

Implementasi Logika *Fuzzy* pada Kekuatan Sinyal yang Diterima Antena Viasat X-Band

Afif Nuur Hidayat*, Bagus Fatkhurrozi, Ibrahim Nawawi
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tidar, Magelang
*email: afifnuur28@gmail.com

Abstract

The data that the antenna receives during satellite data acquisition has a signal strength that is affected by the antenna's movement at an elevation and azimuth angle. Every change in the two angles causes the signal strength received by the antenna to change. Signal strength calculation is important to be able to ensure satellite data is received well. Fuzzy Mamdani's logic as a method that can be used to calculate uncertain variables will be implemented in the calculation of the signal strength received by the Viasat X-Band antenna when the acquisition process of Aqua satellite data takes place. The results of the calculation of fuzzy mamdani logic by testing 6 signal strength data obtained from the Aqua satellite track analysis owned by LAPAN are shown in the percentage of errors, among others: DOY 197 of 1.33%; DOY 213 by 2.89%; DOY 259 of 1.93%; DOY 304 of 1.18%; DOY 320 by 4.73%; and DOY 357 of 2.27% and the average error (overall) of the entire data tested was 2.39%. This shows that the mamdani fuzzy logic is suitable for use in calculating the signal strength received by the Viasat X-Band antenna.

Keywords — antenna, elevation, azimuth, signal, fuzzy

1. Pendahuluan

Komunikasi satelit merupakan suatu sistem telekomunikasi yang memperoleh informasi dari satelit yang mengorbit pada bumi. Satelit memiliki berbagai macam jenis sesuai dengan tujuannya. Misalnya adalah satelit komunikasi, satelit cuaca, dan lain sebagainya. Informasi yang dikirimkan oleh satelit berupa suatu sinyal. Sinyal tersebut memiliki besaran frekuensi dengan rentang tertentu. Rentang frekuensi komunikasi satelit dibagi menjadi beberapa jenis, yang pada pembagiannya berdasarkan pada frekuensi gelombang mikro. [1] Rentang frekuensi yang digunakan pada komunikasi satelit pada umumnya antara lain frekuensi L-Band dengan rentang 1-2 GHz, S-Band dengan rentang 2-4 GHz, C-Band dengan rentang 4-8 GHz, dan X-Band dengan rentang 8-12,5 GHz.

Penerimaan pancaran sinyal yang dikirimkan oleh satelit memerlukan sebuah antena. Antena pada komunikasi satelit memiliki jenis dan spesifikasi berbeda. Hal ini didasarkan pada perbedaan rentang frekuensi yang dimiliki oleh suatu sinyal informasi serta orbit dari satelit yang dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah orbit polar dan geostasioner. [2] Satelit yang memiliki orbit polar akan bergerak dari kutub utara ke kutub selatan maupun sebaliknya dan satelit yang memiliki orbit geostasioner, memiliki pergerakan mengitari bumi pada kecepatan yang sama sehingga satelit seolah terlihat diam di satu tempat pada permukaan bumi.

Suatu antena yang digunakan untuk menerima sinyal informasi dari satelit, harus menyesuaikan dengan frekuensi yang dikirimkan oleh satelit. Selain itu, antena tersebut juga perlu untuk menyesuaikan dengan pergerakan dari satelit. Ketika suatu satelit memiliki orbit polar, maka antena yang digunakan harus dapat mengikuti pergerakan satelit. Adapun ketika satelit memiliki orbit geostasioner, maka antena yang dipasang harus tepat mengarah pada arah datangnya sinyal dari satelit.

Satelit Aqua merupakan salah satu jenis satelit cuaca yang memiliki lintasan orbit polar, sehingga antenna penerima yang dibutuhkan untuk menangkap sinyal informasi harus dapat bergerak mengikuti satelit. Jenis antenna yang digunakan untuk menerima sinyal dari satelit Aqua merupakan antenna parabola dengan rotator yang ada pada badan antenna tersebut. [3] Jenis antenna yang dapat bergerak mengikuti pergerakan satelit Aqua yaitu antenna Viasat dengan rentang frekuensi X-Band.

Prasesiati (2003) merancang perangkat lunak untuk perhitungan sudut elevasi dan azimuth antenna stasiun bumi bergerak dalam sistem komunikasi satelit geostasioner. Ditemukan suatu masalah yang penting pada komunikasi satelit yaitu pengarahan antenna. [4] Hal ini dapat mempengaruhi pengiriman sinyal ke satelit maupun sebaliknya. Dengan perancangan perangkat lunak pada penelitian tersebut, dapat menentukan sudut pengarahan antenna ke arah satelit geostasioner pada stasiun bumi yang bergerak dengan kecepatan tertentu sehingga dapat menjadi acuan pada *tracking* antenna.

Hua (2015) melakukan studi tentang perhitungan kekuatan sinyal antenna satelit berdasarkan metode perbandingan. Dalam penelitian tersebut, kekuatan sinyal (gain) dianggap sebagai parameter kinerja antenna yang paling penting. Namun, dalam banyak situasi praktis tidak mungkin untuk mengukur atau menghitung penguatan antenna. [5] Analisis komparatif yang dilakukan yaitu antara metode perbandingan dan metode beamwidth setengah daya, yang merupakan metode umum internasional untuk mengukur penguatan antenna. Hasil dari penelitian menunjukkan kedua metode tersebut memiliki rata-rata deviasi dan deviasi maksimal pada nilai 1,2 dB dan 2,61 dB.

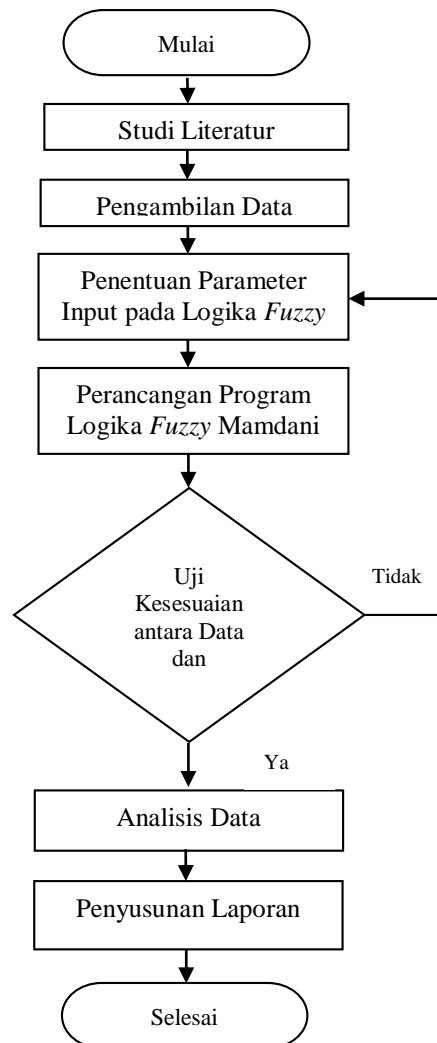
Modi dkk (2013) meneliti tentang pendekatan yang lebih efektif untuk merancang gain optimal pada horn piramid antenna L-Band dengan menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Dalam penelitiannya, frekuensi resonansi diambil sebagai parameter input sedangkan panjang, lebar, tinggi dan kekuatan sinyal antenna dianggap sebagai *output*. [6] Dari penelitian tersebut, kesalahan (*error*) yang dihasilkan kurang dari 1%.

Basuki, dkk (2016) menganalisis *link budget* dengan perbedaan sudut azimuth dan elevasi pada proses pointing menggunakan *two line elements* dan perhitungan matematis pada satelit TELKOM-1 dan TELKOM-2 di Kota Malang, Jakarta, dan Semarang. [7] Pada penelitian tersebut, dapat melihat pergerakan satelit secara langsung dengan mempertimbangkan tipe orbit, kapabilitas manuver, tipe objek, dan prioritas objek secara periodik untuk memperoleh basis data secara *real-time*.

Besarnya sudut elevasi dan azimuth saat antenna menerima sinyal dari satelit Aqua mempengaruhi besarnya kekuatan sinyal. Setiap kali antenna menerima sinyal dari satelit, besar sudut elevasi dan azimuth antenna tidak selalu sama, sesuai dengan arah datangnya satelit yang mengakibatkan kekuatan sinyal yang diterima akan selalu berubah-ubah atau tidak pasti. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung kekuatan sinyal yang diterima antenna penerima satelit adalah logika *fuzzy*. Kelebihan menggunakan logika *fuzzy* diantaranya adalah mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear dengan unsur-unsur yang tidak pasti dan kompleks serta memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat. Terdapat beberapa jenis logika *fuzzy* yang banyak dikenal, diantaranya adalah Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto. Logika *fuzzy* mamdani merupakan logika *fuzzy* yang paling mudah dimengerti karena paling sesuai dengan naluri manusia serta dapat digunakan untuk melakukan perhitungan kekuatan sinyal.[8] Hal ini dibuktikan pada penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kondisi pada pengontrol *fuzzy* mamdani untuk mengontrol keadaan variabel gain walaupun model sistem tidak diketahui secara matematis sekalipun. [9] Sehingga, logika *fuzzy* mamdani diharapkan dapat diimplementasikan pada kekuatan sinyal yang diterima antenna Viasat X-Band Satelit Aqua yang dipengaruhi oleh sudut elevasi dan azimuth.

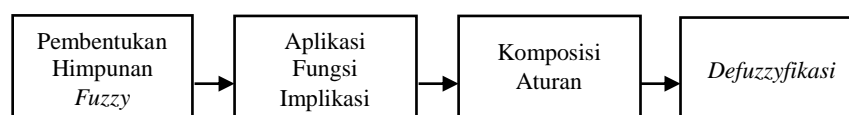
2. Metodologi

2.1 Metode Penelitian



Gambar 1. Metode Penelitian

Sebagaimana terlihat pada Gambar 1, metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari studi literatur dan berakhir pada penyusunan laporan.



Gambar 2. Mekanisme Logika Fuzzy

Gambar 2 menunjukkan mekanisme pembentukan logika fuzzy yang akan digunakan untuk menghitung kekuatan sinyal pada antena Viasat X-Band saat akuisisi data Satelit Aqua dimulai dari pembentukan himpunan fuzzy hingga defuzzifikasi. Proses perhitungan kekuatan sinyal akan mengkomparasikan antara kekuatan sinyal yang berasal dari data *track analysis* Satelit Aqua yang diperoleh dari Stasiun Bumi LAPAN dengan kekuatan sinyal yang dihasilkan oleh logika fuzzy dengan menghitung besar galat (*error*) menggunakan metode

Mean Square Error (MSE) dan *Mean Absolute Precentage Error* (MAPE). [10] Toleransi galat (*error*) yang diberikan adalah 5%. Hal ini sebagai upaya memaksimalkan akurasi logika fuzzy mamdani dalam perhitungan kekuatan sinyal.

3. Hasil Penelitian dan Analisis

Analisi data pada penelitian ini dilakukan dengan memberikan perhitungan data *track analysis* Satelit Aqua pada DOY 197, DOY 213, DOY 259, DOY 304, DOY 320, dan DOY 357 dengan hasil perhitungan logika fuzzy mamdani.

3.1 Analisis Kekuatan Sinyal DOY 197

Data kekuatan sinyal yang dianalisis merupakan data Satelit Aqua yang diakuisisi pada *Day of Year* atau DOY ke-197 pada pukul 19:24:38 WIB dengan sudut elevasi maksimal yaitu 12,427°.

Tabel 1 Kekuatan Sinyal DOY 197

Sudut Elevasi	Sudut Azimuth	Kekuatan Sinyal LAPAN (dB)	Kekuatan Sinyal Mamdani (dB)	Error
3.581	326.972	19.68	19.6529	0.07%
5.348	321.825	28.31	28.1111	3.96%
5.72	320.734	28.3	28.1175	3.33%
6.56	318.183	28.01	28.1283	1.40%
6.83	317.322	28.03	28.1314	1.03%
7.334	315.667	28.08	28.1416	0.38%
7.783	314.097	28.26	28.1154	2.09%
7.986	313.29	28.22	28.1613	0.34%
8.12	312.774	28.14	28.1651	0.06%
8.491	311.474	28.23	28.1753	0.30%
8.684	310.613	27.95	28.12804	2.82%
8.95	309.59	28.09	28.1871	0.94%
9.2	308.55	28.17	28.1932	0.05%
9.303	308.004	28.2	28.1957	0.00%
9.701	306.204	28.17	28.2048	0.12%
9.924	305.094	28.14	28.2097	0.49%
10.265	303.4	28.27	28.2168	0.28%
10.796	300.323	28.27	28.2272	0.18%
11.221	297.494	28.25	28.2349	0.02%
11.501	295.219	28.35	28.2397	1.22%
11.665	293.725	28.28	28.2424	0.14%
12.032	290.106	28.23	28.2482	0.03%
12.427	279.943	28.38	28.2541	1.59%
12.392	277.496	28.28	28.2536	0.07%
12.061	270.501	28.24	28.2487	0.01%
11.845	267.945	28.22	28.2453	0.06%
11.634	265.834	28.26	28.2419	0.03%
11.038	261.129	28.08	28.2316	2.30%
10.554	258.191	28.2	28.2225	0.05%
10.267	256.677	28.18	28.2168	0.14%
9.212	251.627	28.15	28.1935	0.19%

8.773	249.758	28.08	28.1827	1.05%
7.605	245.423	27.91	28.15	5.76%
6.258	241.053	27.73	28.1246	15.57%
3.764	234.448	22.45	22.3764	0.54%
Rata-rata Error				1.33%

Sebagaimana terlihat pada Tabel 1 diketahui bahwa perbedaan terbesar kekuatan sinyal antara data dari LAPAN pada DOY ke-197 dengan perhitungan logika *fuzzy* mamdani adalah sebesar 15,57%. Sedangkan perbedaan terkecil adalah 0,00%. Rata-rata *error* dalam data tersebut adalah 1,33%.

3.2 Analisis Kekuatan Sinyal DOY 213

Data kekuatan sinyal yang dianalisis merupakan *track analysis* satelit Aqua yang diakuisisi pada DOY ke-213 pada pukul 06:58:44 WIB dengan sudut elevasi maksimal yaitu 30,675°.

Tabel 2. Kekuatan Sinyal DOY 213

Sudut Elevasi	Sudut Azimuth	Kekuatan Sinyal LAPAN (dB)	Kekuatan Sinyal Mamdani (dB)	Error
3.253	186.871	16.61	16.4611	2.22%
7.915	191.321	28.34	28.1592	3.27%
8.427	191.899	28.05	28.1736	1.53%
9.493	193.101	28.18	28.2001	0.04%
10.878	194.639	28.23	28.2287	0.00%
11.456	195.351	28.03	28.2389	4.36%
12.928	197.221	28.27	28.2611	0.01%
13.841	198.329	28.28	28.2725	0.01%
16.891	202.729	28.32	28.3482	0.08%
17.478	203.69	28.43	28.3659	0.41%
18.95	206.007	28.49	28.3856	1.09%
20.985	209.611	28.42	28.4142	0.00%
22.176	211.991	28.66	28.4464	4.56%
23.184	214.036	28.21	28.4701	6.77%
25.617	219.664	27.81	28.5165	49.91%
30.675	276.701	28.63	28.6146	0.02%
27.977	287.068	28.53	28.5518	0.05%
26.781	290.523	28.55	28.5342	0.02%
24.449	296.497	28.45	28.496	0.21%
21.288	303.095	28.53	28.4228	1.15%
19.105	307.02	28.51	28.388	1.49%
18.996	307.208	28.24	28.3864	2.14%
17.103	310.271	28.42	28.3526	0.45%
16.378	311.346	28.26	28.3371	0.59%
15.97	311.928	28.36	28.3277	0.10%
14.887	313.501	28.24	28.2999	0.36%
13.269	315.697	28.31	28.2656	0.20%

12.012	317.346	28.1	28.2479	2.19%
11.123	318.44	28.34	28.2331	1.14%
10.406	319.363	28.09	28.2196	1.68%
8.15	321.91	28.29	28.166	1.54%
7.154	322.956	28.14	28.1358	0.00%
5.047	325.159	27.82	28.0989	7.78%
Rata-rata Error				2.89%

Sebagaimana terlihat pada Tabel 2 diketahui bahwa perbedaan terbesar kekuatan sinyal antara data dari LAPAN pada DOY ke-213 dengan perhitungan logika *fuzzy* mamdani adalah sebesar 49,91%. Sedangkan perbedaan terkecil adalah 0,00%. Rata-rata *error* dalam data tersebut adalah 2,89%.

3.3 Kekuatan Sinyal DOY 259

Data kekuatan sinyal yang dianalisis merupakan *track analysis* satelit Aqua yang diakuisisi pada DOY ke-259 pada pukul 18:09:67 WIB dengan sudut elevasi maksimal yaitu 56,135°.

Tabel 3. Kekuatan Sinyal DOY 259

Sudut Elevasi	Sudut Azimuth	Kekuatan Sinyal LAPAN (dB)	Kekuatan Sinyal Mamdani (dB)	Error
2.699	16.951	14.14	14.804	44.09%
3.892	17.259	21.6	21.4001	4.00%
10.955	18.996	28.06	28.2301	2.89%
12.659	19.462	28.19	28.2574	0.45%
16.459	20.576	29.56	29.5315	0.08%
17.208	20.807	29.49	29.5334	0.19%
19.941	21.706	29.54	29.5388	0.00%
21.294	22.161	29.44	29.5407	1.01%
26.212	23.986	29.43	29.5707	1.98%
27.363	24.448	29.52	29.5852	0.43%
27.759	24.609	29.59	29.5899	0.00%
29.828	25.492	29.61	29.6114	0.00%
30.917	25.973	29.46	29.621	2.59%
46.26	34.888	29.55	29.6826	1.76%
51.969	39.955	29.71	29.7302	0.04%
53.457	41.582	29.83	29.7401	0.81%
56.135	160.169	29.73	29.7555	0.07%
53.491	163.348	29.62	29.7403	1.45%
52.376	164.536	29.7	29.733	0.11%
48.785	167.917	28.93	28.9328	0.00%
43.178	172.203	28.82	28.8403	0.04%
36.344	176.26	28.71	28.7174	0.01%
35.073	176.906	29.61	29.6488	0.15%
27.229	180.43	29.62	29.5836	0.13%

21.203	182.639	29.55	29.5406	0.01%
19.081	183.346	29.57	29.5373	0.11%
15.814	184.345	29.51	29.5296	0.04%
14.899	184.62	29.56	29.5266	0.11%
13.061	185.116	29.59	29.5192	0.50%
11.377	185.558	29.48	29.5103	0.09%
8.859	186.182	28.13	28.1849	0.30%
3.366	187.14	17.29	17.2746	0.02%
2.658	187.275	14.79	14.7533	0.13%
Rata-rata Error				1.93%

Sebagaimana terlihat pada Tabel 3 diketahui bahwa perbedaan terbesar kekuatan sinyal antara data dari LAPAN pada DOY ke-259 dengan perhitungan logika *fuzzy* mamdani adalah sebesar 44,09%. Sedangkan perbedaan terkecil adalah 0,00%. Rata-rata *error* dalam data tersebut adalah 1,93%.

3.4 Analisis Kekuatan Sinyal DOY 304

Data kekuatan sinyal yang dianalisis merupakan *track analysis* satelit Aqua yang diakuisisi pada DOY ke-304 pada pukul 17:28:21 WIB dengan sudut elevasi maksimal yaitu 19,644°.

Tabel 4. Kekuatan Sinyal DOY 304

Sudut Elevasi	Sudut Azimuth	Kekuatan Sinyal LAPAN (dB)	Kekuatan Sinyal Mamdani (dB)	Error
8.775	55.683	28.13	28.1827	0.28%
10.242	58.915	28.23	28.2163	0.02%
11.698	62.375	28.25	28.2429	0.01%
12.693	64.949	28.25	28.2579	0.01%
13.492	67.14	28.24	28.2684	0.08%
14.719	70.879	28.32	28.2952	0.06%
15.542	73.62	28.38	28.3172	0.39%
16.718	78.154	28.38	28.3446	0.13%
17.164	80.053	28.16	28.3538	3.76%
18.489	87.201	29.53	29.5362	0.00%
19.098	92.359	29.21	29.5373	10.71%
19.644	100.259	29.3	29.5383	5.68%
18.015	123.691	29.56	29.5353	0.06%
17.46	126.666	29.53	29.534	0.00%
15.287	135.721	29.52	29.528	0.01%
14.369	138.725	29.51	29.5247	0.02%
13.868	140.254	29.5	29.5227	0.05%
11.519	146.639	28.24	28.24	0.00%
Rata-rata Error				1.18%

Sebagaimana terlihat pada Tabel 4 diketahui bahwa perbedaan terbesar kekuatan sinyal antara data dari LAPAN pada DOY ke-304 dengan perhitungan logika *fuzzy* mamdani

adalah sebesar 10,071%. Sedangkan perbedaan terkecil adalah 0,00%. Rata-rata *error* dalam data tersebut adalah 1,18%.

3.5 Analisis Kekuatan Sinyal DOY 320

Data kekuatan sinyal yang dianalisis merupakan *track analysis* satelit Aqua yang diakuisisi pada DOY ke-320 pada pukul 06:40:20 WIB dengan sudut elevasi maksimal yaitu 55,131°.

Tabel 5. Kekuatan Sinyal DOY 320

Sudut Elevasi	Sudut Azimuth	Kekuatan Sinyal LAPAN (dB)	Kekuatan Sinyal Mamdani (dB)	<i>Error</i>
3.378	176.499	10.22	10.53	9.61%
11.163	179.794	28.2	28.2338	0.11%
12.209	180.303	28.21	28.2509	0.17%
13.844	181.12	28.28	28.2726	0.01%
14.268	181.333	28.28	28.2821	0.00%
15.692	182.098	28.31	28.3209	0.01%
18.082	183.449	28.55	28.3833	2.78%
20.055	184.633	28.33	28.4016	0.51%
22.216	185.98	28.5	28.4474	0.28%
22.67	186.282	28.49	28.4584	0.10%
25.556	188.277	28.51	28.5155	0.00%
28.576	190.561	28.85	28.5674	7.99%
31.953	193.401	28.61	28.6321	0.05%
34.314	195.599	28.66	28.6744	0.02%
41.506	203.723	28.58	28.8053	5.08%
43.043	205.888	28.85	28.8428	0.01%
46.738	211.658	29.25	28.9029	12.05%
53.476	228.772	29.03	29.0138	0.03%
55.131	235.954	29.1	29.0363	0.41%
53.899	284.294	29.1	29.0198	0.64%
43.733	307.776	28.59	28.8521	6.87%
40.305	312.492	28.68	28.7887	1.18%
36.575	316.8	28.73	28.7223	0.01%
25.632	326.42	29.13	28.5168	37.60%
20.976	329.615	29.01	28.414	35.52%
16.059	332.59	28.88	28.3298	30.27%
10.285	335.595	28.21	28.2172	0.01%
9.645	335.908	28.21	28.2036	0.00%
8.83	336.279	28.26	28.1841	0.58%
6.776	337.215	28.17	28.1308	0.15%
5.318	337.848	28.1	28.1103	0.01%
3.493	338.752	18.53	18.511	0.04%
2.591	339.119	14.38	14.68	9.00%
Rata-rata Error				4.73%

Sebagaimana terlihat pada Tabel 5 diketahui bahwa perbedaan terbesar kekuatan sinyal antara data dari LAPAN pada DOY ke-320 dengan perhitungan logika *fuzzy* mamdani adalah sebesar 37,60% sedangkan perbedaan terkecil adalah 0,00%. Rata-rata *error* dalam data tersebut adalah 4,73%.

3.6 Analisis Kekuatan Sinyal DOY 357

Data kekuatan sinyal yang dianalisis merupakan *track analysis* satelit Aqua yang diakuisisi pada DOY ke-357 pada pukul 19:18:25 WIB dengan sudut elevasi maksimal yaitu 15,084°.

Tabel 6. Kekuatan Sinyal DOY 357

Sudut Elevasi	Sudut Azimuth	Kekuatan Sinyal LAPAN (dB)	Kekuatan Sinyal Mamdani (dB)	Error
2.513	334.247	14.32	14.5974	7.70%
3.234	332.821	16.56	16.3468	4.55%
5.68	327.178	28.06	28.1169	0.32%
6.474	325.255	28.12	28.1273	0.01%
7.202	323.359	28.14	28.1374	0.00%
8.198	320.607	28.15	28.1673	0.03%
9.297	317.327	28.16	28.1956	0.13%
10.135	314.62	28.29	28.2141	0.58%
11.225	310.63	28.32	28.2349	0.72%
12.486	305.138	28.34	28.255	0.72%
13.282	300.916	28.2	28.2658	0.43%
14.153	295.096	28.27	28.2786	0.01%
15.058	282.643	28.34	28.3046	0.13%
15.084	280.442	28.33	28.3053	0.06%
15.055	276.775	28.3	28.3045	0.00%
14.936	273.85	28.2	28.3012	1.02%
14.535	268.607	28.26	28.29	0.09%
13.593	261.118	28.27	28.2696	0.00%
12.77	256.427	28.23	28.259	0.08%
11.924	252.428	28.24	28.2465	0.00%
10.143	245.761	28.24	28.2143	0.07%
9.996	245.277	28.22	28.2112	0.01%
8.605	240.996	28.22	28.1783	0.17%
6.427	235.187	28.07	28.1267	0.32%
2.551	226.911	14.01	14.6399	39.68%
Rata-rata Error				2.27%

Sebagaimana terlihat pada Tabel 6 diketahui bahwa perbedaan terbesar kekuatan sinyal antara data dari LAPAN pada DOY ke-357 dengan perhitungan logika *fuzzy* mamdani adalah sebesar 39,68% sedangkan perbedaan terkecil adalah 0,00%. Rata-rata *error* dalam data tersebut adalah 2,27%.

3.7 Rata-Rata *Error* keseluruhan

Tabel 7. Rata-rata *Error* Keseluruhan

DOY	Rata-rata <i>Error</i> (%)
197	1,33
213	2,89
259	1,93
304	1,18
320	4,73
357	2,27
Rata-rata <i>Error</i> Keseluruhan	2,39

Sebagaimana terlihat pada Tabel 7 diketahui bahwa rata-rata galat (*error*) perhitungan optimasi menggunakan logika fuzzy mamdani sebesar 2,39% dengan nilai galat (*error*) tertinggi yaitu pada DOY 320 sebesar 4,73%. Dari batas toleransi galat yang diberikan, logika fuzzy mamdani mampu melakukan perhitungan kekuatan sinyal di bawah persentase galat <5%. Hal ini menunjukkan bahwa logika fuzzy mamdani dapat digunakan sebagai metode perhitungan kekuatan sinyal yang diterima antena Viasat X-Band.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa besar kekuatan sinyal pada sudut elevasi $\leq 5^\circ$ cenderung menghasilkan nilai galat (*error*) >2% sehingga menyebabkan rata-rata *error* cukup tinggi pada sudut tersebut. Hal ini terjadi karena pada sudut elevasi $\leq 5^\circ$ antena cenderung belum dapat mengunci posisi satelit saat melintas. Selisih antara besar kekuatan sinyal pada track analysis satelit Aqua dari LAPAN dengan perhitungan menggunakan logika fuzzy mamdani dinyatakan dalam persentase galat (*error*). Persentase galat (*error*) tertinggi terjadi pada perhitungan data kekuatan sinyal DOY 213 mencapai 49,91% pada saat sudut elevasi $25,617^\circ$ dan sudut elevasi $219,664^\circ$. Persentase rata-rata galat (*error*) tertinggi yaitu pada DOY 320 dengan nilai 4,73%. Persentase rata-rata keseluruhan galat (*error*) perhitungan kekuatan sinyal menggunakan logika fuzzy mamdani dari keenam data yang diujikan menghasilkan rata-rata galat (*error*) 2,39%.

Daftar Pustaka

- [1] Lucyszyn, S. (2006). *Frequency Spectrums and Applications*. Imperial College.
- [2] Nasution, H. (2001). Orbit Satelit dan Ketinggiannya. *Jurnal Berita Dirgantara*, 2(1), 28-30.
- [3] Rahman, A. (2008). Sistem Tracking Stasiun Bumi Satelit Orbit Rendah. *Jurnal Berita Drgantara*, 9(4), 95-99.
- [4] Prasesiati, V. (2003). Perangkat Lunak untuk Perhitungan Sudut Elevasi dan Azimuth Antena Stasiun Bumi Bergerak dalam Sistem Komunikasi Satelit Geostasioner. *Jurnal Unitas*, 11(2), 73-85.
- [5] Hua, G., Ma, Y., & Jirigele. (2015). Studies on Satellite Antenna Gain Measurement System Based on Comparison Method. *Key Project of National Natural Science Foundation of China*, 242-244.
- [6] Modi, A.Y., Mehta, J., & Pisharody, N. (2013, Mei). A Faster Approach for Design of Optimum Gain L-Band Pyramidal Horn using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

- (ANFIS). *5th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks* (pp 37-40). IEEE.
- [7] Basuki, O.A., Budi, E.P., & Sari, S.N. (2016). Analisis *Link Budget* dengan Perbedaan Sudut Azimuth dan Elevasi pada Proses *Pointing* menggunakan *Two Line Elements* dan Perhitungan Matematis pada Satelit Telkom-1 dan Telkom-2. *Jurnal EECCIS*, 10(1) : 33-38.
- [8] Saelan. (2009). *Logika Fuzzy*. Makalah IF2091 Struktur Diskrit Tahun 2009.
- [9] Ying. (2001). Conditions on General Mamdani Fuzzy Controllers as Nonlinear, Variable Gain State Feedback Controllers with Stability Analysis. *IEEE* (1), 1265-1270.
- [10] Das, B.K., Jiang,J., & Rao, J.N.K. (2004). Mean Squared Error of Empirical Predictor. *The Annals of Statistic*, 32(2), 818-840.