

FUZZY TIPE-2 MAMDANI UNTUK MENDUKUNG PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Humaira*

*Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Padang

E-mail : mira.humaira@gmail.com

Abstract

The main concept of fuzzy logic is addressing problems that contain uncertainty. Fuzzy System was implemented successfully in any field. The first fuzzy is known as type-1 fuzzy. Some time ago, Prof. . Zadeh realize that type-1 fuzzy membership functions is actually a crisp as well . Then in 1975 Prof . Zadeh discovered type- 2 fuzzy logic. However , type- 2 fuzzy logic became popular in early 2000 . According to Jerry Mendel type- 2 fuzzy logic used to model and minimize the effects of uncertainties that may occur on fuzzy logic. The research will analyze one case in DSS (Decision Support System) ie. Selection of supplier for development new product. It is implemented using Mamdani Inference. The result that reduction type with cos (center of sets) method gets I/O surface smoother. Then Interval chanding of Membership Function influence varied recommend decision.

Keywords : *Fuzzy tipe-2, Mamdani, cos*

1. Pendahuluan

Fuzzy logic diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Lotfi A Zadeh pada tahun 1965 [1]. Sistem *Fuzzy logic* ini memiliki fungsi keanggotaan yang memetakan setiap anggotanya ke dalam satu derajat keanggotaan. Hal semacam ini merupakan keanggotaan *crisp* atau disebut juga himpunan *Fuzzy* yang dikenal dengan *Fuzzy Logic* tipe-1 (T1 FL). Sistem T1 FL sudah banyak diterapkan dalam ilmu kontrol, perkiraan, peramalan, *data mining* dan sistem pendukung keputusan.

Seiring dengan waktu, Prof. Zadeh menyadari bahwa fungsi keanggotaan T1 FL sebenarnya merupakan bilangan tegas juga. Kemudian pada tahun 1975 Prof. Zadeh menemukan *fuzzy logic* tipe-2 (T2 FL). Namun, T2 FL mulai populer awal tahun 2000. Menurut Jerry Mendel T2 FL digunakan untuk memodelkan dan meminimalkan berbagai dampak ketidakpastian yang dapat terjadi pada *fuzzy logic*. Ada tiga jenis ketidakpastian yang muncul diantaranya 1) kata yang digunakan sebagai antecedent dan konsekuen dari kaidah dapat mempunyai makna yang berbeda pada

orang yang berbeda 2) konsekuen yang diperoleh dari poling sekelompok ahli akan seringkali berbeda pada kaidah yang sama dikarenakan para ahli belum tentu semuanya setuju pada kaidah tersebut 3) gangguan (*noise*) yang terdapat pada data. T2 FL dapat mengatasi ketidakpastian tersebut dengan menggunakan fungsi keanggotaan T2 FL yang samar (*fuzzy*) [2] [3] [4].

Salah satu domain ilmu yang memanfaatkan *fuzzy logic* yaitu sistem pendukung keputusan. Dalam dunia nyata, manusia selalu dihadapkan dengan sebuah putusan untuk memilih. Terkadang dalam memutuskan pilihan yang tepat dibutuhkan pengalaman dan pengetahuan. Kemunculan konsep sistem pendukung keputusan (*Decision Support System* atau disingkat DSS) sangat membantu seorang pengambil keputusan dalam menentukan keputusan yang akan diambil.

Kasus DSS banyak menerapkan inteligensi yang berguna untuk meningkatkan performansi sistem, salah satunya keputusan dalam memilih pemasok. Perusahaan memiliki alasan yang mendasari pemilihan pemasok diantaranya 1)

perusahaan dapat fokus terhadap bisnis utama sedangkan non bisnis utama diserahkan kepada pihak ketiga [5] 2) meningkatkan keunggulan bersaing perusahaan 3) eksploitasi kemampuan pemasok dapat meningkatkan kualitas produk melalui penggunaan teknologi sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengembangkan produk baru menjadi lebih cepat [6].

Kriteria pemilihan pemasok pada umumnya yaitu mempertimbangkan biaya, waktu pengiriman dan kualitas. Namun sisi lain pemilihan pemasok untuk mengembangkan produk baru juga mempunyai kriteria yang lebih kompleks. Kriteria tersebut diantaranya meninjau karakteristik pemasok, menilai performansi perusahaan pemasok dan mempertimbangkan karakteristik proyek yang berkaitan dengan penawaran dari pemasok [6]. Dari kriteria di atas banyak ditemukan ketidakpastian dan kesamaran informasi, sebagai contoh permintaan pasar, level teknologi yang digunakan atau situasi ekonomi. Misalkan penetapan linguistik 'Low', 'Medium', 'High' untuk sebuah variabel, memungkinkan setiap orang memiliki persepsi yang berbeda. Begitu pula konsekuensi yang diperoleh dari sekumpulan pakar belum tentu semua setuju. Oleh karena itu untuk meminimalisasi dampak ketidakpastian ini dapat diselesaikan dengan pendekatan *fuzzy* tipe-2.

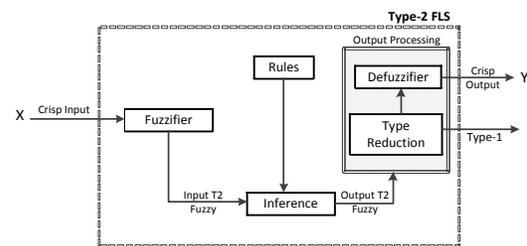
Fuzzy tipe-2 yang umum digunakan yaitu *Interval type-2 fuzzy logic* (IT2 FL). Menurut Turhan dan Garibaldi, implementasi *Interval type-2 Fuzzy Logic* pada DSS memungkinkan untuk menangkap variasi dari keputusan manusia. Variasi keputusan oleh sistem *Fuzzy* dapat diatur menggunakan level ketidakpastian dalam fungsi keanggotaannya [7][15]. Namun, penggunaan IT2 FL dalam DSS masih jarang dan sangat dimungkinkan untuk dikembangkan.

Tujuan penelitian ini akan menyelesaikan kasus pemilihan pemasok untuk mengembangkan produk baru dengan pendekatan *Fuzzy Inference System* menggunakan metode Mamdani. Selain itu penelitian ini akan mencari metode reduksi yang cocok untuk penilaian manusia.

1.1 Fuzzy Tipe-2

Type-2 fuzzy (T2 FL) awalnya juga diperkenalkan oleh Zadeh. Saat itu kemampuan komputerisasi terbatas sehingga pemakaian *fuzzy* tipe-2 tidak begitu populer. Namun sejak tahun 2000-an *fuzzy* tipe-2 sudah banyak menjadi pilihan bagi peneliti meskipun membutuhkan komputasi yang kompleks. Hal ini dikarenakan kemampuan komputer sudah sangat luar biasa cepatnya.

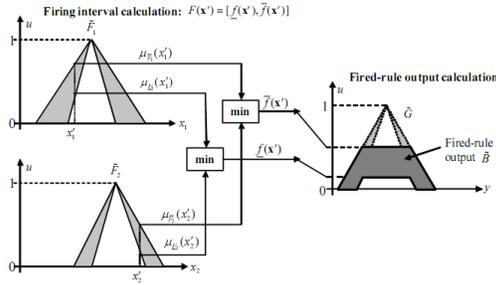
T2 FL memiliki performansi yang lebih baik dari T1 FL. Ada beberapa cara untuk memodelkan T2 FL yaitu *general T2*, *Interval Type-2* (IT2) dan yang terbaru *Quasi-T2*[7]. *General T2* FL sulit untuk diimplementasikan karena secara matematis masih rumit sehingga membuat komputasi menjadi kompleks. Kebanyakan peneliti menggunakan IT2 karena mudah untuk dipahami. Disamping itu komputasi dengan *Interval T2 FLS* sangat mudah diatur yang menjadikan IT2 FLS mudah diimplementasikan[2].



Gambar 1. Sistem *fuzzy* tipe-2

1.2 Inferensi Mamdani

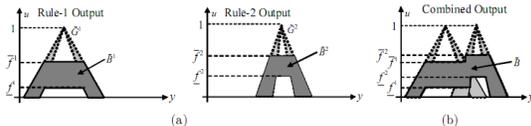
Fuzzy Inference System pada T2 hampir sama dengan *Fuzzy Inference System* pada T1 dalam hal melakukan proses inferensi menggunakan metode Mamdani. Proses *Fuzzy Inference System fuzzy* tipe-2 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Fuzzy Inference System Mamdani pada IT2 dengan menghasilkan fired-rule setiap kaidah [8]

Pertama, *firing interval* dihitung melalui *fuzzy Singleton* (x_1 dan x_2) yang memotong kurva. Setiap titik pada UMF dan LMF yang bersesuaian dicari nilai minimum dengan menggunakan perhitungan *t-norm*. Nilai minimum yang didapatkan untuk mewakili UMF dan LMF dipetakan ke konsekuen sehingga menghasilkan sebuah area yang dinamakan keluaran *fired-rule*.

Kedua, agregasi merupakan operasi penggabungan setiap area *fired rule* dengan perhitungan *join*. Area dari proses ini merupakan kombinasi keluaran seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Kombinasi keluaran dari gabungan fired-rule tiap kaidah [8]

1.3 Pengolahan Keluaran

Sebelum mendapatkan hasil akhir berupa nilai *crisp*, ada dua tahapan yang dilakukan yaitu (1) *Type-reduction* (tipe reduksi), merupakan langkah pertama pengolahan *output* dengan menghitung *centroid* dari IT2 dan (2) *Defuzzifikasi*, untuk memperoleh nilai *output (crisp)*[2].

Reduksi tipe dapat diselesaikan dengan beberapa metode antara lain [2] [9] [10].

1. Reduksi tipe Centroid (*center-of-sums*)

Centroid dihitung dari kombinasi area *output* yang sebelumnya didapatkan dari aktifasi setiap kaidah berdasarkan *firing strength*.

$$y_c(x) = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \mu_B(y_i)}{\sum_{i=1}^N \mu_B(y_i)}$$

Derajat keanggotaan $y \in Y$ pada persamaan berikut.

$$\mu_B(y) = \bigcup_{l=1}^M \mu_{B^l}(y)$$

2. Reduksi tipe pusat himpunan (*center-of-sets*)
Metode ini menghitung *centroid* setiap konsekuen dari kaidah yang aktif

$$y_{cos}(x) = \frac{\sum_{l=1}^M c^l T_{i=1}^p \mu_{F_i^l}(x_i)}{\sum_{l=1}^M T_{i=1}^p \mu_{F_i^l}(x_i)}$$

dimana T mengindikasikan operator *t-norm* dan c^l adalah *centroid* dari konsekuen ke-l.

3. Reduksi tipe ketinggian (*height*)
Keluaran setiap kaidah digantikan dengan *singleton* pada titik maksimum keanggotaan lalu dihitung *centroid* nya.

$$y_h(x) = \frac{\sum_{l=1}^M \bar{y}^l \mu_{B^l}(\bar{y}^l)}{\sum_{l=1}^M \mu_{B^l}(\bar{y}^l)}$$

\bar{y}^l merupakan titik maksimum keanggotaan pada keluaran kaidah ke-l (jika terdapat lebih dari satu titik, maka \bar{y}^l adalah rata-ratanya). Derajat keanggotaan pada keluaran ke-l yaitu

$$\mu_{B^l}(\bar{y}^l),$$

$$\mu_{B^l}(\bar{y}^l) = \mu_{G^l}(\bar{y}^l) * T_{i=1}^p \mu_{F_i^l}(x_i)$$

dimana * dan T merupakan operator *t-norm (product* atau *min)*.

Karnik bersama Mendel telah memberikan solusi untuk mengatasi masalah komputasi dalam melakukan kalkulasi *centroid* pada IT2, yang dikenal dengan Algoritma KM (Karnik-Mendel). Ide utama algoritma KM yaitu untuk menemukan *switch point* untuk y_l dan y_r .

Secara umum sistem *fuzzy logic* tipe-2 interval yaitu:

$$x_i \in X_i \equiv [x_i, \bar{x}_i], \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$w_i \in W_i \equiv [w_i, \bar{w}_i], \quad i = 1, 2, \dots, N$$

dimana

$$x_i \leq \bar{x}_i, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$w_i \leq \bar{w}_i, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

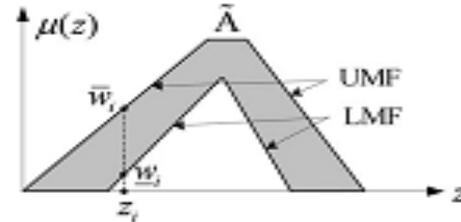
Keluaran dari sistem *fuzzy* dengan persamaan

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^N x_i w_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \equiv [y_l, y_r]$$

dimana

$$y_l = \min_{\substack{\forall x_i \in [x_i, \bar{x}_i] \\ \forall w_i \in [w_i, \bar{w}_i]}} \frac{\sum_{i=1}^N x_i w_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

$$y_r = \max_{\substack{\forall x_i \in [x_i, \bar{x}_i] \\ \forall w_i \in [w_i, \bar{w}_i]}} \frac{\sum_{i=1}^N x_i w_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

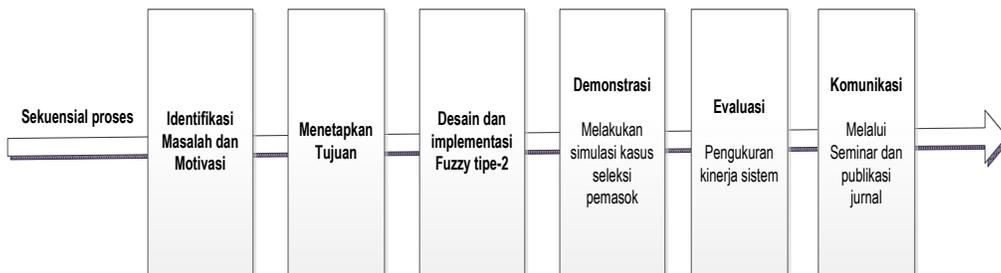


Gambar 4. IT2 FL [9]

Dalam menghitung *centroid* IT2 FL, $\bar{x}_i = x_i = z_i$ menggambarkan diskritisasi dari z . Interval $(w_i, w_i\text{-bar})$ merupakan derajat keanggotaan dari z_i . Sedangkan Y adalah *centroid* dari \tilde{A} .

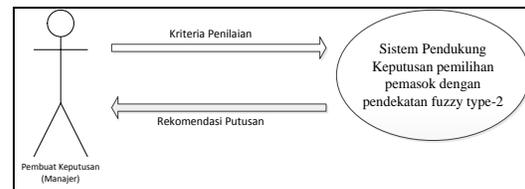
2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan merujuk pada paper “*A Design Science Research Methodology for Information Systems Research* [13]. Berikut adalah bagan yang diadopsi dalam tahapan penelitian ini:



Gambar 5. Design science research methodology (DSRM) process model

Secara umum sistem ini membantu para pengambil keputusan untuk memberikan rekomendasi yang cenderung cepat dengan memasukkan kriteria penilaian. Keluaran dari sistem tidak mutlak, dengan kata lain sistem melakukan analisis kemudian memberikan rekomendasi putusan. Namun keputusan akhir yang akan diambil tergantung dari si pengambil keputusan itu sendiri.

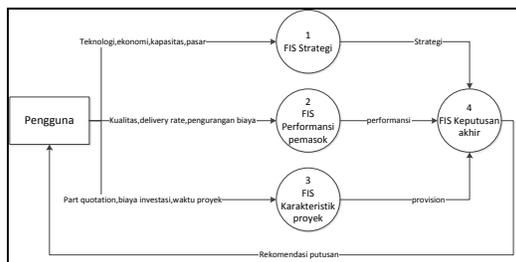


Gambar 6. Gambaran umum sistem pendukung keputusan untuk kasus pemilihan pemasok

Dari Gambar 6 pengguna memasukkan inputan berupa kriteria-kriteria penilaian. Kriteria penilaian tersebut akan dijadikan sebagai parameter - parameter

dalam mengaktifkan *rule* untuk kemudian dihitung keluarannya. Keluaran dari sistem berupa rekomendasi putusan yang akan dipertimbangkan lagi oleh *decision maker* atau keluaran bisa dijadikan keputusan final.

Pembuatan sistem FIS yang dirancang secara modular dapat dilihat pada gambar IV.5. Rancangan sistem ini dibuat pada *Software Matlab* menggunakan tool fuzzy yang mendukung inferensi fuzzy tipe2. Fungsi keanggotaan yang digunakan yaitu *gaussian* dan *generalized bell*. Pemilihan fungsi keanggotaan tersebut karena fungsinya lebih *smooth* dalam perpindahan nilai.



Gambar 7. Diagram Alir Data Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pemasok

Pengembangan perangkat lunak menggunakan toolbox fuzzy tipe 2 yang merujuk pada jurnal “Interval Type-2 Fuzzy Logic Toolbox, Oscar Castillo” [11]. Sedangkan pengujian dengan pendekatan pengamatan secara manual. Setiap proses dalam sistem diamati setiap langkahnya

sehingga didapatkan keseluruhan operasi berjalan sesuai dengan tujuannya.

Pengujian sistem ini akan membandingkan dua jenis reduksi defuzzifikasi yaitu *centroid* dan *cos (center of sets)* serta variasi interval fungsi keanggotaan. Kegiatan ini mengacu pada tujuan sebuah solusi untuk hasil-hasil pengamatan aktual. Hasil pengujian diamati untuk kemudian di evaluasi berdasarkan konsep dan referensi terdahulu.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada simulasi ini memperlihatkan kemungkinan data terhadap empat rekomendasi putusan. Selanjutnya diidentifikasi pemakaian interval untuk fungsi keanggotaan dan pengaruh reduksi tipe terhadap keluaran tegas. Selain itu membandingkan bentuk *I/O Surface fuzzy tipe2*.

Pengujian data merupakan kombinasi penilaian yang menghasilkan empat rekomendasi putusan yaitu *Selected*, *Under consideration*, *Second choices* dan *Not selected*.

Proses penalaran dapat dilakukan oleh sistem *fuzzy* karena adanya basis pengetahuan. Basis pengetahuan dibangun dari pengalaman orang atau pakar yang ahli dalam bidangnya. Pada sistem DSS ini menerapkan kaidah pada group *Final* (pengambilan keputusan) seperti Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Kaidah pada group Final

No	If			Then
	Strategic Option	Supplier Performance	Percent of Provision	Final Decision
1	Not Recommended	Critical	0-10	Not Selected
2	To Develop	Under Control	10-30	Not Selected
3	Not Recommended	Critical	80-100	Not Selected
4	To Develop	Reliable	30-60	Second Choice
5	To Develop	Under Control	80-100	Second Choice
6	Convenient	Under Control	60-80	Second Choice

7	<i>To Develop</i>	<i>Autonomous</i>	80-100	<i>Under Consideration</i>
8	<i>Convenient</i>	<i>Reliable</i>	30-60	<i>Under Consideration</i>
9	<i>Convenient</i>	<i>Under Control</i>	60-80	<i>Under Consideration</i>
10	<i>Recommended</i>	<i>Autonomous</i>	60-80	<i>Selected</i>
11	<i>Recommended</i>	<i>Autonomous</i>	80-100	<i>Selected</i>

Tabel 2. Hasil keluaran tegas beserta rekomendasi putusan berdasarkan interval fungsi keanggotaan

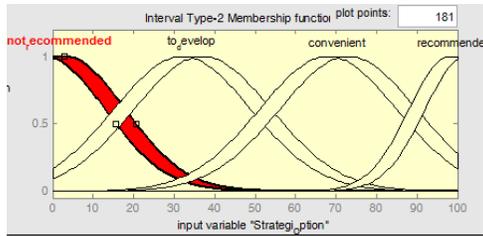
Defuzzifikasi	Jenis Interval	Data Uji	Keluaran Tegas	Rekomendasi Putusan
centroid	1	Pertama	15,7	Not Selected
centroid	1	Kedua	47,9	Second Choice
centroid	1	Ketiga	59,6	Second Choice
centroid	1	Keempat	87	Selected
centroid	1	Kelima	83	Under Consideration
cos	1	Pertama	10,9	Not Selected
cos	1	Kedua	40,8	Second Choice
cos	1	Ketiga	62,7	Under Consideration
cos	1	Keempat	88.5	Selected
cos	1	Kelima	87.6	Selected
centroid	2	Pertama	18,2	Not Selected
centroid	2	Kedua	38,4	Second Choice
centroid	2	Ketiga	57.7	Second Choice
centroid	2	Keempat	69,7	Under Consideration
centroid	2	Kelima	75.1	Under Consideration
cos	2	Pertama	13,3	Not Selected
cos	2	Kedua	40,6	Second Choice
cos	2	Ketiga	60,6	Under Consideration
cos	2	Keempat	82,4	Under Consideration
cos	2	Kelima	80,2	Under Consideration

Identifikasi Interval Fungsi Keanggotaan Terhadap *I/O Surface* dan MF

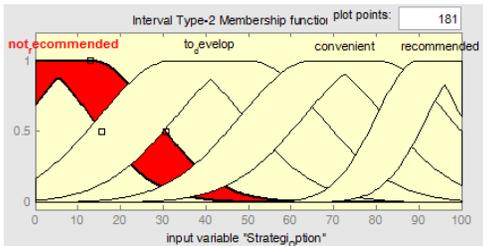
Pengertian adaptif disini bahwa *embedded T1 FLS* yang terdapat pada *IT2 FLS* digunakan untuk menghitung batas-batas interval reduksi tipe sebagai perubahan masukan. Sifat adaptif tersebut secara langsung berkaitan dengan keluaran tegas yang mengalami sedikit perubahan seperti terlihat pada Tabel 2. Setiap data uji didapatkan keluaran tegasnya cenderung menurun seiring

membesarnya interval. Pengecualian data uji pertama, keluaran tegas semakin naik.

Disamping analisa bentuk MF, pengaruh interval juga diamati terhadap *surface* nya. Kedua *surface* yang dihasilkan oleh kedua interval dapat dilihat pada Gambar 9.



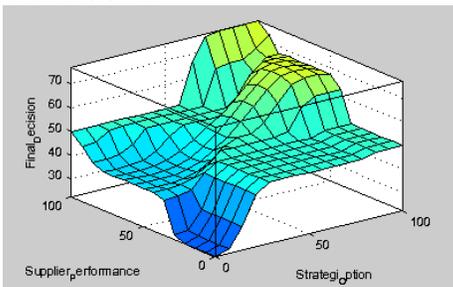
interval jenis 1



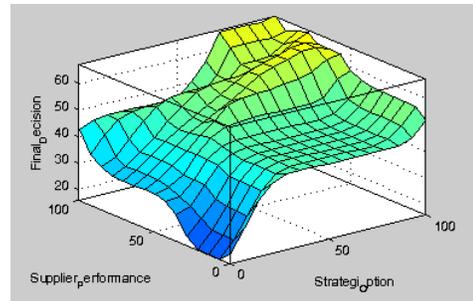
interval jenis 2

Gambar 8. Perbandingan Plotting MF dengan interval yang berbeda

Surface yang dihasilkan dengan *interval* jenis 2 didapatkan permukaannya lebih *smooth* dibandingkan dengan *surface* pada *interval* jenis 1. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dongrui Wu pada jurnal [12]. Jika diamati bentuk *surface* dengan rekomendasi keputusan yang dihasilkan maka keputusan tersebut merupakan refleksi dari ketidakpastian yang semakin besar. Sehingga sistem menghasilkan keluaran tegasnya mengalami penurunan nilai. Tentunya ini akan berdampak terhadap rekomendasi keputusan yang diperoleh sistem.



Plotting surface group final dengan interval jenis 1

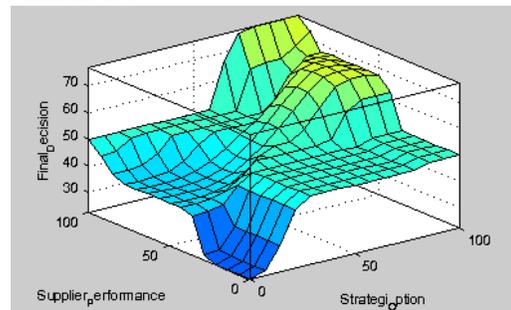


Plotting surface group final dengan interval jenis 2

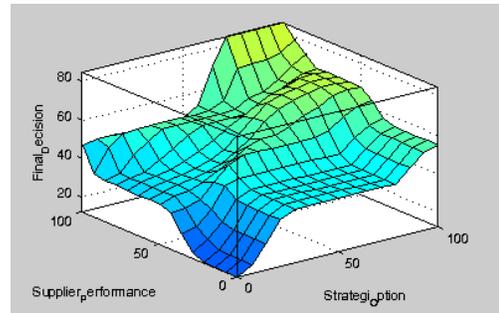
Gambar 9. Perbandingan Plotting surface group final dengan interval yang berbeda

Identifikasi *Plotting Surface* group Final menggunakan metode defuzzifikasi yang berbeda.

Perbandingan *I/O surface* menggunakan *cos* didapatkan hasil *surface* yang lebih *smooth*. Dalam bidang DSS, keputusan manusia dapat bervariasi. Variasi keputusan itu dapat dilihat pada bentuk *surface*. Semakin *smooth surface* yang dihasilkan maka sistem mendekati persepsi penilaian manusia. Seperti dapat dilihat pada Gambar 10.

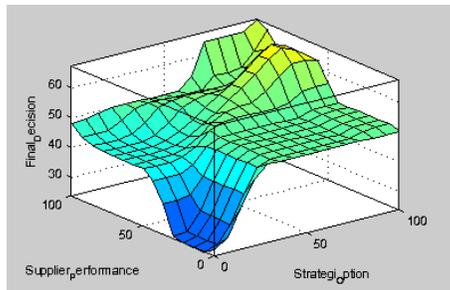
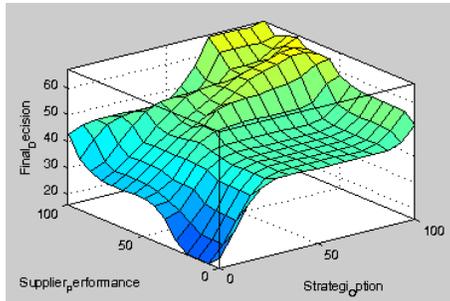


Reduksi centroid



Reduksi cos

Gambar 10. Perbandingan I/O Surface group Final menggunakan interval jenis 1

Defuzzifikasi *centroid*Defuzzifikasi *cos*

Gambar 11. Perbandingan I/O Surface group Final menggunakan interval jenis 2

Disamping itu Gambar 11 merupakan *plotting surface* dengan *interval* jenis 2. Sesuai dengan pembahasan sebelumnya bahwa semakin besar intervalnya akan didapatkan *I/O surface* yang lebih *smooth*. Ditambah lagi dengan tipe reduksi *cos*, *I/O surface* yang dihasilkan semakin *smooth*.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. IT2 FLS memiliki sifat lebih adaptif terhadap perubahan interval fungsi keanggotaan. Hal ini disebabkan IT2 FLS merupakan sekumpulan *embedded* T1 FLS yang berbeda-beda.
2. Sistem *Fuzzy* tipe-2 mampu memberikan variasi keputusan berdasarkan level ketidakpastiannya. Variasi keputusan ini merupakan salah satu alternatif yang akan dipertimbangkan oleh si pengambil keputusan.
3. Dalam bidang DSS, metode IT2 FLS menggunakan tipe reduksi *cos* lebih direkomendasikan. Karena *I/O surface* yang dihasilkan lebih *smooth*.

4.2 Saran

Dari simulasi dan analisa sistem pendukung keputusan menggunakan *fuzzy* tipe-2 yang telah dilakukan, maka dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut.

1. Didalam pembuatan term pada fungsi keanggotaan Gaussian sebaiknya menggunakan ANFIS untuk mendapatkan hasil yang optimal .
2. Melibatkan para pakar dalam menentukan kriteria penilaian serta pengujiannya

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Padang yang telah menyediakan dana BOPTN untuk penelitian ini.

5. Daftar Pustaka

- J.S.R Jang, C.T Sun, and E Mizutani, *Neuro fuzzy and Soft computing*. US: Prentice hall, 1997.
- Jerry M Mendel, Robert I Jhon, and Feilong Liu, "Interval type-2 fuzzy logic systems made simple," *IEEE transactions on fuzzy systems vol.14 no.6*, pp. 808-821, 2006.
- Jerry M Mendel, "Type-2 Fuzzy sets and systems:How to learn about them," *IEEE SCM eNewsletter*, 2009.
- Jerry M.Mendel and Robert I. Bob Jhon, "Type-2 Fuzzy Sets Made Simple," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems Vol.10 No.2*, pp. 117-127, 2002.
- Diego A Carrera and Rene V Mayorga, "Supply Chain Management: a Modular Fuzzy Inference System approach in Supplier Selection for New Product Development," vol. 19, pp. 1-12, July 2007.
- Efraim Turban, Jay E Aronson, and Ting Peng Liang, *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, 7th ed. New Jersey: Pearson Education, 2005.
- Jerry M Mendel and Feilong Liu, "On New Quasi-Type-2 Fuzzy Logic System," *Proceeding on Fuzzy Systems*, June 2008.

- Dongrui Wu. (2009, March) Intelligent Systems for Decision Support. Dissertation of University of Southern California.
- Dongrui Wu and Jerry M Mendel, "Enhancec Karnik-Mendel Algorithms," *IEEE or Fuzzy Systems*, vol. 17, no. 4, pp. 923-934, August 2009.
- Nilesh N Karnik, Jerry M Mendel, and Qilian Liang, "Type-2 Fuzzy Logic Systems," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, vol. 7, no. 6, pp. 643-658, Dec 1999.
- Juan R Castro, Oscar Castillo, and Luis G Martinez, "Interval Type-2 Fuzzy Logic Toolbox," *Engineering Letter*, August 2007.
- Dongrui Wu, "A brief tutorial on Interval type-2 fuzzy sets and systems," 2011.
- Ken Peffers, Tuure Tuunanen, Marcus A. Rothenberger, and Samir Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research ," *MIS*, vol. 24, no. 3, pp. 45-78, 2007.
- Turhan Ozen and Jonathan M. Garibaldi, "Effect of Type-2 Fuzzy Membership Function Shape on Modelling Variation in Human Decision Making".
- Humaira, "Sistem Fuzzy Tipe-2 untuk Mendukung Pengambilan Keputusan", Tesis, Pascasarjana ITB, 2012
- INFORM. (2011, Dec.) Fuzzy Tech. [Online] www.fuzzytech.com/binaries/e_p_dv2.ppt
- Matlab R2010b. (2010) Documentation Fuzzy Logic.