941	14.1357	40	20.0123
1942	14.1357	40	20.0123
1943	14.1417	40	20.0188
1944	14.1473	40	20.0249
1945	14.1473	40	20.0249
1946	14.1533	40	20.0315
1947	14.1593	40	20.0380

**Gambar 4.16.** Nilai delay time (td) Fungsi Keanggotaan Berjumlah Lima

Nilai Dari *Error Steady State* didapat dengan memasukkan persamaan (2.1) dengan langkah sebagai berikut:

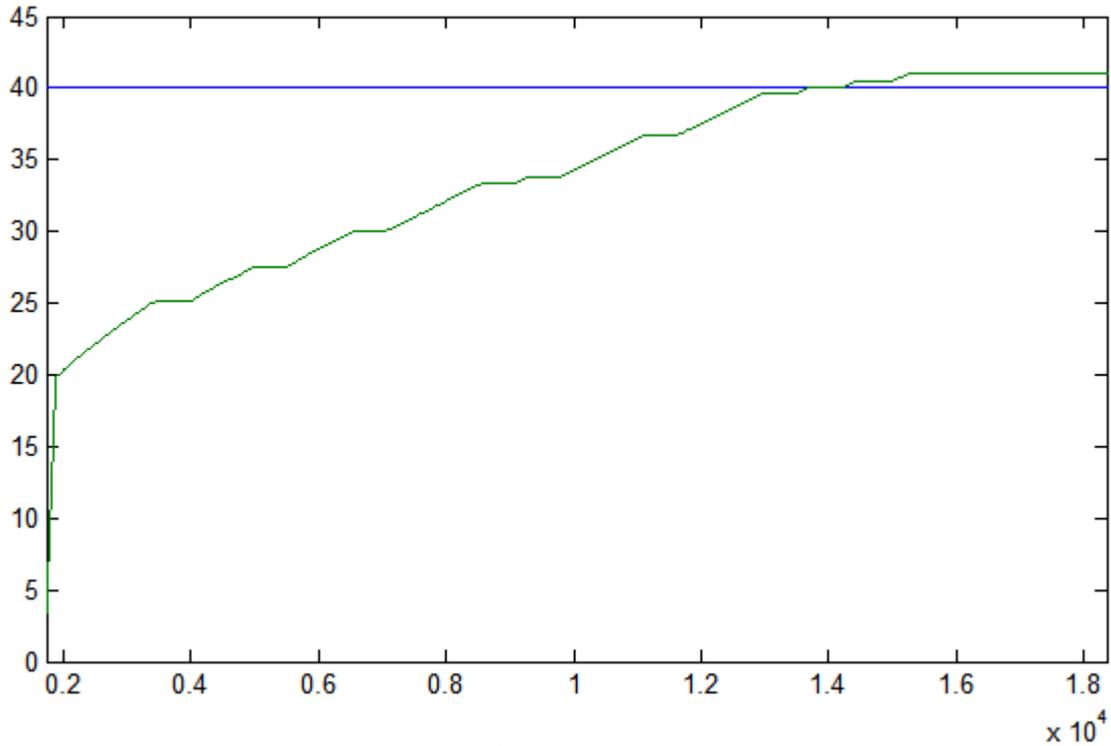
$$ess = \left| \frac{40 - 41.50}{40} \right| \times 100\%$$

$$ess = 3.75\%$$

Nilai Dari *Error Steady State* sebesar 3.75% melebihi dari nilai *set point*.

#### 4.5.3. Analisis Respon Sistem dengan Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tujuh

Hasil dari proses defuzzifikasi yang disumulasikan didapatkan respon sistem. Hasil yang didapat dari scope kemudian disimpan dan ditampilkan kembali data-data nya dalam bentuk nilai. Dari Matlab data tersebut di plot kemdali dalam bentuk grafik seperti Gambar 4.17.



**Gambar 4.17.** Grafik Plot Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tujuh

Dari grafik dapat dianalisa parameter dari sistem orde satu untuk nilai settling time ( $t_s$ ), rise time ( $t_r$ ), dan delay time. Untuk nilai Settling time dapat dilihat dari plot data yang menunjukkan nilai 41 dengan waktu 36.4909 detik yang dapat dilihat pada Gambar 4.18.

	1	2	3
15259	36.4527	40	41.0012
15260	36.4533	40	41.0013
15261	36.4539	40	41.0013
15262	36.4551	40	41.0015
15263	36.4575	40	41.0018
15264	36.4623	40	41.0024
15265	36.4718	40	41.0035
<b>15266</b>	<b>36.4909</b>	<b>40</b>	<b>41.0058</b>
15267	36.5292	40	41.0058
15268	36.5546	40	41.0058
15269	36.5546	40	41.0058
15270	36.6181	40	41.0058
15271	36.6181	40	41.0059
15272	36.6816	40	41.0059
15273	36.6822	40	41.0058

**Gambar 4.18.** Nilai settling time ( $t_s$ ) Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tujuh

Untuk nilai delay time didapat dari grafik pada data no 1938 yaitu 14.1253 detik dapat dilihat pada Gambar 4.19.

	1	2	3
1933	14.1074	40	19.9829
1934	14.1134	40	19.9894
1935	14.1159	40	19.9922
1936	14.1159	40	19.9922
1937	14.1218	40	19.9987
<b>1938</b>	<b>14.1253</b>	<b>40</b>	<b>20.0024</b>
1939	14.1253	40	20.0024
1940	14.1312	40	20.0090
1941	14.1357	40	20.0139
1942	14.1357	40	20.0139
1943	14.1417	40	20.0204
1944	14.1473	40	20.0265
1945	14.1473	40	20.0265
1946	14.1533	40	20.0331
1947	14.1593	40	20.0396
1948	14.1653	40	20.0461

**Gambar 4.19.** Nilai delay time (td) Fungsi Keanggotaan Berjumlah Tujuh

Nilai Dari *Error Steady State* didapat dengan memasukkan persamaan (2.1) dengan langkah sebagai berikut:

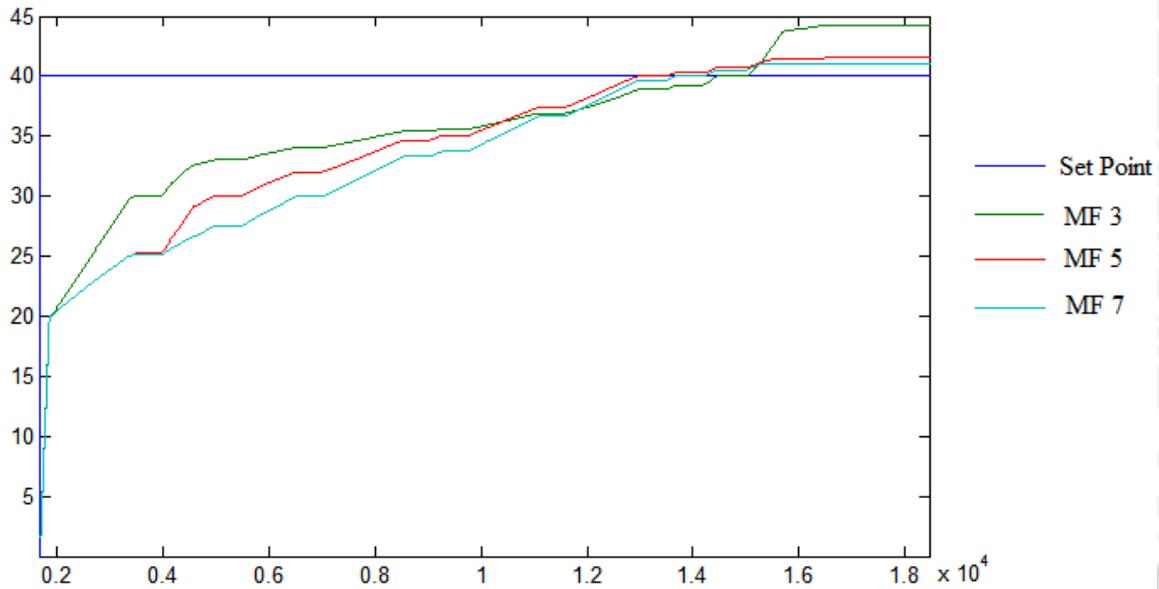
$$ess = \left| \frac{40 - 41}{40} \right| \times 100\%$$

$$ess = 2.5\%$$

Nilai Dari *Error Steady State* sebesar 2.5% melebihi dari nilai *set point*.

#### 4.6. Membandingkan hasil respon sistem

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan di dapat dua hasil yang berbeda. Perbedaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.20. Untuk MF 3 mewakili fungsi keanggotaan berjumlah tiga, MF 5 mewakili fungsi keanggotaan berjumlah lima dan MF 7 mewakili fungsi keanggotaan berjumlah tujuh.



**Gambar 4.20.** Grafik Keluaran Simulasi Sistem

Untuk karakteristik dari nilai grafik pada Gambar 4.20 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Table 4.4.** Karakteristik Sistem Hasil Pengujian

	MF 3	MF 5	MF 7
<i>Settling Time</i> (ts)	57.5167	52.5699	36.4909
<i>Delay Time</i> (td)	14.0308	14.1253	14.1253
<i>Error Steady State</i>	10.625%	3.75%	2.5%

Dilihat dari Gambar 4.20 dan data Tabel 4.3 hasil simulasi bahwa fungsi keanggotaan yang berjumlah Tujuh lebih cepat mencapai keadaan tunak dan memiliki *Error Steady State* yang paling kecil dalam menganalisa gangguan pada sistem dibandingkan dengan fungsi keanggotaan yang lainnya. Dari ketiga variabel fungsi keanggotaan memiliki *delay time* yang mendekati sama.