

Seleksi Anggota Paduan Suara Menggunakan Fuzzy Inference System Tsukamoto

Hertanto Suryoprayogo ^{#1}, Nurul Ilmi ^{*2}

*Faculty of Engineering, Institut Teknologi Telkom Jakarta
Jl. Raya Daan Mogot No.KM. 11, Kota Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia*

¹ hertanto@ittelkom-jkt.ac.id, hertanto.suryoprayogo@gmail.com

² nurul@ittelkom-jkt.ac.id, ilmynurull@gmail.com

Abstract

Paduan suara merupakan grup dalam merepresentasikan sebuah lagu dan terdiri atas berbagai macam warna suara yang dipadukan sehingga menghasilkan harmonisasi dalam membawakan sebuah lagu yang berkualitas. Pengambilan keputusan dalam penentuan calon anggota paduan suara agar dapat melakukan seleksi calon anggota yang memenuhi kualitas persyaratan yang dibutuhkan. Penelitian ini mengimplementasikan metode Fuzzy Inference System Tsukamoto dalam menentukan kelayakan calon anggota paduan suara, menggunakan 5 input variabel kriteria penilaian kelayakan calon anggota. Hasil penelitian kemudian dibandingkan dengan keputusan pakar dan dilakukan uji korelasi menggunakan sistem perankingan Spearman, dan menghasilkan akurasi yang tinggi dengan nilai 0.769.

Keywords: Logika Fuzzy, Fuzzy Inference System Tsukamoto, Sistem Pendukung Keputusan, Artificial Intelligence

I. PENGANTAR

Paduan suara adalah kelompok beranggotakan 15 orang atau lebih yang menampilkan musik vokal. Dalam paduan suara, berbagai nada digabungkan menjadi satu kesatuan yang harmonis, mewakili lagu yang dinyanyikan. Untuk menjadi anggota, terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi untuk menjaga kualitas paduan suara. Dalam proses seleksi, dibentuk tim penguji untuk memastikan kemampuan menyanyi anggota baru. Namun, dalam menilai bakat menyanyi, kriteria perseorangan cenderung subyektif dan tidak sama. Hal tersebut membuat pengambilan keputusan menjadi sulit. Lebih lanjut, diperlukan metode pengambilan keputusan yang dapat menyelesaikan permasalahan dengan kriteria yang beragam bobot yang berbeda [1].

Pada penelitian terdahulu, mbeberapa metode dilakukan dalam melakukan seleksi anggota paduan suara dengan menerapkan menggunakan Fuzzy-AHP [1], Fuzzy Mamdani [2], serta Fuzzy Tsukamoto [3] untuk menentukan kebutuhan sistem. Penerapan Fuzzy Tsukamoto juga digunakan pada beberapa penelitian lain dalam membangun sistem keputusan, seperti menentukan jumlah produksi barang berdasarkan data persediaan dan jumlah permintaan [4], membangun sistem pendukung keputusan dalam pemberian kredit kepemilikan rumah [5], dan maupun pada system penentuan harga jual barang [6]. Dari beberapa penelitian menggunakan Fuzzy Tsukamoto tersebut, diperoleh hasil kinerja yang baik dan efisien tanpa mengurangi ketepatan perhitungan.

Berdasarkan latar belakang permasalahan penelitian terdahulu, berbagai metode yang diterapkan tersebut dapat diketahui bahwa Fuzzy Tsukamoto memiliki akurasi yang tinggi dan efisiensi waktu yang baik, dan diharapkan metode ini dapat membantu dalam menentukan calon anggota pada Unit Aktivitas Paduan Suara.

II. STUDI LITERATUR

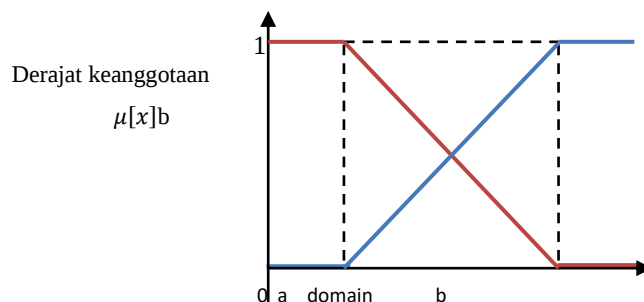
Penelitian dalam merekomendasikan anggota pada seleksi calon anggota paduan suara pernah dilakukan oleh dengan mengimplementasikan *Fuzzy-AHP* [1], dilakukan melalui penilaian pada lima kriteria yaitu kemampuan pendengaran, kemampuan dala membaca not balok maupun not angka, baiknya warna suara yang dimiliki, ketepatan dalam intonasi dan kejelasan di dalam menyanyi. Namun tingkat akurasi belum akurat sepenuhnya karena perbedaan hasil antara sistem dan pertimbangan pakar. Pada penelitian lain, Jayanti [2] membangun sistem pendukung keputusan dala menyeleksi calon anggota paduan suara dewasa dengan metode *Fuzzy Mamdani*. Metode tersebut diterapkan untuk menangani masalah pemrosesan data peserta seleksi karena memiliki perhitungan yang akurat dan efisien. Penalaran logika *Fuzzy Mamdani* untuk pemrosesan input dan output, dan metode ranking dapat mendukung keputusan dalam menentukan kelayakan calon anggota paduan suara. Namun metode tersebut kurang memiliki akurasi dalam mendukung keputusan.

Selanjutnya, penelitian menggunakan *Fuzzy Tsukamoto* pernah dilakukan oleh Fanoel [3], untuk membangun menentukan kebutuhan sistem. Digunakannya metode tersebut karena dalam proses pemeliharaan berkaitan pada data yang samar (*fuzzy*) dan untuk usaha pencegahan dibangun sistem pakar yang mampu menangani ketidakjelasan dan ketidakpastian variabel yang digunakan, karena metode *Fuzzy Tsukamoto* memiliki nilai monoton dan menghasilkan output hasil secara tegas (*crisp*) dan berdasar pada α -predikat (*fire strength*). Penerapan *Fuzzy Tsukamoto* juga digunakan pada beberapa penelitian lainnya dalam membangun sistem keputusan, [4] dalam menentukan jumlah produksi barang berdasarkan data persediaan dan jumlah permintaan. Dari penelitian tersebut sistem pendukung keputusan yang dihasilkan kemudian diuji validitasnya dan memiliki tingkat validitas sebesar 100%, memiliki kinerja yang baik dan memiliki efisiensi waktu yang tinggi tanpa mengurangi ketepatan perhitungan. Wilis [5] menggunakan *fuzzy tsukamoto* dalam membangun sistem pendukung keputusan dalam pemberian kredit kepemilikan rumah, dan sistem yang dihasilkan dapat membantu perusahaan dalam mengembangkan bisnisnya. Namun Sistem yang dihasilkan tidak disertai hasil berdasarkan kepuasan dan fungsionalitas sistem yang dibangun. Amelia [6] mengimplemntasikan metode *fuzzy Tsukamoto* dalam membangun sistem pendukung keputusan penentuan harga jual barang, hasil yang diperoleh sistem dapat membantu pihak distributor dalam membuat keputusan penentuan harga produk. Namun tingkat akurasi dan sistem tidak dijelaskan oleh penulis.

III. METODOLOGI

A. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan suatu kerangka komputasi yang berdasar teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy yang berbentuk IF-THEN, dan penalaran fuzzy. Sistem inferensi fuzzy menerima input *crisp* yang kemudian dikirim ke basis yang berisi dan aturan fuzzy ke dalam bentuk IF-THEN. *Fire strength* (nilai keanggotaan anteseden atau α) akan dicari pada setiap aturan. Apabila aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi semua aturan. Selanjutnya pada hasil agregasi akan dilakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai output sistem[7]. Dalam logika fuzzy dikenal keadaan dari nilai 0 sampai nilai 1. Nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A pada himpunan tegas (*crisp*) ditulis dengan $\mu_A[x]$. Representasi kurva bahu digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan.



Gambar 1. Representasi kurva bahu

B. Fuzzy Inference System Tsukamoto

Fuzzy Inference System Tsukamoto, merupakan bentuk optimasi dari metode penalaran monoton. Pada metode ini, setiap masing-masing konsekuen aturan (berbentuk IF-THEN) direpresentasikan terhadap himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Output dari hasil inferensi pada masing-masing aturan/*rules* diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (fire strength). Selanjutnya, rata-rata terbobot digunakan sebagai hasil akhir [7]. Tahapan dalam Fuzzy Inference System Tsukamoto adalah:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*
2. Penentuan α –predikat dan α –predikat x sebagai fungsi keanggotaan output (Z)
3. Penentuan nilai crisp Z, melalui persamaan :

$$Z = \sum_{i=1}^n \alpha \text{ izi} \frac{\sum_{i=1}^n \alpha \text{ izi}}{\sum_{i=1}^n \alpha \text{ i}} \quad (1)$$

Z = Hasil Defuzzifikasi

α i = Nilai keanggotaan anteseden

zi = Hasil inferensi tiap aturan

Sedangkan struktur proses dari sistem *fuzzy* terdiri atas [7]:

- a. Fuzzification (fuzzifikasi), proses pemetaan crisp input pada sebuah himpunan *fuzzy*. Hasil dari proses fuzzifikasi adalah bentuk *fuzzy* input ke dalam bentuk rule *fuzzy*.
- b. Rule evaluation (evaluasi rule), proses penalaran terhadap input *fuzzy* yang dihasilkan fuzzification, berdasarkan aturan / *fuzzy rules* yang dibuat. Hasil dari proses Rule evaluation adalah *fuzzy* output.
- c. Defuzzification (defuzzifikasi), proses dalam mengubah *fuzzy* output menjadi bentuk crisp value.

C. Himpunan Fuzzy

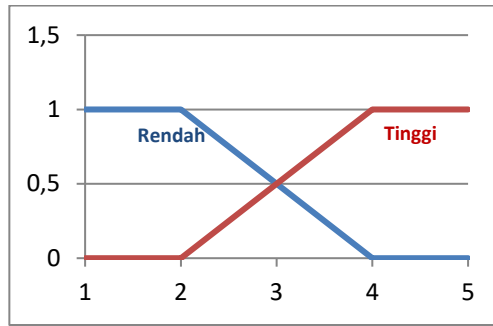
Dalam penelitian ini, metode penentuan calon anggota baru dilakukan melalui defuzzifikasi dengan membentuk rule terlebih dahulu, melalui tahapan sebagai berikut :

1) *Variabel input* : Terdapat 5 kriteria yang dibuat berdasarkan parameter kebutuhan dasar calon anggota paduan suara, yang selanjutnya digunakan sebagai fuzzy rules (Tabel 1)

TABEL I
VARIABEL INPUT

Kriteria	Parameter
Nd	Menirukan Nada
No	Membaca Notasi
Ti	Timbre/ Warna Suara
In	Intonasi
Ar	Artikulasi

2) *Variabel Fuzzy* : Pada logika fuzzy digunakan fungsi keanggotaan segitiga yang merupakan gabungan antara dua garis untuk menentukan derajat keanggotaan. Fungsi keanggotaan variabel input digambarkan pada Kurva Baku Variabel Input (Gambar 2)



Gambar 2. Kurva bahu variabel input

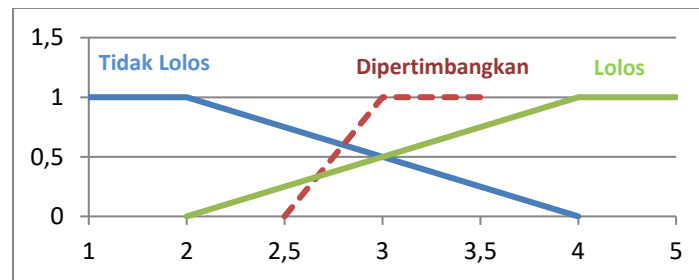
Fungsi keanggotaan masing-masing variabel input:

$$\mu_{\text{Rendah}}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 2 \\ \frac{4-x}{2} & 2 \leq x \leq 4 \\ 0 & x \geq 4 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{2} & 2 \leq x \leq 4 \\ 1 & x \geq 4 \end{cases} \quad (3)$$

3) *Variabel output*: Sebagai dasar pengambilan keputusan, variable output dibuat melalui metode perankingan. Variabel output terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu himpunan Lolos, Dipertimbangkan dan Tidak Lolos dengan range masing-masing (Gambar 3):

- Tidak Lolos = [0,0 – 4,0]
- Dipertimbangkan = [2,5 – 3,5]
- Lolos = [2,0 - 5,0].



Gambar 3. Kurva bahu variabel output

D. Pembangunan Rule Fuzzy

Dalam membangun *rule fuzzy*, data calon anggota pada masing-masing kriteria dan data dari keputusan pakar dengan rentang nilai 1 sampai 5 digunakan sebagai inputan. Data calon anggota dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL II
DATA CALON ANGGOTA

Nama	Nd	No	Ti	In	Ar
Calon Anggota 1	5	4	4	5	4
Calon Anggota 2	1	1	2	2	4
Calon Anggota 3	5	4	3	5	4
Calon Anggota 4	5	3	3	3	3
Calon Anggota 5	5	3	4	4	3

Hasil perhitungan nilai keanggotaan *fuzzy* selanjutnya diinferensikan terhadap *fuzzy rules*. Pada metode Tsukamoto, fungsi implikasi yang digunakan adalah nilai min. Rule Fuzzy pada penelitian ini digambarkan pada Tabel 3.

TABEL III
RULE FUZZY

IF Nd=Tinggi AND No=Tinggi AND Ti=Tinggi AND In=Tinggi AND Ar=Tinggi THEN=Lolos
IF Nd=Tinggi AND No=Tinggi AND Ti=Rendah AND In=Tinggi AND Ar=Tinggi THEN=Lolos
IF Nd=Tinggi AND No=Tinggi AND Ti=Rendah AND In=Rendah AND Ar=Tinggi THEN= Dipertimbangkan
IF Nd=Tinggi AND No=Rendah AND Ti=Tinggi AND In=Rendah AND Ar=Tinggi THEN= Dipertimbangkan
IF Nd=Rendah AND No=Rendah AND Ti=Rendah AND In=Rendah AND Ar=Tinggi THEN= Tidak Lolos
IF Nd=Rendah AND No=Tinggi AND Ti=Rendah AND In=Rendah AND Ar=Rendah THEN= Tidak Lolos

Jumlah rule dihitung dengan mengalikan jumlah himpunan *fuzzy* sebanyak jumlah variabel input yaitu $2^5 = 32$ rules. Dimana format rule ditetapkan sebagai berikut:

[Ri] IF (*condition*) x_i is $A_{ij} \circ \dots \circ x_m$ is A_n THEN (*action*) B_i , dengan:

- R_i : aturan *fuzzy* ke-i ($i=1 \dots m$).
- x_{ij} : bobot nilai kriteria ke-j yang relevan dengan aturan ke-i
- A_{ij} : himpunan *fuzzy* untuk variable bobot nilai kriteria ke-j yang relevan dengan aturan ke-i
- $\circ$: operator AND
- n : banyak kriteria
- B_i : himpunan *fuzzy* variable rekomendasi keputusan pada aturan ke-i.

E. Defuzzifikasi

Proses *Defuzzifikasi* dilakukan untuk menghasilkan nilai *output (crisp)*, dengan mengubah *input* menjadi bilangan pada himpunan *fuzzy*. Metode defuzzifikasi dalam metode Fuzzy Tsukamoto dirumuskan pada Persamaan 4, sedangkan proses defuzzifikasi pada tiap calon anggota digambarkan melalui Tabel 4 (anggota 1 digunakan sebagai sampel).

$$Z = \frac{(\alpha_1 * z_1) + (\alpha_2 * z_2) + (\alpha_3 * z_3) + (\alpha_4 * z_4)}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4} \quad (4)$$

- Z : hasil *deffuzifikasi*
- α_i : nilai keanggotaan antiseden
- z_i : hasil inferensi tiap aturan

TABEL IV
DEFUZZIFIKASI CALON ANGGOTA 1

Rule	Nd	No	Ti	In	Ar	Keputusan	α -predikat	z	α -predikat * z
1	1	1	1	1	1	Lolos	1	4	4
2	1	0	1	1	1	Lolos	0	2	0
3	1	1	0	1	1	Lolos	0	2	0
4	1	1	1	1	0	Lolos	0	2	0
5	1	1	0	0	1	Dipertimbangkan	0	3	0
6	1	0	1	0	1	Dipertimbangkan	0	3	0
7	0	1	0	0	1	Dipertimbangkan	0	3	0
8	0	0	0	0	1	Tidak Lolos	0	3	0
9	0	1	0	0	0	Tidak Lolos	0	3	0
10	0	0	0	0	0	Tidak Lolos	0	3	0
Total							1		4

Tahapan defuzzifikasi pada *fuzzy* Tsukamoto memiliki aturan IF-THEN dan menghasilkan nilai *output* berupa bilangan real dengan rentang nilai dari 0 sampai dengan 1. Implementasi *defuzzifikasi* pada calon anggota 1 ditampilkan pada Tabel 4. Fungsi penentuan calon anggota melalui *defuzzifikasi* ditentukan melalui α -predikat dan α -predikat $\times$ fungsi keanggotaan *output* (Z). Output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (*fire strength*).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembangunan *fuzzy rule* sesuai dengan fungsi keanggotaan menghasilkan rule yang memiliki 3 variabel output terdapat pada tabel 5. Selanjutnya proses *defuzzifikasi* yaitu mengubah input menjadi himpunan *fuzzy* menghasilkan nilai output dengan rentang 0 sampai 1. Hasil *defuzzifikasi* calon anggota paduan suara ditunjukkan pada Tabel 6.

TABEL V
RULE FUZZY PEMILIHAN CALON ANGGOTA

Nd	No	Ti	In	Ar	Keputusan
Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Lolos
Tinggi	Rendah	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Lolos
Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi	Tinggi	Lolos
Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Rendah	Lolos
Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi	Dipertimbangkan
Tinggi	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Dipertimbangkan
Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi	Dipertimbangkan
Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Tinggi	Tidak Lolos
Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah	Tidak Lolos
Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Tidak Lolos

Untuk menguji hipotesis asosiatif dua variable, selanjutnya output fuzzy akan dibandingkan dengan hasil perhitungan pakar melalui uji korelasi Spearman. Persamaan uji korelasi Rank Spearman [8] dijabarkan pada Persamaan 5. Sedangkan hasil perbandingan antara perhitungan menggunakan fuzzy dan perhitungan pakar ditampilkan secara terurut / ordinal pada Tabel 7.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (5)$$

- r_s : korelasi ranking *Spearman*
- d_i : selisih ranking data ke- i
- n : jumlah data

TABEL VI
DEFUZZIFIKASI CALON ANGGOTA PADUAN SUARA

Nama	Nd	No	Ti	In	Ar	Fuzzy
Calon anggota 1	5	4	4	5	4	4.0
Calon anggota 2	1	1	2	2	4	2.0
Calon anggota 3	5	4	3	5	4	3.0
Calon anggota 4	5	3	3	3	3	3.08
Calon anggota 5	5	3	4	4	3	3.0
Calon anggota 6	5	4	2	4	4	4.0
Calon anggota 7	1	1	4	2	4	0.0
Calon anggota 8	5	4	5	4	4	4.0
Calon anggota 9	4	4	4	5	5	4.0
Calon anggota 10	5	4	3	4	4	3.0

TABEL VII
UJI KORELASI SPEARMAN

No	Nama	Nilai Pakar	Nilai Fuzzy	Rank Pakar	Rank Fuzzy	d_i	d_i^2
1	Calon Anggota 1	4.4	4.0	1	2	-1	1
2	Calon Anggota 8	4.4	4.0	2	3	-1	1
3	Calon Anggota 9	4.4	4.0	3	1	2	4
4	Calon Anggota 3	4.2	3.0	4	8	-4	16
5	Calon Anggota 10	4.0	3.0	5	6	-1	1
6	Calon Anggota 6	3.8	4.0	6	4	2	4
7	Calon Anggota 5	3.8	3.0	7	7	0	0
8	Calon Anggota 4	3.4	3.08	8	5	3	9
9	Calon Anggota 7	2.4	0.0	9	10	-1	1
10	Calon Anggota 2	2.0	2.0	10	9	1	1
						$\sum d_i^2$	38

Setelah mendapatkan nilai hasil uji korelasi antara *output* fuzzy dengan hasil pakar, kita selanjutnya dapat menilai keakuratan sistem berdasarkan tabel makna *Spearman*[8] (Tabel 8). Dimana hasil uji korelasi antara ranking pakar dan ranking *fuzzy* memiliki nilai sebesar 0.769, dan menunjukkan akurasi yang **Tinggi/kuat**.

TABEL VIII
TABEL MAKNA SPEARMAN

Nilai	Makna
0,00-0,19	Sangat rendah/sangat lemah
0,20-0,39	Rendah/lemah
0,40-0,59	Sedang
0,60-0,79	Tinggi/kuat
0,80-1,00	Sangat tinggi/sangat kuat

V. KESIMPULAN

Penelitian ini mengimplementasikan metode *fuzzy inference system* Tsukamoto untuk menentukan kelayakan calon anggota paduan suara. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari data pakar dan hasil yang diperoleh dari sistem terdapat perbedaan dalam penentuan kelayakan calon anggota paduan suara. Hal tersebut dipengaruhi oleh variabel dan rule yang digunakan. Uji keakuratan sistem dilakukan menggunakan sistem perankingan Spearman, dan menghasilkan dan menunjukkan hasil yang tinggi / akurat dengan nilai 0.769. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data uji yang lebih banyak sehingga dapat menghitung akurasi data dan melakukan optimasi rule atau fungsi keanggotaan *fuzzy* agar dapat meningkatkan akurasi data yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] Nania N., 2014, Implementasi Metode Fuzzy-AHP Untuk Rekomendasi Seleksi Penerimaan Anggota Baru Paduan Suara (Studi Kasus: Paduan Suara Mahasiswa Universitas Brawijaya). Skripsi S1. Malang : Universitas Brawijaya.
- [2] Sherly J., Sri H., 2012, Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Anggota Paduan Suara Dewasa Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. IJCCS, Vol.6, No.1, pp.55-66. ISSN: 1978-1520. <http://journal.ugm.ac.id/ijccs/article/viewFile/2141/1922/2141-3598-1-SM.pdf>, diakses 9 Juni 2015.
- [3] Fanoel T., 2012, Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN, Thesis S2, Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4] Ginanjar A., 2011, Penerapan Metode Tsukamoto (Logika Fuzzy) Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan, Skripsi S1. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5] Wilis K., Sasmito A., Wicaksono A., et.al, 2011, Implementasi Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto Pada Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Kepemilikan Rumah. Telematika Vol.10, No.2, pp : 137-145.
- [6] Amelia, Rizky. 2013, Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Pada Penentuan Harga Jual Barang Dalam Konsep Fuzzy Logic. Pelita Informatika Budi Darma, Vol.5, No.2. SSN: 2301- 9425.
- [7] Sri K, Hari P., 2010, Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [8] Singgih S., 2014, Statistik Non Parametrik. Edisi Revisi. Jakarta: PT.Elex Media Komputindo.