

Analisis Perbandingan Metode *Fuzzy* Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur

Sri Widaningsih

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik
Universitas Suryakencana, Cianjur, 43216 Indonesia
email : widaningsih@gmail.com

ABSTRACT

Beras untuk penduduk miskin (raskin) merupakan salah satu program pemerintah untuk meningkatkan kesejahteraan penduduk miskin yang dikelola oleh Bulog. Permasalahan yang terjadi yaitu sering kurang tepatnya pemberian jumlah raskin dibandingkan dengan jumlah penduduk miskin yang ada di suatu kota/kabupaten diantaranya Kabupaten Cianjur. Salah satu model yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan jumlah distribusi raskin adalah model logika *fuzzy* karena model ini dapat menangani data-data yang tidak linier. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara ketiga metode sistem inferensia *fuzzy* yang sering digunakan yaitu metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Variabel input berupa jumlah penduduk miskin dan jumlah rata-rata stok, sedangkan variabel output berupa jumlah distribusi raskin. Untuk mengevaluasi output digunakan dua teknik yaitu perbandingan standar error dan uji hipotesis t-test. Dari ketiga metode diperoleh nilai MAPE masing-masing untuk metode Tsukamoto (28,05%), Mamdani(39,05%), dan Sugeno (7,45%). Untuk uji hipotesis hanya metode Sugeno yang hipotesisnya diterima sehingga dari dua teknik evaluasi output, metode Sugeno yang terbaik untuk pengambilan keputusan jumlah distribusi raskin di Cianjur.

Kata Kunci : Logika Fuzzy, Tsukamoto, Madani, Sugeno, Sistem Inferensia , Raskin, Distribusi

1. Introduction

Program beras untuk masyarakat miskin (raskin) merupakan subsidi pangan dalam bentuk beras yang diperuntukkan bagi rumahtangga berpenghasilan rendah sebagai upaya dari pemerintah untuk meningkatkan ketahanan pangan dan memberikan perlindungan sosial pada rumah tangga sasaran. Pendistribusian tersebut dilakukan setiap bulan di tempat yang telah ditentukan di setiap kota atau kabupaten di setiap provinsi. Pendistribusian beras raskin di Cianjur dilakukan oleh Bulog Sub Divisi Regional (DIVRE) Cianjur. Permasalahan yang muncul dari pendistribusian raskin di Cianjur yaitu penentuan jumlah raskin yang harus dibagikan kepada masyarakat. Karena terkadang jumlah yang dibagikan tidak sesuai dengan jumlah masyarakat miskin yang seharusnya menerima beras raskin. Dalam penentuan raskin terdapat dua variabel yang berpengaruh yaitu tersedianya stok di Bulog dan jumlah masyarakat miskin yang ada di Cianjur. Dalam penelitian ini pengambilan keputusan jumlah distribusi beras raskin menggunakan logika *fuzzy* . Penggunaan logika *fuzzy* didasarkan pada beberapa keunggulan logika *fuzzy* yaitu dapat toleransi terhadap data yang tidak tepat , mampu memodelkan fungsi-fungsi yang tidak linier, dan didasarkan pada bahasa alami yang mudah dipahami.

Sedangkan untuk sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan dipilih antara metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Untuk mengevaluasi ketiga metode tersebut, pada tahap akhir dilakukan perhitungan error dengan menggunakan beberapa perhitungan standar error dan dilengkapi dengan uji hipotesis statistik yang digunakan untuk membandingkan hasil dari data aktual dengan data yang

dihasilkan dari setiap metode. Dari dua teknik evaluasi tersebut maka dapat dipilih metode terbaik untuk pengambilan keputusan jumlah beras yang akan didistribusikan.

Konsep logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Lothfi A. Zadeh pada tahun 1965. Derajat keanggotaan/nilai keanggotaan/membership function merupakan penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan dan merupakan ciri utama penalaran dengan logika *fuzzy*. Sebuah himpunan *fuzzy* merupakan sebuah kelas dari objek dengan kontinum dari tingkatan keanggotaan. Sebuah himpunan dicirikan dengan fungsi keanggotaan yang diberikan pada setiap objek dengan nilai keanggotaan antara 0 hingga 1 [1]. Logika *fuzzy* dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang input menuju ke ruang output, himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi penggunaan himpunan crisp (tegas) yang terkadang tidak adil karena jika terjadi perubahan kecil dalam suatu nilai batas akan menyebabkan perbedaan kategori yang cukup signifikan [2]

Pemikiran manusia dan proses pengambilan keputusan umumnya bersifat linguistik. Oleh karena itu, tidak hanya sistem cerdas harus mampu menangani ketidakpastian, tetapi juga harus mampu menafsirkan variabel linguistik. Dalam dunia nyata, banyak situasi dimana sulit untuk memutuskan dengan cara yang tidak ambigu bila hal tersebut tidak berada pada kelas yang spesifik. Logika *fuzzy* memberikan cara yang intuitif untuk mencapai hal ini. Dalam sistem keputusan *fuzzy*, keputusan menggunakan aturan *if – then* [3].

1.2. Himpunan Tegas (Crisp) dan Himpunan Fuzzy

Himpunan tegas (*crisp*) disebut juga sebagai himpunan klasik. Himpunan ini memiliki batasan yang jelas, tidak ada ketidakpastian dalam menentukan atau mengalokasikan batasan dari himpunan [4]. Keanggotaan pada himpunan ini memiliki dua kemungkinan yaitu [2]:

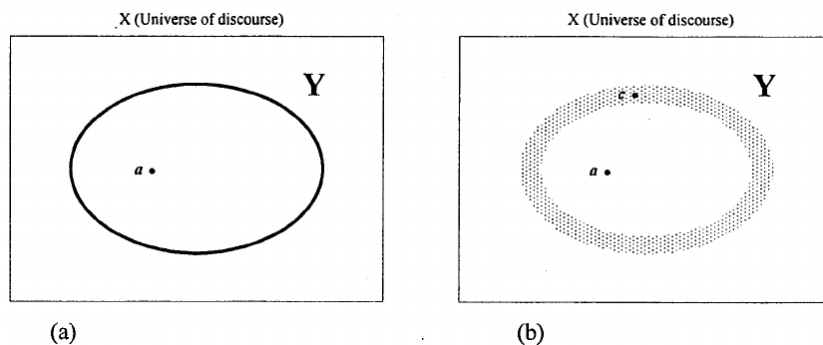
1. Bernilai 1 yang berarti suatu item menjadi anggota dalam himpunan
2. Bernilai 0 yang berarti bahwa satu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan

Pada himpunan *fuzzy* batasan anggota bersifat tidak jelas, samar dan ambigu [4]. Keanggotaan dari anggota himpunan bernilai antara 0 hingga 1. Himpunan *fuzzy* dinotasikan sebagai berikut :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu [2]:

1. Linguistik, Penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami seperti muda, parobaya, tua. Linguistik ini merupakan himpunan *fuzzy*.
2. Numeris, Nilai (angka) yang menunjukkan suatu variabel. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, misalkan : usia, berat, temperatur dan lain-lain.



Gambar 1. Diagram untuk (a) Himpunan *Crisp* dan (b) himpunan *Fuzzy*

Gambar 1 merupakan diagram yang menunjukkan perbedaan antara himpunan tegas dengan himpunan *fuzzy*. Pada himpunan tegas terlihat batas yang jelas untuk himpunan sedangkan pada himpunan *fuzzy* terdapat daerah samar-samar pada batas himpunan.

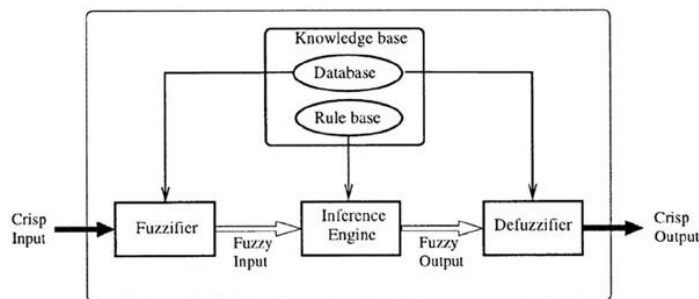
1.2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (disebut derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 hingga 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi.

1.3. Sistem Inferensia *Fuzzy*

Sistem inferensia *fuzzy* merupakan sistem yang menggunakan teori himpunan *fuzzy* untuk memetakan input menjadi output. Struktur dasar dari sistem inferensia *fuzzy* terdiri dari tiga komponen konseptual yaitu [5] :

1. Aturan dasar, terdiri dari aturan *fuzzy* yang telah diseleksi
2. Basis data (kamus), dimana mendefinisikan fungsi keanggotaan yang digunakan pada aturan *fuzzy*
3. Mekanisme penalaran, yang melakukan prosedur inferensi pada aturan dan diberikan fakta untuk mendapatkan output yang wajar atau kesimpulan.



Gambar 2. Struktur Dasar Sistem Inferensia *Fuzzy*

Secara umum sistem inferensia *fuzzy* mengimplemetasikan pemetaan non – linier dari ruang input ke ruang output. Pemetaan ini disampaikan oleh beberapa aturan *if – then*. Dalam sistem inferensia *fuzzy* terdapat beberapa metode diantaranya terdapat tiga metode yang sering digunakan . Perbedaan dari ketiga metode tersebut terletak pada perbedaan konsekuensi aturan *fuzzy*, agregasi dan prosedur defuzziifikasi . Ketiga metode tersebut yaitu metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno.

2. Research Method

2.1. Metode Tsukamoto

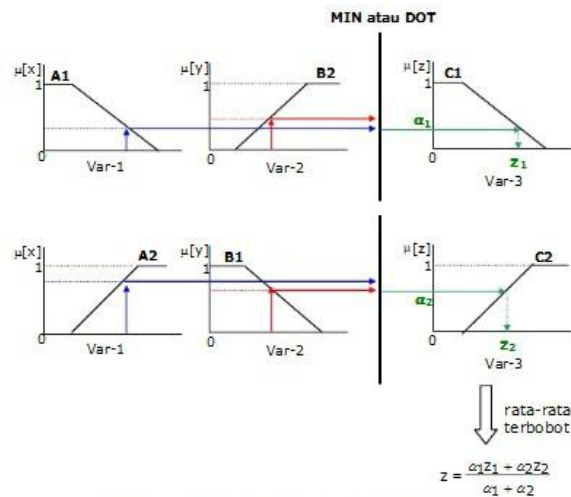
Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *if – then* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Sebagai hasilnya, keluaran hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhir menggunakan rata-rata terbobot [2], dalam inferensinya, metode Tsukamoto menggunakan tahapan berikut :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*. Variabel input maupun output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*
2. Fuzzifikasi, yaitu menentukan derajat keanggotaan variabel input
3. Pembentukan basis pengetahuan *Fuzzy* (Rule dalam bentuk *IF....THEN*)

4. Implikasi dengan fungsi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$) Kemudian masing-masing nilai α -predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$)
5. Defuzzifikasi Menggunakan metode rata-rata

$$z = \frac{\sum(\alpha_i \times z_i)}{\sum \alpha_i} \tag{3.1}$$

Keterangan : Z= Variabel output
 α_i = Nilai α predikat
 z_i = Nilai variabel output



Gambar 3. Inferensi dengan Menggunakan Metode Tsukamoto

2.2. Metode Mamdani

Metode Mamdani pertama kali dikemukakan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975, metode ini digunakan untuk mengendalikan mesin uap dan boiler yang dikombinasikan dengan sekumpulan aturan kontrol linguistik yang diperoleh dari operator yang berpengalaman [5]. Untuk menentukan output terdapat beberapa tahapan yaitu [6] :

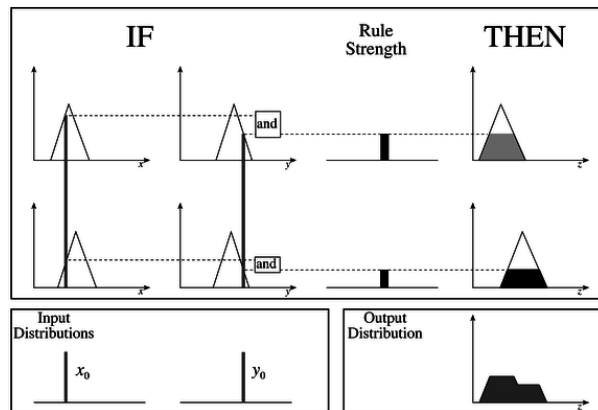
1. Pembentukan himpunan *fuzzy*. Variabel input maupun output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*
2. Fuzzifikasi, yaitu menentukan derajat keanggotaan variabel input
3. Operasi logika *fuzzy*, perlu dilakukan jika bagian *antecedent* lebih dari satu pernyataan melakukan operasi-operasi logika *fuzzy*. Hasil akhir dari operasi ini adalah derajat kebenaran *antecedent* yang berupa bilangan tunggal. Operator *fuzzy* untuk melakukan operasi and dan or bisa dibuat sendiri.
4. Implikasi: menerapkan metode implikasi untuk menentukan bentuk akhir *fuzzy* set keluaran. Consequent atau keluaran dari aturan *fuzzy* ditentukan dengan mengisi kumpulan *fuzzy* keluaran ke variabel keluaran. Fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.
5. Agregasi: yaitu proses mengkombinasikan keluaran semua aturan *if - then* menjadi sebuah kumpulan *fuzzy* tunggal menggunakan fungsi Max. Apabila digunakan fungsi implikasi min maka metode agregasi ini disebut dengan nama max-min atau max-min atau Mamdani.
6. Defuzzifikasi: input dari proses ini adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan outputnya adalah bilangan pada domain himpunan *fuzzy*

tersebut. Salah satu metode untuk defuzzifikasi yaitu metode centroid atau (composite moment). Metode ini mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Dirumuskan sebagai berikut : Untuk semesta kontinu :

$$z^* = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz} \tag{3.2}$$

Untuk semesta diskrit

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \tag{3.3}$$



Gambar 4. Inferensi dengan Menggunakan Metode Mamdani

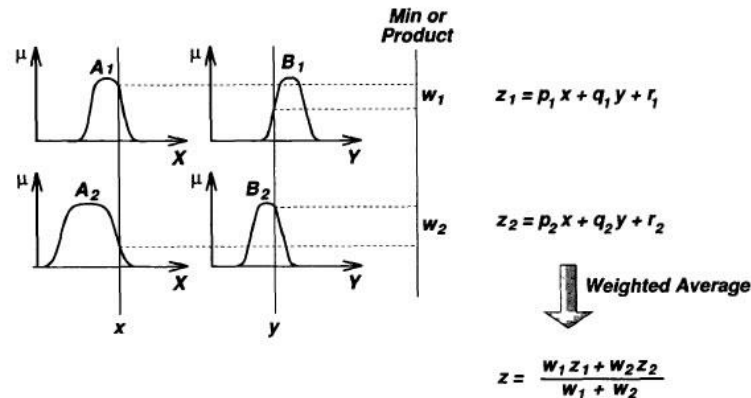
2.3. Metode Sugeno

Metode ini diperkenalkan pada tahun 1985 oleh Takagi-Sugeno Kang [7]. Penalaran metode Sugeno hampir sama dengan metode Mamdani, yang membedakan adalah output yang berupa konstanta atau persamaan linier dan bukan himpunan *fuzzy*. Metoda ini terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Model *Fuzzy* Sugeno Orde – Nol
 Secara umum bentuk model *fuzzy* Orde nol adalah
 IF (x1 is A1) o... o (xN is AN) THEN z = k
2. Model *Fuzzy* Sugeno Orde – Satu
 Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde nol adalah
 IF (x1 is A1) o... o (xN is AN) THEN z = p1*x1 + ... + pN*xN + q
 dengan Ai adalah himpunan *fuzzy* ke-i sebagai anteseden, dan pi adalah suatu konstanta (tegas) ke-i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.
 o merupakan operator AND atau OR

Tahapan proses pada metode Sugeno sama dengan metode Mamdani untuk tahap penentuan variabel masukan hingga tahap operasi logika *fuzzy*. Pada tahap selanjutnya yaitu implikasi hingga proses defuzzifikasi terdapat perbedaan yaitu :

1. Implikasi: menerapkan metode implikasi untuk menentukan bentuk akhir *fuzzy* set keluaran. Keluaran dari aturan *fuzzy* ditentukan dengan mengisikan keanggotaan keluaran yang bersifat linier atau konstan .
2. Agregasi: yaitu proses mengkombinasikan keluaran dimana keluaran bukan dalam bentuk fungsi keanggotaan, tetapi sebuah bilangan yang berubah secara linier terhadap variabel-variabel input, yaitu mengikuti suatu persamaan linier $z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$ jika berorde satu atau $z =$ konstanta jika berorde nol.
3. Defuzzifikasi: dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya [2], sama dengan persamaan 3.1.



Gambar 5. Inferensi dengan Menggunakan Metode Sugeno

2.4. Kriteria Evaluasi

Terdapat beberapa kriteria statistik yaitu mean square error (MSE) [8], *mean absolute percentage error* (MAPE) [9] yang digunakan untuk mengukur kualitas prediksi. MSE umumnya digunakan untuk evaluasi prediksi sebagai indikasi kemampuan model untuk memprediksi nilai terhadap rata-ratanya. MAPE mengukur rata-rata eror relatif antara nilai estimasi dan nilai aktual hasil observasi. Rumus untuk MSE dan MAPE yaitu :

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{y}(i) - y(i))^2 \tag{4.1}$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\hat{y}(i) - y(i)}{y(i)} \right| \times 100 \% \tag{4.2}$$

Dimana $y(i)$ merupakan nilai aktual , $\hat{y}(i)$ merupakan nilai hasil estimasi, dan N adalah jumlah data. Selain itu dalam simulasi, tahap akhir adalah melakukan tahap validasi untuk mengetahui apakah model yang dibuat berasal dari sistem aktual. Salah satunya menggunakan uji hipotesis rata-rata . Pengujian ini menggunakan uji t-test jika jumlah data kurang dari 30. Pengujian dapat dilakukan secara dua sisi atau satu sisi. Nilai t-test akan dibandingkan dengan nilai t – tabel, dan hipotesis diterima jika masuk dalam wilayah kritis [10]. Rumus dari t-test yaitu :

$$t_{hit} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \tag{4.3}$$

2.5. Perbandingan antara Metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno

Metode Mamdani dan Sugeno merupakan dua metode yang paling banyak digunakan. Metode Mamdani mudah diaplikasikan tanpa terlalu banyak informasi awal dari sistem. Metode ini juga sederhana dan mudah untuk sistem yang bersifat sangat non linier . Kelemahan metode Mamdani yaitu

tidak dapat membedakan informasi spesifik dari ruang input dan membutuhkan aturan antiseden yang menjangkau semua ruang input. Sedangkan metode Sugeno membutuhkan estimasi dari parameter yang terdapat pada data. Keunggulannya metode ini yaitu sangat mudah digunakan untuk berbagai teknik analisis stabilitas. Metode Tsukamoto tidak terlalu menarik karena proses defuzzifikasi yang sangat mudah menggunakan fungsi monoton [11]. Walaupun metode ini tidak membutuhkan waktu yang lama untuk proses defuzzifikasi, tetapi tidak sejelas kedua metode lainnya. Metode ini tidak mengikuti aturan secara ketat komposisi aturan dimana output selalu crisp walaupun input adalah *fuzzy* [12].

Selain itu metode Mamdani secara luas diterima untuk menaangkap pengetahuan pakar, dapat menggambarkan kepakaran dengan lebih intuitif seperti perilaku manusia. Tetapi metode ini memerlukan beban komputasi yang cukup besar. Metode Sugeno melakukan komputasi yang efisien dan bekerja dengan baik untuk optimasi dan teknik adaptif, yang membuatnya sangat menarik pada masalah kontrol, terutama untuk sistem non linear dinamis. Teknik-teknik adaptif dapat digunakan untuk menyesuaikan fungsi keanggotaan sehingga sistem *fuzzy* terbaik memodelkan data [13].

Beberapa penelitian dilakukan untuk membandingkan metode-metode tersebut. Dari [14] membandingkan ketiga metode untuk menentukan diagnosis penyakit paru dan dihasilkan bahwa metode Sugeno terbaik selanjutnya yaitu metode Tsukamoto dan Mamdani. Tetapi hasil yang berbeda didapatkan pada penelitian Saepullah & Romi [15] yang membandingkan penghematan air conditioner. Diperoleh bahwa metode Tsukamoto memberikan nilai efisiensi yang paling baik, selanjutnya metode Mamdani dan Sugeno.

3. Result and Analysis

Terdapat beberapa penelitian mengenai pengambilan keputusan pendistribusian raskin menggunakan logika *fuzzy* ataupun pengambilan keputusan multi kriteria seperti AHP, SAW, ANP dan lain-lain. Seperti penelitian yang dilakukan Latumakulita [16] yang menggunakan logika *fuzzy* untuk variabel data penghasilan keluarga dan jumlah tanggungan keluarga .Sahvitri [17] menggunakan kriteria- kriteria yang menjadi dasar dalam penentuan penerimaan beras miskin yang sesuai dengan standar yang diberikan oleh BPS. Selain dengan menggunakan logika *fuzzy*, penentuan keputusan pembagian raskin juga menggunakan metode pengambilan keputusan dengan multikriteria misalkan SAW [18], AHP [19]. Penerapan metode algoritma K-Means dan F-AHP juga dilakukan untuk menentukan penerimaan raskin [20]. Penggunaan logika *fuzzy* dengan metode Mamdani dilakukan oleh Sumiyati [21] untuk menentukan jumlah distribusi raskin berdasarkan variabel jumlah penduduk miskin dan stok Bulog

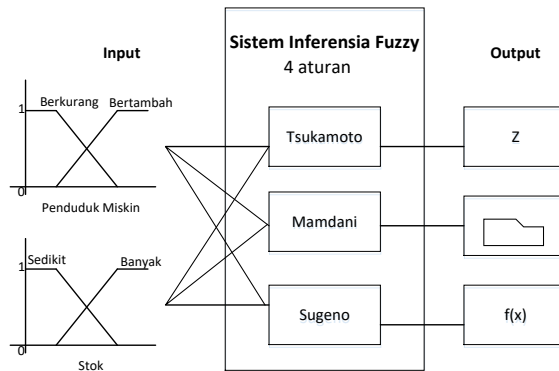
3.1. Model Penelitian

Pada penelitian perbandingan ketiga metode *fuzzy* ini menggunakan data pada penelitian [21] mengenai distribusi raskin di Bulog Cianjur. Berikut ini adalah data mengenai jumlah penduduk miskin , stok beras Bulog dan distribusi beras raskin.

Tabel 1. Data Jumlah Penduduk Miskin, Rata-rata Stok dan Distribusi Raskin di Daerah Cianjur

Tahun	Penduduk Miskin (Orang)	Rata-Rata Stok (Ton)	Distribusi (Ton)
2002	368.600	2,083	56.545
2003	388.800	2,722	54.660
2004	357.900	3,361	52.775
2005	369.400	4,000	50.890
2006	415.700	4,639	49.005
2007	394.600	5,278	47.120
2008	334.300	5,917	45.235

2009	311.100	6,556	43.350
2010	310.970	7,195	41.465
2011	306.649	7,890	38.026
2012	291.488	7,718	40.762
2013	378.671	10,458	34.344
2014	369.099	9,107	33.881



Gambar 6. Fuzzy Inferensia Sistem dalam Penelitian

3.2. Penentuan Distribusi Raskin dengan Metode Tsukamoto

Berikut ini adalah langkah-langkah metode Tsukamoto :

1. Penentuan himpunan fuzzy sebagai berikut :

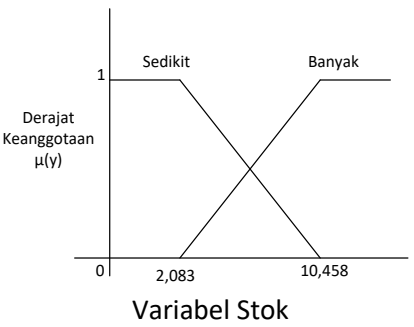
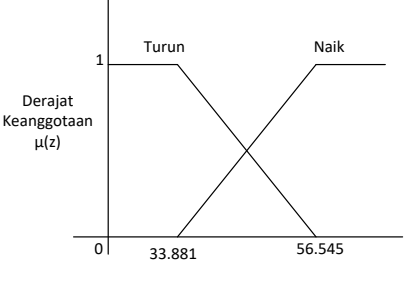
Tabel 2 . Himpunan Fuzzy

Fungsi	Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Penduduk	Berkurang	[291.488 - 415.700]	[291.488 - 415.700]
		Bertambah	[291.488 - 415.700]	[291.488 - 415.700]
	Stok	Banyak	[2,083 - 10,458]	[2,083 - 10,458]
		Sedikit	[2,083 - 10,458]	[2,083 - 10,458]
Output	Distribusi	Turun	[33.881 - 56.545]	[33.881 - 56.545]
		Naik	[33.881 - 56.545]	[33.881 - 56.545]

Fungsi keanggotaan untuk setiap variabel berbentuk kurva bahu yang digambarkan pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Representasi Kurva dan Fungsi Keanggotaan Setiap Variabel

Representasi Kurva	Fungsi Keanggotaan
<p>Variabel Penduduk Miskin</p>	$\mu_{pmBERKURANG} [x] = \begin{cases} 1 & x \leq 291.488 \\ \frac{415.700 - x}{415.700 - 291.488} & 291.488 \leq x \leq 415.700 \\ 0 & x \geq 415.700 \end{cases}$ $\mu_{pmBERTAMBAH} [x] = \begin{cases} 0 & x \leq 291.488 \\ \frac{x - 291.488}{415.700 - 291.488} & 291.488 \leq x \leq 415.700 \\ 1 & x \geq 415.700 \end{cases}$

 <p style="text-align: center;">Variabel Stok</p>	$\mu_{\text{SEDIKIT}} [y] = \begin{cases} 1 & y \leq 2,083 \\ \frac{10,458 - y}{10,458 - 2,083} & 2,083 \leq y \leq 10,458 \\ 0 & y \geq 10,458 \end{cases}$ $\mu_{\text{BANYAK}} [y] = \begin{cases} 0 & y \leq 2,083 \\ \frac{y - 2,083}{10,458 - 2,083} & 2,083 \leq y \leq 10,458 \\ 1 & y \geq 10,458 \end{cases}$
 <p style="text-align: center;">Variabel Distribusi</p>	$\mu_{\text{TURUN}} [z] = \begin{cases} 1 & z \leq 33,881 \\ \frac{56,545 - z}{56,545 - 33,881} & 33,881 \leq z \leq 56,545 \\ 0 & z \geq 56,545 \end{cases}$ $\mu_{\text{NAIK}} [z] = \begin{cases} 0 & z \leq 33,881 \\ \frac{z - 33,881}{56,545 - 33,881} & 33,881 \leq z \leq 56,545 \\ 1 & z \geq 56,545 \end{cases}$

2. Fuzzifikasi yaitu menentukan derajat keanggotaan variabel penduduk miskin dan jumlah stok.

Data yang digunakan merupakan data yang terdapat pada tabel 1. Misalkan data yang digunakan adalah data pada tahun 2003 dimana jumlah penduduk miskin = 388.800 dan jumlah stok = 2,722. Maka derajat keanggotaan peduduk miskin pada himpunan berkurang dan bertambah :

$$\mu_{\text{pBERKURANG}} [388.800] = \frac{415.700 - 388.800}{415.700 - 291.488} = 0,217$$

$$\mu_{\text{pBERTAMBAH}} [388.800] = \frac{388.800 - 291.488}{415.700 - 291.488} = 0,783$$

Derajat keanggotaan stok pada himpunan sedikit dan banyak :

$$\mu_{\text{rsSEDIKIT}} [2,722] = \frac{10,458 - 2,722}{10,458 - 2,083} = 0,924$$

$$\mu_{\text{rsBANYAK}} [2,722] = \frac{2,722 - 2,083}{10,458 - 2,083} = 0,07$$

3. Pembentukan aturan dengan menggunakan logika IF THEN. Aturan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari empat aturan yaitu :

- [R1] jika penduduk miskin BERKURANG dan rata-rata stok BANYAK maka distribusi TURUN.
- [R2] jika penduduk miskin BERKURANG dan rata-rata stok SEDIKIT maka distribusi TURUN.
- [R3] jika penduduk miskin BERTAMBAH dan rata-rata stok BANYAK maka distribusi NAIK.
- [R4] jika penduduk miskin BERTAMBAH dan rata-rata stok SEDIKIT maka distribusi TURUN.

4. Implikasi aturan dengan fungsi MIN dan menentukan nilai output masing-masing aturan.

α -predikat1 untuk [R1] dan nilai z1 yaitu :

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat1} &= \mu_{\text{pmBERKURANG}} \cap \mu_{\text{rsBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmBERKURANG}}(388.800), \mu_{\text{rsBANYAK}}(2,772)) \\ &= \min(0,217 ; 0,076) = 0,076 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z1 = 56.545 - (0,076)(56.545-33.881) = 54.815,8$$

α -predikat2 untuk [R2] dan nilai z2 yaitu :

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat2} &= \mu_{\text{pmBERKURANG}} \cap \mu_{\text{rsBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmBERKURANG}}(388.800), \mu_{\text{rsSEDIKIT}}(2,772)) \\ &= \min(0,217 ; 0,924) = 0,217 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z2 = 56.545 - (0,217)(56.545-33.881) = 51.636,6$$

α -predikat3 untuk [R3] dan nilai z3 yaitu :

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat3} &= \mu_{\text{pmBERKURANG}} \cap \mu_{\text{rsBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmBERTAMBAH}}(388.800), \mu_{\text{rsBANYAK}}(2,772)) \\ &= \min(0,783 ; 0,076) = 0,076 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z3 = (56.545-33.881)(0,076) - 33.881 = 35.610,2$$

α -predikat4 untuk [R4] dan nilai z4 yaitu :

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat4} &= \mu_{\text{pmBERKURANG}} \cap \mu_{\text{rsBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmBERTAMBAH}}(388.800), \mu_{\text{rsSEDIKIT}}(2,772)) \\ &= \min(0,783 ; 0,924) = 0,783 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z4 = 56.545 - (0,783)(56.545-33.881) = 38.789,2$$

5. Defuzzyfikasi Menggunakan metode rata-rata

$$\begin{aligned} z &= \frac{\sum(\alpha_i x z_i)}{\sum \alpha_i} \\ &= \frac{(0,076)(54.815,8) + (0,217)(51.536,6) + (0,076)(35.610,2) + (0,783)(38.789,2)}{0,076 + 0,217 + 0,076 + 0,783} \\ &= 44447,63 \end{aligned}$$

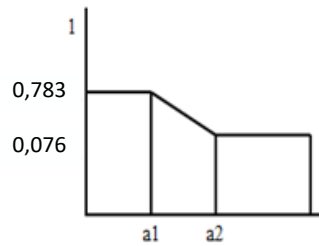
Maka distribusi raskin hasil perhitungan metode Tsukamoto untuk data pada tahun 2003 sebanyak 44447,63 ton

3.3. Penentuan Distribusi Raskin dengan Metode Mamdani

Penentuan jumlah distribusi raskin dengan metode Mamdani memiliki persamaan tahapan hingga implikasi aturan dengan MIN. Terdapat perbedaan pada tahapan selanjutnya pada model Mamdani yaitu proses agregasi dan defuzifikasi. Maka penjelasan pada bagian ini dimulai dengan proses agregasi dan defuzifikasi.

1. Agregasi

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Seperti gambar berikut :



Gambar 7. Daerah Hasil Komposisi dengan Fungsi Max

Daerah pada gambar tersebut dibagi menjadi 3 bagian, selanjutnya yaitu mencari nilai batas a1 dan a2.

$$(56.545 - a1)/(56.545 - 33.881) = 0,783$$

$$a1 = 38789,23$$

$$(56.545 - a2)/(56.545 - 33.881) = 0,076$$

$$a2 = 54815,77$$

Dengan kemudian fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah :

$$\mu[z] = \begin{cases} 0,783 & z \leq 38789,23 \\ \frac{56.545 - z}{56.545 - 33.881} & 38789,23 \leq z \leq 54815,77 \\ 0,076 & z \geq 54815,77 \end{cases}$$

2. Defuzzifikasi

Metode penegasan yang digunakan yaitu metode centroid. Menghitung momen untuk setiap daerah :

$$M1 = \int_0^{38789,23} (0,783)z \, dz = 589.379.820$$

$$M2 = \int_{38789,23}^{54815,77} \frac{(56.545-z)}{(56.545-33.881)} z \, dz = 307.299.577$$

$$M3 = \int_{54815,77}^{56545,23} (0,076)z \, dz = 7.346.338$$

Kemudian dihitung semua luas daerah :

$$A1 = 38789,23 \times 0,783 = 30388,83$$

$$A2 = (0,783 + 0,076) \times (54815,77 - 38789,23)/2 = 6889,27$$

$$A3 = (56545,23 - 54815,77) \times 0,076 = 139,57$$

Titik pusat dapat diperoleh dari :

$$z = \frac{589.379.820 + 307.299.577 + 7.346.338}{30388,83 + 6889,27 + 139,57} = 24160,39$$

Maka distribusi raskin hasil perhitungan metode Tsukamoto untuk data pada tahun 2003 sebanyak 24160,39 ton

3.4. Penentuan Distribusi Raskin dengan Metode Sugeno

Tahapan pada metode Sugeno hampir sama dengan tahapan pada metode Mamdani, tetapi output (konsekuen) bukan berupa himpunan fuzzy melainkan suatu konstanta atau persamaan linier. Sehingga

pada pembahasannya dimulai pada tahap pembentukan aturan baru dengan orde -satu karena berupa persamaan linier :

[R1] jika penduduk miskin BERKURANG dan rata-rata stok BANYAK maka distribusi = 60000-2800(stok)

[R2] jika penduduk miskin BERKURANG dan rata-rata stok SEDIKIT maka distribusi = 60000-2800(stok)

[R3] jika penduduk miskin BERTAMBAH dan rata-rata stok BANYAK maka distribusi = 0,14 x penduduk miskin

[R4] jika penduduk miskin BERTAMBAH dan rata-rata stok SEDIKIT maka distribusi = 60000-2800(stok)

Nilai z_i untuk setiap aturan yaitu :

Nilai $z_1 = 60000 - 2800 (2,722) = 52.378$

Nilai $z_2 = 60000 - 2800 (2,722) = 52.378$

Nilai $z_3 = 0,14 \times 388.800 = 54.432$

Nilai $z_4 = 60000 - 2800 (2,722) = 52.378$

Pada proses defuzifikasi dihitung nilai z yaitu :

$$z = \frac{\sum(\alpha_i \times z_i)}{\sum \alpha_i}$$

$$= \frac{(0,076)(52.378) + (0,217)(52.378) + (0,076)(54.432) + (0,783)(52.378)}{0,076 + 0,217 + 0,076 + 0,783}$$

$$= 52514,34$$

Maka distribusi raskin hasil perhitungan metode Sugeno untuk data pada tahun 2003 sebanyak 52514,34 ton

Dari data yang diolah dengan aplikasi yang dibuat untuk tahun 2002 hingga 2014, maka diperoleh output berupa distribusi dari ketiga metode yang ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Perbandingan Output Distribusi Raskin dengan Tiga Metode

Tahun	Penduduk Miskin	Rata-Rata Stok	Distribusi	Tsukamoto	Mamdani	Sugeno
2002	368.600	2,08	56545	44551,44	24921,60	54167,60
2003	388.800	2,72	54660	44447,63	24160,39	52514,34
2004	357.900	3,36	52775	53402,90	25640,61	50532,71
2005	369.400	4,00	50890	56839,34	25432,64	49257,86
2006	415.700	4,64	49005	40797,92	25424,44	50425,07
2007	394.600	5,28	47120	53759,65	26369,64	48075,49
2008	334.300	5,92	45235	68055,14	26636,65	44119,89
2009	311.100	6,56	43350	57430,73	25663,24	41872,49
2010	310.970	7,20	41465	56858,90	25238,84	40293,58
2011	306.649	7,89	38026	53267,23	24700,89	38400,78
2012	291.488	7,72	40762	43858,95	24658,27	38389,60
2013	378.671	10,46	34344	49788,61	36409,70	46367,15
2014	369.099	9,11	33881	57020,02	33526,38	42613,38

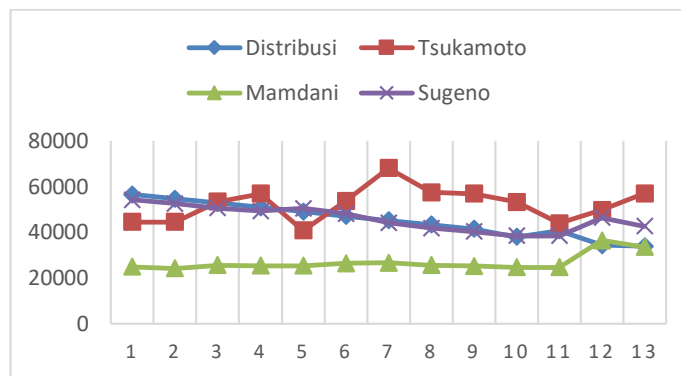
3.5. Uji Standar Error

Pada tahap akhir yaitu dilakukan evaluasi untuk memilih metode yang terbaik. Evaluasi menggunakan dua kriteria statistic yaitu mean square error (MSE) dan mean absolute percantage error (MAPE). Selain itu dilakukan uji validasi dengan uji hipotesis t-test untuk mengetahui apakah model yang dibentuk sama dengan data secara aktual. Berikut ini adalah rangkuman nilai MSE dan MAPE untuk tiga metode

Tabel 5. Perbandingan Nilai Error Pada Ketiga Metode

	Tsukamoto	Mamdani	Sugeno
MSE	182092488	435732912,8	21021264,83
MAPE	28,05%	39,08%	7,45%

Dari perbandingan standar error yang digunakan , nilai error pada metode Tsukamoto yang terkecil baik dengan MSE sedangkan untuk metode Sugeno menghasilkan nilai MAPE yang terkecil. Sehingga berdasarkan standar error masih ada perbedaan antara metode yang terpilih. Untuk ini dilakukan pengujian hipotesis secara statistik.



Gambar 8. Perbandingan Pola Data Ketiga Metode dengan Data Aktual

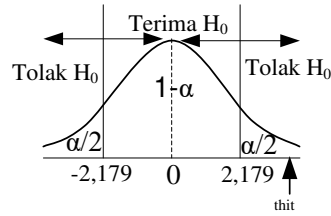
3.6. Uji Hipotesis Perbandingan Rata-rata

Dari gambar perbandingan pola data di atas, terlihat perbedaan antara data dari data aktual dengan data hasil model *fuzzy*. Untuk itu dilakukan langkah selanjutnya untuk mengetahui secara statistik apakah data tersebut berbeda atau tidak. Uji hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah output berupa distribusi beras raskin sama dengan data secara kenyataan. Uji ini menggunakan uji perbandingan rata-rata menggunakan t-test dua sisi. Tingkat kepercayaan yang digunakan pada uji ini sebesar 95% dengan $\alpha = 5\%$. Berikut ini adalah perhitungan uji hipotesis untuk membandingkan rata-rata data distribusi yang diperoleh dengan yang dihasilkan dari model dengan metode Tsukamoto

Langkah-langkah

1. Pengujian rata-rata
2. $H_0 : \mu = 45.235$
 $H_1 : \mu \neq 45.235$
3. $\alpha = 0,05$
4. Distribusi t

Wilayah kritis uji sisi kiri : $thit < -t_{0,05} = thit < -2,179$ dan $thit > t_{0,05} = t > 2,179$



5. $\mu = 45.235 \text{ kg} = 52.314 \quad n = 13 \quad s = 7494,7$

$$t_{hit} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} = \frac{52314 - 45235}{7494,7 / \sqrt{13}} = 3,4$$

6. Kesimpulan

Karena nilai $t_{hit} > 2,681$ maka hipotesis ditolak dan dapat disimpulkan bahwa rata-rata distribusi yang diperoleh dengan metode Tsukamoto tidak sama dengan data secara aktual.

Untuk metode Mamdani dan Sugeno dilakukan pengujian yang sama dan diperoleh nilai t statistik masing-masing sebesar -17,83 dan 1,89. Dari kedua metode tersebut hanya nilai t statistik dari metode Sugeno yang masuk daerah terima , maka metode ini yang dipilih untuk pengambilan keputusan penerimaan raskin yang dilakukan oleh Bulog Cianjur.

4. Conclusion

Dari penelitian mengenai perbandingan metode logika *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan keputusan jumlah distribusi raskin di Cianjur, metode Sugeno memiliki nilai MAPE yang terkecil dan pada pengujian hipotesis, metode Sugeno memiliki kesimpulan bahwa nilai rata-rata sama dengan data pada sistem aktual. Metode Sugeno adaptif untuk menyesuaikan fungsi keanggotaan sehingga sistem merupakan model *fuzzy* terbaik untuk memodelkan data.

References

[1] Zadeh, L.A,(1965), Fuzzy Set, Information and Control 8, pp 338 – 353
 [2] Kusumadewi, S. & Purnomo, H. (2013). Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Sistem Pendukung Keputusan ,Graha Ilmu : Yogyakarta
 [3] Zadeh, L.A,(2008), Is there a Need for Fuzzy Logic ?, Information Sciences 178 ,pp 2751–2779
 [4] Ross, T.J.(2004). Fuzzy Logic With Engineering Applications, Wiley : London
 [5] Castillo, O. and Melin, P. (2008). Type-2 Fuzzy Logic: Theory and Application ,Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
 [6] Yudihartanti, Y. (2011). Analisis Komparasi Metode Fuzzy Mamdani Dan Sugeno Dalam Penjadwalan Mata Kuliah, Progresif, Vol. 7, No. 2, Agustus 2011 : 731-780
 [7] Takagi, T. & Sugeno, M. (1985). Fuzzy Identification of systems and its applications to modeling and control, IEEE Transactions on Systems , Man, and Cybernetics, Vol SMC – 15, No , January/February
 [8] Karlaftis, M.G.,et al, (2005). Optimized and meta-optimized neural networks for shortterm traffic flow prediction: A genetic approach, Transportation Research Part C, vol. 13, pp. 211-34.
 [9] Zhang, A dan Liu, Y.(2011) ,Analysis of peak and non-peak traffic forecasts using combined models, Journal of Advanced Transportation, vol. 45, pp. 21-37.
 [10] Walpole, R.E., (1995). Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan, Bandung : ITB
 [11] Siddique, N. (2014) .Intelligent Control : A Hybrid Approach Based on Fuzzy Logic , Neural Network, and Genetic Algorithms, Springer , London
 [12] Castillo,O. and Melin,P. (2003). Soft Computing and Fractal Theory for Intelligent Manufacturing, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
 [13] Kaur, A., & Kaur, A. (2012), Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Air Conditioning System, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) , Volume-2, Issue-2, May pp 323 -325

- [14] Sari ,et al (2016) A Comparative Study on Fuzzy Mamdani-Sugeno-Tsukamoto for the Childhood Tuberculosis Diagnosis, AIP Conference Proceedings, View online: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4958498>
- [15] Saepullah, A. & Wahono, R.S. (2015). Comparative Analysis of Mamdani, Sugeno And Tsukamoto Method of Fuzzy Inference System for Air Conditioner Energy Saving, Journal of Intelligent Systems, Vol. 1, No. 2, December
- [16] Latumakulita, L.A. (2013). Sistem Pendukung Keputusan Distribusi Beras Miskin (Raskin) Menggunakan Logika Samar, Jurnal Teknik Informatika Sam Ratulangi, Vol 2 No 1 diunduh dari ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/1988/1581 tgl 12 Desember 2016
- [17] Sahvitri, V., dkk (2015) . Sistem Penunjang Keputusan Penentuan Penerimaan Beras Miskin, SNATIKA 2015 Prosiding Vol 3. Malang
- [18] Ekawati, A. (2013) Sistem Pendukung Keputusan Pembagian Raskin dengan Metode Simple Additive Weighting (SAW) diunduh http://eprints.dinus.ac.id/12112/1/jurnal_11988.pdf tgl 12 Des 2016
- [19] Ferawati, M & Karpen .(2015), Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Penerimaan Raskin Di Kelurahan Simpang Baru Panam, Jurnal SATIN – Sains dan Teknologi Informasi, Vol. 1, No. 1, Juni
- [20] Fitrah, K. (2013). Penentuan Penerimaan Raskin Menggunakan Metode Algoritma K-Means Dan F-AHP, Tugas Akhir, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru
- [21] Sumiyati (2015), Sistem Pendukung Keputusan Pendistribusian Beras Raskin Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Di Bulog Sub Divisi Regional (Divre) Cianjur, Tugas Akhir, Univeristas Suryakencana, Cianjur