

Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Impor Bawang Merah

Wiwi Widayani*¹, Kusrini², Hanif Al Fatta³

^{1,2}STMIK AMIKOM Yogyakarta

³Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta

E-mail: *¹wiwi.w@amikom.ac.id, ²kusrini@amikom.ac.id, ³hanif.a@amikom.ac.id

Abstrak

Pertambahan jumlah penduduk Indonesia serta meningkatkannya permintaan industri akan bawang merah yang tidak diimbangi dengan jumlah produksi mendorong pemerintah membuka impor bawang merah. Impor dilakukan untuk menjaga keseimbangan harga dan pasokan bawang merah sehingga inflasi yang diakibatkan kenaikan harga bawang merah dapat ditekan, namun impor yang tidak tepat jumlah akan mengakibatkan kerugian bagi pihak petani, perlu adanya sistem pendukung dalam menentukan volume impor guna menjaga keseimbangan harga pasar dan pemenuhan kebutuhan bawang merah. Sistem pendukung keputusan yang dirancang menerapkan Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto. Sistem yang dirancang memungkinkan pengguna untuk melakukan training data dan testing data, proses dalam training data yaitu : 1)Clustering data latih, menggunakan algoritma K-Means 2)Ekstraksi Aturan, 3)Testing data latih, hitung nilai impor dengan fuzzy Tsukamoto, 4)Menganalisa error hasil fuzzy menggunakan MAPE(Means Absolute Percentage Error), 5)Testing Data Uji dan menganalisa hasil error data uji. Hasil Uji Model menunjukkan penentuan impor bawang merah dengan parameter input harga petani, harga konsumen, produksi, konsumsi, harga impor dan kurs terhadap 60 data latih menghasilkan error terendah sebesar 0.07 pada 12 cluster, hasil uji mesin inferensi terhadap data uji menghasilkan error sebesar 0.25.

Kata Kunci — FIS Tsukamoto, Sistem Pendukung Keputusan, K-Means, Impor Bawang Merah.

Abstract

Indonesian population growth and increase industrial demand shallot is not matched with number of production prompted the government to opened shallot imports. Import done to maintain the balance price and supply of shallot so inflation caused by rising prices of onion can be suppressed, but not the exact amount of imports would result in losses for the farmers, support system in determining volume imports is need to maintain balance of market price and needs of shallot. Decision support system designed to apply Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto. The system is allows the user to perform the training data and testing data, the training process performs are: 1) Clustering training data, using the K-Means algorithm 2) Extraction Rule, 3) Testing data, calculate imports value by fuzzy Tsukamoto, 4) analyze the results error using MAPE (Means Absolute Percentage error), 5) testing test data and analyze the results error. The results show the determination of imported shallot with input parameters producer prices, consumer prices, production, consumption, import prices and the exchange rate against 60 training data produces the lowest error of 0:07 in 12 clusters, the inference engine test resulted in an error of 0.25.

Keywords — FIS Tsukamoto, Decision Support System, K-Means, Import of Shallot.

1. PENDAHULUAN

Bawang merah merupakan komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan peluang pasar yang besar sebagai bumbu untuk konsumsi rumah tangga, bahan baku industri serta untuk memenuhi kebutuhan ekspor. bawang merah merupakan tanaman sayuran rempah yang cukup populer dikalangan masyarakat. Dalam beberapa tahun terakhir harga bawang merah dalam negeri meningkat akibat adanya kesenjangan antara produksi dengan permintaan dalam negeri selain itu juga karena musim panen (tanam) bawang merah di Indonesia yang tidak menentu diakibatkan oleh gagal panen, sedangkan harga bawang impor CIF (*Cost Insurance And Freight*) cenderung fluktuatif tidak mengikuti pola tertentu. Pertambahan jumlah penduduk Indonesia serta meningkatkannya permintaan industri akan bawang merah yang tidak diimbangi dengan jumlah produksi mendorong pemerintah membuka impor bawang merah. Impor dilakukan untuk menjaga keseimbangan harga dan pasokan bawang merah di pasaran domestik sehingga angka inflasi yang diakibatkan kenaikan harga bawang merah dapat ditekan. Impor yang tidak tepat jumlah akan mengakibatkan kerugian bagi pihak petani karena harga di pasaran terlalu murah tidak sebanding dengan biaya produksi yang dikeluarkan, untuk itu perlu adanya sistem yang dapat meramalkan kebutuhan impor bawang merah guna menjaga keseimbangan harga pasar dan pemenuhan kebutuhan bawang merah nasional.[1]

Sistem yang dirancang akan dibuat dengan menerapkan *Fuzzy Inference System* dengan metode Tsukamoto. Logika fuzzy dipilih karena Logika *fuzzy* merupakan salah satu metode pembentuk *soft computing* berbeda dengan *conventional computing*, yang memungkinkan toleransi terhadap input, proses dan output yang bersifat tidak akurat (*imprecision*), tidak pasti (*uncertainty*) dan setengah benar (*partial truth*). Logika *fuzzy* memiliki kemampuan penalaran secara bahasa sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematika yang rumit. Logika *fuzzy* sering digunakan karena mudah dimengerti, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi *non linier* yang kompleks, dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa melalui proses pelatihan, dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali konvensional dan didasarkan pada bahasa alami [2].

Metode *fuzzy* telah banyak diterapkan untuk peramalan dan perencanaan diantaranya adalah analisis fluktuasi dan prediksi harga beras menggunakan Fuzzy Cognitive Map (FCM) dilakukan untuk mengetahui harga beras di masa mendatang dengan memodelkan faktor-faktor berpengaruh terhadap harga beras.[3], perencanaan jumlah produksi mie instan di PT. Indofood CBP Sukses Makmur, Tbk dengan menggunakan metode *fuzzy* Mamdani [4], Menganalisis logika aplikasi *fuzzy* produksi perencanaan dalam menentukan jumlah produksi obat pada kuartal kedua 2013 (untuk Mei dan Juni) di PT. Kimia Farma (Persero) Tbk. Tanaman Bandung, dimana dari analisis perusahaan dapat disimpulkan bahwa metode *fuzzy* Tsukamoto lebih optimal karena jumlah kekurangan dan mendekati standar skala *batch* overproduksi setiap produk sehingga memudahkan bagi perusahaan untuk menghasilkan produk tanpa khawatir tentang sisa produk[5], Penerapan metode logika *fuzzy* dengan sistem inferensi *fuzzy* Sugeno untuk memprediksi laju inflasi berdasarkan variabel-variabel yang mempengaruhinya [6]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pendukung keputusan dalam menentukan volume impor bawang merah dengan menerapkan *Fuzzy Inference System*. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah metode Tsukamoto, dalam menentukan nilai impor bawang merah parameter input yang akan disertakan dalam penelitian adalah produksi, kebutuhan/konsumsi dan harga [7] ditambah dengan harga impor dan nilai tukar rupiah (kurs)[8]. Dalam proses pengelompokan data latih menerapkan algoritma K-Means, K-Means sering digunakan karena kesederhanaan dan efisiensinya, penggunaan algoritma K-Means karena terbukti cukup handal dan banyak digunakan dalam komunitas penelitian data mining sebagaimana diungkapkan oleh Xindong Wu (2008) dalam *survey paper* yang berjudul “*Top 10 Algorithm in Data Mining*”, top 10 algoritma data mining yang diidentifikasi oleh IEEE *International Conference on Data Mining* (ICDM) in December 2006 yaitu : C4.5, k-Means, SVM (*Support Vector Machines*), Apriori, EM, PageRank, AdaBoost, kNN, Naïve Bayes dan CART [9]. Tahapan pengembangan sistem

menggunakan MSF (*Microsoft Solution Framework*) [10] fase yang dilakukan adalah *Envisioning Phase*, *Planning Phase* dan *Developing phase*. Implementasi penelitian ini menggunakan Microsoft Visual Studio 2008 dan Microsoft Access 2007.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metodologi *Participatory Action Design Research* (PADR). PADR merupakan metodologi yang menggabungkan variasi pendekatan *Action Research* (AR) dan *Design Research* (DSR) untuk memenuhi *urban informatics*. [11]

2.2. Metode Pengembangan Sistem

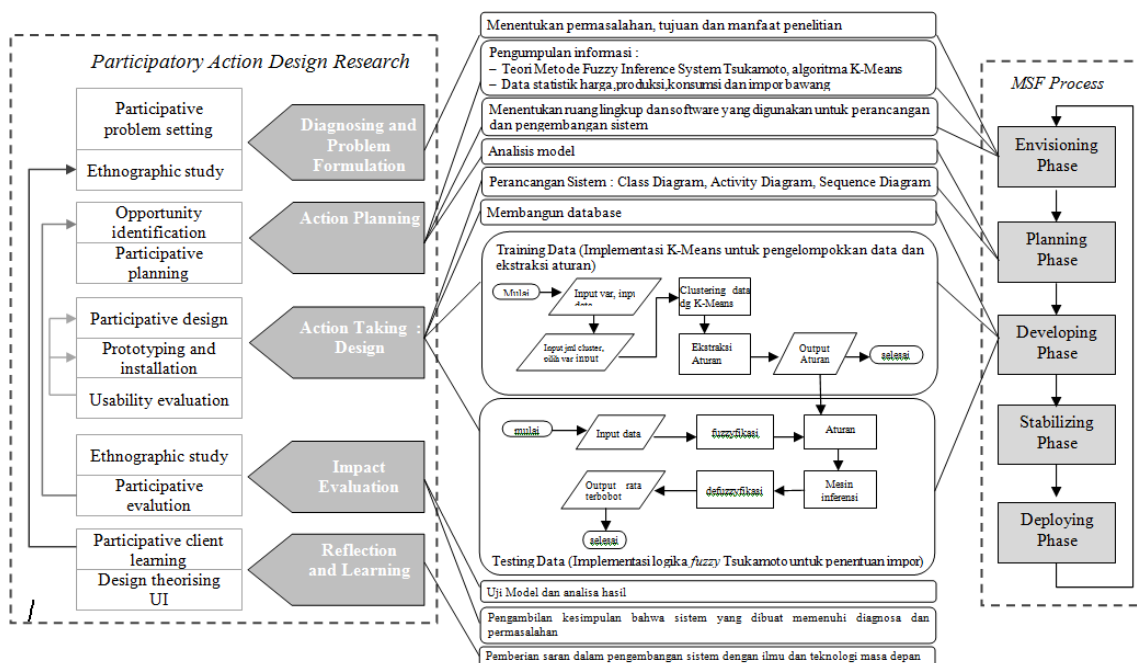
Metode untuk kerangka pengembangan sistem yang diusulkan menggunakan *Microsoft Solution Framework* (MSF). [10]

2.3. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini metode pengumpulan data menggunakan teknik observasi. Data-data yang dikumpulkan berupa bahan statistik yaitu data histori produksi, konsumsi, import dan harga bawang pada 5 tahun terakhir yang diperoleh dari beberapa sumber antara lain : Laporan Bulanan Data Sosial Ekonomi Badan Pusat Statistik, Pusat Data Kementrian Pertanian, Ditjen Pengolahan dan pemasaran hasil pertanian, dan sumber terkait lainnya.[12],[13],[14]

2.4. Metode Analisis Data

Metode penelitian yang dilakukan dalam pengolahan dan menganalisa data ditunjukkan dengan skema penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Penelitian

Sistem yang dirancang merupakan sistem pendukung keputusan yang mengimplementasikan kecerdasan buatan berupa *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto, yang dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan volume impor bawang merah. Sistem yang dirancang memungkinkan pengguna untuk melakukan :

1. Training data dengan tahapan : (1) memasukkan variabel input dan output kasus yang akan diolah, (2) memasukkan data-data variabel input dan output yang akan dilatih dan diuji (3) melakukan clustering data, (4) mengekstraksi *rule* dari hasil clustering data, (5) menguji FIS dengan *rule* yang dihasilkan terhadap data latih.
2. Testing data, yaitu proses untuk menentukan output, dalam penelitian ini berupa volume impor bawang merah. Proses yang dilakukan pengguna adalah menginputkan data uji maka sistem akan melakukan proses *fuzzy* dengan mesin inferensi (*rule*) yang terbentuk dalam proses training dan menampilkan output berupa volume impor bawang merah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Model

Dalam pembentukan sistem inferensi fuzzy tsukamoto dilakukan tahapan pengelompokan data, ekstraksi *rule*, Penelusuran FIS Tsukamoto. Dari data yang ditampilkan pada tabel 1, data 1 sampai 60 digunakan sebagai data latih dan sisanya digunakan sebagai data uji.

3.1.1. Pengelompokan data

Proses pengklusteran data latih menggunakan algoritma K-Means. Adapun tujuan dari pengelompokan ini adalah untuk meminimalkan fungsi objektif yang diset dalam proses pengelompokan, yang pada umumnya berusaha untuk meminimalkan variasi didalam suatu kelompok dan memaksimalkan variasi antar kelompok.[15]

Tabel 1. Data Harga, Produksi, Kebutuhan, kurs dan impor bawang merah
Januari 2008- Juni 2014

No Data	Ket	HP	HK	PO	KE	HI	KR	IM
1	Januari 2008	11242	14910	50289873	55853300	0.48	3870	12975700
2	Februari 2008	11025	14182	50778949	56352540	0.51	3654	14675650
3	Maret 2008	11613	14888	50704352	55983600	0.54	3807	11317800
4	April 2008	12107	15022	84989366	57078700	0.51	3888	5879758
5	Mei 2008	12556	15842	83767216	56971700	0.54	3984	3528760
6	Juni 2008	12717	15936	95166779	56967400	0.56	4148	2494350
7	Juli 2008	12070	15514	97598800	61456000	0.49	4773	5851480
8	Agustus 2008	11785	14781	96754076	62278920	0.51	3761	5570747
9	September 2008	11407	14123	87553458	63676300	0.54	3672	5543809
10	Januari 2008	10829	13781	52941105	56878000	0.52	5980	14067570
11	Nopember 2008	10576	13429	49347534	57950060	0.41	6269	15097600
12	Desember 2008	10885	13609	47723776	58811280	0.48	5906	14886700
13	Januari 2009	10280	11269	54296474	58685600	0.43	15605	9390600
14	Februari 2009	10707	11269	54381762	59483750	0.45	11268	12159900
15	Maret 2009	11272	14444	55489766	59836700	0.44	12422	9986050
16	April 2009	10934	13140	104621740	61588800	0.43	17451	623090
17	Mei 2009	10923	12911	103805876	61365300	0.45	6847	6331500
18	Juni 2009	10631	12417	104242435	62276000	0.41	12744	2985200
19	Juli 2009	11137	13887	98373250	62767700	0.42	10596	6815500
20	Agustus 2009	11488	14748	99794165	64973700	0.42	8436	5374700

Tabel 1 (Lanjutan)

No Data	Ket	HP	HK	PO	KE	HI	KR	IM
21	September 2009	11281	12106	93755626	66650700	0.28	10647	2975400
22	Oktober 2009	10898	11036	65435427	61098800	0.33	2470	7532700
23	November 2009	10932	12265	67475311	61574300	0.48	26747	3058900
24	Desember 2009	10946	12952	65492300	61374130	0.52	10000	8767800
25	Januari 2010	10707	12871	74052300	61576300	0.51	12864	6259000
26	Februari 2010	10729	13288	75120200	62276000	0.49	1609	8748900
27	Maret 2010	10770	13713	75131550	62174630	0.44	6931	7648900
28	April 2010	11152	14105	78965490	62978380	0.47	4274	5842800
29	Mei 2010	11111	14098	78721408	64746200	0.45	884	6513550
30	Juni 2010	11374	16654	79242560	66885000	0.41	1614	2165670
31	Juli 2010	12739	20611	107627100	65115800	0.35	5065	3477870
32	Agustus 2010	12197	18733	115347175	67675500	0.47	6225	1436720
33	September 2010	12112	16339	105566767	70798240	0.48	5924	2983510
34	Oktober 2010	12301	18299	82775550	67930000	0.47	4136	7809530
35	November 2010	12891	22337	81605936	66089000	0.48	3950	6674900
36	Desember 2010	13003	23648	81793520	68078000	0.48	4655	7790000
37	Januari 2011	12892	24056	46325135	69574000	0.48	8931	22724292
38	Februari 2011	13149	24710	45215245	70293000	0.51	8997	29636120
39	Maret 2011	13687	24214	44107387	70161000	0.54	8780	31879235
40	April 2011	13385	18320	65597639	70693000	0.51	8656	11187467
41	Mei 2011	12877	17926	63875735	69704000	0.53	8511	9578389
42	Juni 2011	12976	19943	65278899	74715000	0.56	8497	22832689
43	Juli 2011	13361	21282	99127000	74567000	0.5	8520	10722910
44	Agustus 2011	13085	17672	97345000	75768000	0.51	8495	4847780
45	September 2011	12617	15742	102961000	75534000	0.55	8530	2384780
46	Oktober 2011	12442	14643	83644356	71574000	0.53	8915	6395873
47	November 2011	12450	14065	81989469	71693000	0.42	9930	7735789
48	Desember 2011	12244	13388	79867228	72704000	0.48	9057	10757874
49	Januari 2012	10393	12594	74267000	72237000	0.43	9134	8086420
50	Februari 2012	9514	12639	77575470	73363000	0.45	9950	9437800
51	Maret 2012	10491	12692	75678670	72934900	0.44	9144	8836580
52	April 2012	12295	13910	79675000	74857000	0.47	9122	10504330
53	Mei 2012	16190	17334	71271000	74276000	0.45	9179	16479999
54	Juni 2012	14590	17715	68122000	76233000	0.41	9416	28716910
55	Juli 2012	13175	15376	98576243	75052100	0.42	9538	6651339
56	Agustus 2012	11834	13449	100859234	90055585	0.41	9438	2765378
57	September 2012	11639	12783	103532527	91120000	0.26	9833	2578355
58	Oktober 2012	9949	12150	95386376	77431900	0.33	9545	5175345
59	November 2012	12656	14271	79965740	74787520	0.49	9580	7385381
60	Desember 2012	15363	16507	75173670	76324600	0.58	9557	8074540
61	Januari 2013	12000	20305	83978465	75865420	0.51	9637	2755450
62	Februari 2013	10081	18306	77587210	75756997	0.49	9649	5148010
63	Maret 2013	26005	32528	80088659	75082400	0.44	9676	6068800
64	April 2013	25000	34111	49863567	76125070	0.47	10157	15004330
65	Mei 2013	22336	30641	48078954	75839350	0.45	9681	22479999
66	Juni 2013	24416	32641	49757590	75975300	0.41	9762	13716911
67	Juli 2013	42684	49207	88868543	76923840	0.44	9890	2738809
68	Agustus 2013	51438	60549	91576500	78543540	0.47	10237	5626935
69	September 2013	25568	33873	86276000	78213200	0.48	10928	4373786
70	Oktober 2013	17987	26212	84433000	75939800	0.75	11535	3720464

Langkah-langkah didalam K-Means adalah sebagai berikut:

1. Tentukan jumlah kelompok
2. Alokasi data ke dalam kelompok secara acak
3. Hitung pusat kelompok (sentroid/rata-rata) dari data yang ada di masing-masing kelompok

$$C_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M X_j \quad (1)$$

Dimana M adalah jumlah data didalam kelompok, i menyatakan fitur ke-i dalam sebuah kelompok dan p menyatakan b dimensi data.

Cara mengukur jarak terdekat ke pusat kelompok menggunakan *formula Euclidean* yaitu:

$$D(X_1, X_2) = \|X_1 - X_2\|^2 = \sqrt{\sum_{j=1}^p |X_{2j} - X_{1j}|^2} \quad (2)$$

4. Alokasi data ke dalam sentroid terdekat
Didasarkan pada perbandingan jarak antara data dengan pusat setiap sentroid kelompok yang ada. Data dialokasikan secara tegas ke kelompok yang mempunyai jarak terdekat dari data tersebut.

$$a_{i1} = \begin{cases} 1 & d = \min\{D(x_i, C_1)\} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

Fungsi objektif yang digunakan untuk K-Means ditentukan berdasarkan jarak dan nilai keanggotaan data dalam kelompok, yaitu sebagai berikut :

$$J = \sum_{i=1}^n \sum_{c=1}^k a_{ic} D(x_i, C_c)^2 \quad (4)$$

5. Kembali ke langkah 3, apabila masih ada data yang berpindah kelompok, atau apabila ada perubahan nilai sentroid di atas nilai ambang yang ditentukan, atau apabila perubahan nilai pada fungsi objektif yang digunakan masih di atas nilai yang ditentukan.

Contoh hasil pengklusteran dengan algoritma K-Means tampak pada gambar 2.

Training - Input Jumlah Cluster, Jumlah Data dan Variabel Input disertakan

Pilih Variabel Input disertakan :

Nama Var

- Harga Petani
- Harga Konsumen
- Produksi
- Konsumsi
- Harga Impor
- Kurs

Jumlah Cluster :

Data dicluster :

Jumlah Data

Dari No Data sampai

	Konsumsi	Harga Impor	Kurs	Vol Impor	Kel
1	55853300	0.48	3870	12975700	C1
2	56352540	0.51	3654	14675650	C2
3	55983600	0.54	3807	11317800	C3
4	57078700	0.51	3888	5879758	C4
5	56971700	0.54	3984	3528760	C5
6	56967400	0.56	4148	2494350	C6
7	61456000	0.49	4773	5851480	C7
8	62278920	0.51	3761	5570747	C8
9	63676300	0.54	3672	5543809	C9
10	56878000	0.52	5980	14067570	C10
11	57950060	0.41	6269	15097600	C11
12	58811280	0.48	5906	14886700	C12
13	58685600	0.43	15605	9390600	C9

	Harga Petani	Harga Konsumen	Produksi	Konsumsi	Harga Impor
Cluster C1					
1	11242	14910	50289873	55853300	0.48
28	11152	14105	78965490	62978380	0.47
36	13003	23648	81793520	68078000	0.48
42	12976	19943	65278899	74715000	0.56
49	10393	12594	74267000	72237000	0.43
Cluster C2					
2	11025	14182	50778949	56352540	0.51
55	13175	15376	98576243	75052100	0.42
Cluster C3					
3	11613	14888	50704352	55983600	0.54
17	10923	12911	103805876	61365300	0.45
43	13361	21282	99127000	74567000	0.5
Cluster C4					

Gambar 2. Tampilan Output Clustering K-Means

3.1.2. Ekstraksi Aturan

Aturan *fuzzy* selain diperoleh dari ahli manusia juga bisa dibentuk dari hasil *clustering*. Sebelumnya data yang ada dipisahkan antara data pada variabel input dan data pada variabel *output*. Misalkan jumlah variabel *input* adalah m dan variabel *output* biasanya ada 1. Sistem inferensi *fuzzy* dengan metode Tsukamoto. Misalkan aturan yang dimiliki sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{IF } x_1 \text{ is } A_1 \text{ AND } x_2 \text{ is } B_1 \text{ THEN } y_1 = q_1 w_1 + p_1 \\ & \text{IF } x_1 \text{ is } A_2 \text{ AND } x_2 \text{ is } B_2 \text{ THEN } y_2 = q_2 w_2 + p_2 \end{aligned}$$

Proses pembangkitan aturan *fuzzy* (IF-THEN) dilakukan dengan proses pencarian *output* melalui langkah-langkah berikut [16]:

1. Dari hasil *clustering* kemudian dilakukan perhitungan nilai *standar deviasi* (σ) dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_c)^2}{n_c - 1}} \quad (5)$$

Dimana σ = standar deviasi, x_i = data ke- i , \bar{x}_c = *mean* (rata-rata dari data pada suatu *cluster*) dan n_c = jumlah data pada suatu *cluster*.

2. Hitung derajat fungsi keanggotaan
3. Kemudian derajat keanggotaan setiap data i dalam *cluster* k (μ_{ik}) dikalikan.

$$W_k = (\mu_{x_1 k})(\mu_{x_2 k}) \dots (\mu_{x_{1n} k}) \quad (6)$$

4. Melakukan normalisasi untuk mendapatkan $\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_i$ dengan persamaan berikut :

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (7)$$

5. Menghitung koefisien dari p dan q :

$$q_{in} \rightarrow (\bar{w}_{in})(w_{in}) \quad (8)$$

$$p_{in} \rightarrow (\bar{w}_{in}) \quad (9)$$

6. Mencari nilai parameter-parameter p_n dan q_n dengan menggunakan LSE rekursif berdasarkan persamaan berikut :

$$P_n = (A_n^T A_n)^{-1} \quad (10)$$

$$\theta_n = P_n A_n^T Y_n \quad (11)$$

Hasil Ekstraksi aturan tampak pada gambar 4, dimana nilai yang dihasilkan berupa nilai q dan p pada masing-masing rule.

	q1	p1	q2	p2	q3	p3	q4	p4	q5	p5
1	0.0027	0.073143	0.0862	0.414802	0.0095	0.137879	0.0033	0.080845	0	0.001585
2	0.0016	0.074882	0.027	0.306379	0.0102	0.187968	0.002	0.083251	0	0.002667
3	0.0011	0.061434	0.0424	0.37831	0.0087	0.171612	0.0034	0.106385	0	0.000962
4	0.0023	0.04334	0.063	0.225992	0.0554	0.212024	0.0281	0.150883	0.0001	0.007123
5	0.0013	0.047764	0.0086	0.123327	0.0329	0.24139	0.0055	0.098634	0	0.005154
6	0.0002	0.026786	0.0044	0.12555	0.0203	0.268911	0.0042	0.122132	0	0.000763
7	0.0034	0.04405	0.0379	0.147381	0.1437	0.287073	0.0519	0.172459	0	0.001489
8	0.0014	0.030499	0.0552	0.191928	0.0597	0.199452	0.071	0.217523	0	0.001952
9	0.0015	0.035091	0.0129	0.103492	0.0185	0.124141	0.0397	0.181914	0.0001	0.008221
10	0.0031	0.092464	0.0125	0.184727	0.0242	0.256863	0.0013	0.059931	0	0.004586
11	0.0004	0.041903	0.006	0.156569	0.0015	0.078834	0.0012	0.068977	0	0.002894
12	0.0045	0.093492	0.0169	0.18197	0.0214	0.205003	0.0021	0.064432	0	0.004982
13	0	0.022903	0.0001	0.05099	0	0.032392	0.0015	0.210432	0	0.002109
14	0.0002	0.031481	0.0003	0.042301	0.0003	0.044196	0.0023	0.114673	0	0.003118
15	0.0002	0.018775	0.0259	0.209664	0.0003	0.024262	0.0164	0.166959	0	0.00227
16	0	0.003872	0.0003	0.039985	0.0001	0.020738	0.04	0.490686	0	0.001708
17	0.0004	0.024167	0.0035	0.068134	0.0158	0.144146	0.0263	0.185695	0	0.005147
18	0	0.004629	0.0002	0.030751	0.0001	0.024836	0.0199	0.33001	0	0.002123
19	0	0.005136	0.0049	0.065679	0.0006	0.02319	0.0739	0.254571	0	0.003482

	q	p
[R1]	-458574581.501	91295117.7688
[R2]	-52170019.7069	25945188.6565
[R3]	11393478.1287	13208175.2208
[R4]	45357477.3276	-17732965.3699
[R5]	31089125.0368	14311034.5052
[R6]	60480278.9424	-17674751.3299
[R7]	-23040583.1192	-40381721.9307
[R8]	-44256317.2796	31163310.3659
[R9]	-104303618.1506	104946848.2874

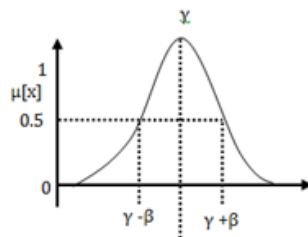
Gambar 3. Tampilan Output Hasil Ekstraksi Aturan

3.1.3. Uji FIS Tsukamoto

Langkah-langkah dalam pengujian FIS Tsukamoto adalah sebagai berikut:

1. Fuzzyfikasi

Menghitung derajat fungsi keanggotaan dengan kurva bentuk lonceng yaitu kurva Beta, didefinisikan dengan dua parameter yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ) dan setengah lebar kurva (β).



Gambar 4. Kurva Beta

Fungsi Keanggotaan himpunan fuzzy ini adalah:

$$B(x; \gamma; \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^2} \tag{12}$$

2. Rule

Rule yang digunakan adalah rule hasil training data latih.

3. Mesin Inferensi, pada mesin inferensi, diterapkan fungsi PRODUCT untuk setiap aturan pada aplikasi fungsi implikasinya.

4. Defuzzyfikasi

FormTraining

Testing-Data dan Bobot

[R1] : IF Harga Petani is HaPe1 AND Harga Konsumen is HaKo1 AND Produksi is Prod1 AND Konsumsi is Kons1 AND Harga Impor is Halm1 AND Kurs is Kurs1 THEN Vol Impor = Z1 = -458574581.501 W1 + 91295117.7688
 [R2] : IF Harga Petani is HaPe2 AND Harga Konsumen is HaKo2 AND Produksi is Prod2 AND Konsumsi is Kons2 AND Harga Impor is Halm2 AND Kurs is Kurs2 THEN Vol Impor = Z2 = -52170019.7069 W2 + 25945188.6565
 [R3] : IF Harga Petani is HaPe3 AND Harga Konsumen is HaKo3 AND Produksi is Prod3 AND Konsumsi is Kons3 AND Harga Impor is Halm3 AND Kurs is Kurs3 THEN Vol Impor = Z3 = 11393478.1287 W3 + 13208175.2208

0.072

	a8Z8	a9Z9	a10Z10	a11Z11	a12Z12	Z	Y	selisih	error
1	157781.77605378	1946237.13719316	597269.43089058	1308087.90720639	2929349.47305626	12913292.75	12975700	62407.25	0.005
2	194572.3220721	1049323.15561541	543943.88553954	789067.04686018	-1687953.44029002	15161179.96	14675650	485529.96	0.033
3	86910.299497	1131528.33346064	211085.059332	611248.82723065	-2104174.2481721	11291530.67	11317800	26269.33	0.002
4	1128635.63776003	3613668.5656258	346337.90695576	1406639.66627735	6484442.61238979	5646187.74	5879758	233570.26	0.04
5	194572.3220721	3133416.34293072	90664.4621936	440137.0799805	-4292481.9653323	3969430.38	3528760	440670.38	0.125
6	55950.56819064	1560915.14116483	36940.41114959	218502.02219724	-1755067.05612277	2144408.31	2494350	349941.69	0.14
7	1033694.89475872	6925431.6893077	476795.17224796	1779050.99116904	-10410419.4701895	5932721.61	5851480	81241.61	0.014
8	1874119.4756604	3914914.87464416	589292.8931869	2243384.90981404	7656847.03530065	5351742.98	5570747	219004.02	0.039
9	3610121.97717752	3261318.33884808	1063962.05490652	3113991.320624	8067178.48217414	5413741.74	5543809	130067.26	0.023
10	276885.0315936	1499799.4644509	1126171.09518849	810478.28187824	2754085.33740096	14455662.53	14067570	388092.53	0.028
11	102356.97291237	1733668.398042	1478558.27305951	1339566.34022707	2657857.36997508	14080067.24	15097600	1017532.76	0.067
12	451523.08967896	2568453.56954218	1946233.51137248	1210697.70545	-4144195.3729428	14125006.08	14886700	761693.92	0.051
13	9345.01004121	532515.98915748	216646.67480995	69058.61692452	-268612.9240959	9798915.52	9390600	408315.52	0.043
14	65247.78140916	2328546.84472758	1578790.90746	283721.45748128	1485427.93777475	11562670.4	12159900	597229.6	0.049
15	564326.6572797	5325490.9454012	2725581.65099616	1515077.04064008	3691931.50189764	10444031.77	9986050	457981.77	0.046
16	231235.40989725	667387.55283968	565316.06904395	486860.98858404	-463831.09272734	246113.12	623090	376976.88	0.605
17	963232.7442264	3241664.05500196	3083567.1320398	2762064.13838404	-5406765.9690544	6547642.36	6331500	216142.36	0.034
18	160852.5230832	1182838.7722617	1018833.2001596	637881.0062592	-814947.7690126	2971546.5	2985200	13653.5	0.005
19	2563376.23975626	5512604.73177192	4318474.08270684	3952591.04281288	5029548.47317173	7176203.88	6815500	360703.88	0.053
20	2279290.87189586	11996866.3088289	4062518.2513736	5631119.11775531	12991632.8340798	5751101.34	5374700	736401.34	0.07
21	182322.9687946	1367124.53496696	858651.4871851	1219802.22243936	-1955223.24859891	1779753.36	2975400	1195646.64	0.402
22	12458.2431356	542903.2412596	177641.92707723	628204.64786352	-1178307.84176113	6309134.88	7532700	1223565.12	0.162
23	68345.08222938	449342.87373642	222204.79317426	89439.7259224	-428447.94165696	3145893.78	3058900	86993.78	0.028
24	1019646.7209716	5052693.80075304	4717602.67269066	968405.28202685	5748020.22651075	9199025.63	8767800	41225.63	0.044

Sebelumnya Selanjutnya

Gambar 5. Tampilan Output FIS Tsukamoto pada 60 Data Latih

Pada gambar 5 hasil uji fuzzy tsukamoto terhadap data latih menghasilkan rata-rata error 0.072. sedangkan hasil uji terhadap 5 data uji memiliki rata-rata error 0.252 dengan error terkecil pada data ke-2 yaitu error sebesar 0.08 dan error terbesar pada data ke-5 sebesar 0.356 seperti yang ditampilkan pada gambar 6.

FormTesting

Output Testing Data

[R1] : IF Harga Petani is HaPe1 AND Harga Konsumen is HaKo1 AND Produksi is Prod1 AND Konsumsi is Kons1 AND Harga Impor is Halm1 AND Kurs is Kurs1 THEN Vol Impor = Z1 = -458574581.501 W1 + 91295117.7688
 [R2] : IF Harga Petani is HaPe2 AND Harga Konsumen is HaKo2 AND Produksi is Prod2 AND Konsumsi is Kons2 AND Harga Impor is Halm2 AND Kurs is Kurs2 THEN Vol Impor = Z2 = -52170019.7069 W2 + 25945188.6565
 [R3] : IF Harga Petani is HaPe3 AND Harga Konsumen is HaKo3 AND Produksi is Prod3 AND Konsumsi is Kons3 AND Harga Impor is Halm3 AND Kurs is Kurs3 THEN Vol Impor = Z3 = 11393478.1287 W3 + 13208175.2208

0.252

	a8Z8	a9Z9	a10Z10	a11Z11	a12Z12	Z	Y	selisih	error
1	94700.6601945688	9272590.15441527	185966.811457805	270901.296553808	6282337.57887438	4496522.76	5755450	1258927.24	0.219
2	53208.539486591	6254430.87338854	395500.882820694	270666.929067494	3834217.71349217	8415869.56	9148010	732140.44	0.08
3	41.135492570832	34266.6124125062	359.316353667344	287.076810964947	9606.69429135271	8027529.86	6068800	1958729.86	0.323
4	5.921027371868	15222.4441796048	134.389362913664	50.796958643442	2791.66389467668	10739147.05	15004330	4265182.95	0.284
5	10.283887601229	41051.8285187431	345.93477396102	152.903292826648	7594.93473417902	14487597.68	22479999	7992401.32	0.356
								rata :	0.252

Sebelumnya Selanjutnya

Gambar 6. Tampilan output FIS Tsukamoto pada 5 Data Uji

Pengujian model dilakukan pada 60 data latih, rata error yang dihasilkan dari hasil uji coba ditampilkan pada tabel 2, dari tabel tersebut error terkecil diperoleh pada jumlah Cluster 12.

Tabel 2. Rata-rata Error pada uji model

No	Var input disertakan	Jml Cluster	Rata-Rata Error
1	6 variabel input : Harga Petani x_1 , Harga Konsumen x_2 , Produksi x_3 , Konsumsi x_4 , harga impor x_5 , kurs x_6	2	0.315
		3	0.318
		4	0.31
		5	0.242
		6	0.275
		7	0.275
		8	0.263
		9	0.208
		10	0.19
		11	0.15
		12	0.072
		13	0.13

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Untuk merancang sistem pendukung keputusan penentuan impor bawang merah dengan menerapkan FIS Tsukamoto, sistem dilakukan dibagi menjadi 2 tahapan yaitu training data dan testing data. Training data dimaksudkan untuk membentuk aturan FIS Tsukamoto dan testing data ditujukan untuk menghitung output dengan metode fuzzy Tsukamoto. Pada tahapan Training data proses yang dilakukan yaitu (1) menginputkan variabel input dan output, (2) menginputkan pasangan data semua variabel input dan output, (3) mengkluster data, (4) mengekstraksi cluster menjadi aturan fuzzy. Selanjutnya adalah melakukan penentuan nilai impor dengan tahapan FIS Tsukamoto.
2. Uji Model dengan metode FIS Tsukamoto dilakukan terhadap data latih dan data uji, dengan rule yang dihasilkan dari proses training data dengan menggunakan 60 data latih error minimal dihasilkan dengan jumlah cluster 12 cluster yang menghasilkan nilai error rata-rata sebesar 0.072 sedangkan pada data uji menghasilkan nilai error rata sebesar 0.252.

5. SARAN

Saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah:

1. Penerapan algoritma pengclusteran yang tidak terawasi seperti *Fuzzy Subtractive Clustering* karena jumlah cluster yang akan dibentuk belum diketahui sebelumnya sehingga tidak perlu menguji coba sejumlah cluster.
2. Dalam proses pembentukan aturan (rule), dapat ditambahkan dengan algoritma pembelajaran *hybrid* untuk bisa menurunkan nilai error yang terjadi pada setiap lapisan proses pembentukan rule, dimana hal ini memungkinkan aturan-aturan yang terbentuk untuk beradaptasi atau yang biasa dikenal dengan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*, baik menggunakan ANFIS Tsukamoto maupun ANFIS Sugeno.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rusono, N., Suanri, A., Candradijaya., 2014, Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Bidang Pangan dan Pertanian 2015-2019, www.bappenas.go.id/index.php/download_file/view/15718/4661, diakses 6 Agustus 2014.

-
- [2] Sutojo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., 2011, *Kecerdasan Buatan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [3] Fithri Y, Suryani E & Vinarti R, 2014, *Analisis Fluktuasi dan Prediksi Harga Beras menggunakan Fuzzy Cognitive Maps untuk meningkatkan Kesejahteraan Petani Beras*, Jurnal Teknik POMITS Vol.1 No.1(1012), Surabaya.
- [4] Zendrato E. N., Darnius O., Sembiring P., 2014, Perencanaan Jumlah Produksi Mie Instan Dengan Penegasan (Defuzzifikasi)Centroid Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: Jumlah Produksi Indomie di PT. Indofood CBP Sukses Makmur, Tbk Tanjung Morawa), *Saintia Matematika*, No. 2, Vol. 2, Hal 115–126.
- [5] Firmansyah, I., & Utami, S. F., 2013, Tsukamoto Fuzzy Logic Application in Production Planning at PT. Kimia Farma (Persero) Tbk. Plant Bandung Indonesia , *Proceedings The 2nd International Conference On Global Optimization and Its Applications 201*, Avillion Legacy Melaka Hotel, Malaysia.
- [6] Purnama, P. A., 2014, Aplikasi Sistem Inferensi Fuzzy Sugeno Dalam Memprediksi Laju Inflasi (Studi Kasus Pada Data Inflasi Indonesia Dan Bali), *Jurnal Mahasiswa Statistik*, No 4, Vol 1, hal 273-276.
- [7] Meliala, M. Br., 2014, Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Volume Impor dan Kebijakan Impor Bawang Merah (*A. Ascalonicum L.*) Indonesia, *Skripsi*, Departemen Agribisnis Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [8] Pamungkas A. R., 2013, Pengaruh Produksi, Konsumsi Dan Harga Terhadap Impor Bawang Merah Di Kabupaten Brebes Tahun (2006.01 – 2010.12), *Skripsi*, Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- [9] Wu, X., Kumar, V., Quinlan Ross, J., Ghosh, J., Yang, Q., Motoda, H., McLachlan, J. G., Ng A., Liu, B., Yu, S. P., Zhou, Z., Steinbach, M., Hand, J. D., Steinberg., 2008, Top 10 algorithms in data mining, Springer, Knowl Inf Syst(2008) 14:1-37.
- [10] Migunani, 2007, Microsoft Solution Framework Sebagai Model Proses Pengembangan Perangkat Lunak Berbasis Milestone, Tinjauan Pada Fase Envisioning dan Planing, *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, Vol 12, No.2, hal 144-153.
- [11] Bilandzic, M., Venable, J., 2011, Towards Participatory Action Design Research: Adapting Action Research and Design Science Research Methods for Urban Informatics, *The Journal of Community Informatics*, No. 3, Vol. 7.
- [12] Badan Pusat Statistik, 2014, Laporan Bulanan Data Sosial dan Ekonomi Edisi 45 Februari, Badan Pusat Statistik, Jakarta , www.bps.go.id , diakses 6 Agustus 2014
- [13] Bank Indonesia, 2014, Informasi Kurs, Kurs Transaksi Bank Indonesia 1 Januari 2009-1 September 2014, <http://www.bi.go.id/id/moneter/informasi-kurs/transaksi-bi/Default.aspx>, diakses 6 Agustus 2014.
- [14] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian, 2014, database deptan.go.id/eksim2012asp/hasilimporkomoditi.asp, diakses 5 Agustus 2014.
- [15] Prasetyo, E., 2012, *Data Mining Konsep dan Aplikasi Menggunakan MatLab*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [16] Kusumadewi, S., Hartati, S., 2010, *Neuro-Fuzzy Integritas Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf Edisi 2*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
-