

Menentukan Jumlah Pasokan Komoditas Pangan di Provinsi Riau Berdasarkan *Fuzzy Inference System* dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto*

¹Rahmawati, ²Wartono, ³Ari Pani Desvina, ⁴Ade Novia Rahma

^{1,2,3,4}Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

rahmawati@uin-suska.ac.id, wartono@uin-suska.ac.id, aripani@uin-suska.ac.id, ade.novia.rahma@uin-suska.ac.id

ABSTRAK

Pangan merupakan kebutuhan primer penduduk di Indonesia. Meningkatnya kebutuhan pangan seiring dengan meningkatnya jumlah pertumbuhan penduduk. Ketersediaan pangan merupakan aspek yang harus dipenuhi oleh Pemerintah Indonesia dalam upaya mensejahterakan masyarakat. Kondisi ketersediaan pangan di suatu negara atau daerah pada kenyataannya tidak selalu dapat terpenuhi dengan baik. Oleh karena itu, pemerintah perlu menstabilisasi tingkat ketersediaan pangan, salah satunya dengan upaya mengimpor atau memasok pangan dari luar negeri. Perencanaan pasokan pangan perlu dilakukan dengan matang agar tidak mematikan produksi pangan dalam negeri dan diharapkan dapat menstabilisasi ketahanan pangan. Penelitian ini akan membahas perencanaan jumlah pasokan komoditas pangan di Provinsi Riau yang dilakukan dengan memperhitungkan jumlah kebutuhan dan jumlah produksi pangan berdasarkan *fuzzy inference system* dengan menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto*. Hasil akhir dari penelitian ini yaitu diperoleh hasil keputusan prediksi pasokan komoditas pangan dengan nilai keakuratan mencapai 94,76595%.

Kata Kunci: komoditas pangan, logika *fuzzy*, metode *fuzzy Tsukamoto*, *means square error (MSE)*, *mean absolute percentage error (MAPE)*

ABSTRACT

Food is the primary need of Indonesians. The increase of food demand is in accordance with the increase in population. Food availability is an important aspect that should be properly met by the Indonesian government to ensure the people's welfare. In reality, food availability in a country or a region is not always properly met. Hence the government needs to stabilize the availability of food through import. Import policy needs to be carefully planned so as not to shut down domestic production and to stabilize food resilience. This research discusses the plan of the amount of food commodity needs in Riau Province which will be done by calculating the food demand and the amount of food production based fuzzy inference system using Tsukamoto's fuzzy method. The result of this research is the prediction of the food commodities import with 94.76595% accuracy.

Keywords: *food commodities, fuzzy logic, Tsukamoto's fuzzy method, means square error (MSE), mean absolute percentage error (MAPE)*

Corresponding Author:

Rahmawati

Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau,

Email: rahmawati@uin-suska.ac.id

Pendahuluan

Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia yang paling utama dan pemenuhannya merupakan bagian dari hak asasi manusia yang dijamin dalam UUD 1945 RI sebagai komponen dasar untuk mewujudkan sumber daya manusia yang berkualitas. Beberapa komoditas pangan di Indonesia diantaranya : beras, jagung, biji gandum, kedelai, sagu, gula pasir, kacang tanah, kacang hijau, daging sapi, kentang, telur, dan lain sebagainya. Beberapa diantaranya sudah menjadi komoditas pangan pokok di Indonesia.

Terwujudnya kesediaan pangan merupakan salah satu cerminan kemandirian ekonomi nasional. Aspek-aspek ketahanan pangan terdiri atas ketersediaan, akses, penyerapan

pangan dan stabilitas pangan. Ketersediaan akses dan penyerapan pangan merupakan aspek yang harus dipenuhi secara utuh. Apabila salah satu aspek tersebut tidak terpenuhi, maka suatu negara dapat dikatakan belum memiliki ketahanan pangan yang cukup baik, walaupun pangan tersedia cukup di tingkat nasional dan regional, tetapi jika akses individu untuk memenuhi pangannya tidak merata, maka ketahanan pangan dapat dikatakan rapuh.

Ketahanan pangan sangatlah penting sebagai wahana penguatan stabilitas ekonomi dan politik. Jaminan ketersediaan pangan dengan harga yang terjangkau dan menjanjikan akan mendorong peningkatan produksi demi meminimalisasi pemasokan atau mengimpor dari negara lain. Menurut Siska Amelia [8], terdapat 5 negara pemasok pangan terbesar ke

Indonesia diantaranya Australia, USA, Brazil, Thailand, dan India.

Pemenuhan pangan yang cukup, baik dalam jumlah maupun mutunya, aman, merata dan terjangkau oleh seluruh rumah tangga merupakan sasaran utama dalam pembangunan ekonomi. Meningkatnya permintaan pangan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Hal ini mendorong percepatan produksi pangan dalam rangka terwujudnya stabilisasi harga dan ketersediaan pangan, sehingga ketahanan pangan sangat terkait dengan kemampuan pemerintah untuk menjaga stabilisasi penyediaan pangan serta daya sektor pertanian. Disisi lain, kepadatan penduduk yang diperkuat dengan penyusutan areal pertanian, khususnya penurunan luas lahan pertanian produktif akibat konversi lahan untuk kepentingan sektor non-pertanian, serta kecilnya margin usaha tani yang berkonsekuensi pada rendahnya motivasi petani untuk meningkatkan produksi, adanya kendala dalam distribusi pangan sebagai akibat keterbatasan jangkauan jaringan sistem transportasi, ketidaktersediaan produk pangan sebagai akibat lemahnya teknologi pengawetan pangan, diperkuat lagi dengan kakunya (*rigid*) pola konsumsi pangan dapat menghambat upaya pencapaian kemandirian atau ketahanan pangan. Kondisi yang demikian tersebut makin memperpanjang fenomena kemiskinan dan ketahanan pangan yang dihadapi. Jadi guna menstabilisasi tingkat ketersediaan pangan, maka negara perlu mengimpor atau memasok berbagai komoditi pangan dari negara lain yang memiliki tingkat produksi komoditi pangan yang tinggi. Menurut Fiki Ariyanti [2], terdapat 29 komoditas pangan yang masih diimport RI, diantaranya : beras, jagung, kedelai, biji gandum dan mesin, tepung terigu, gula pasir, gula tebu, daging sejenis lembu, bawang merah dan lain sebagainya.

Setiap wilayah di Indonesia memiliki tingkat krisis pangan masing-masing sehingga pemerintah juga perlu merencanakan pasokan komoditas pangan berdasarkan data kebutuhan dan data produksi komoditas pangan. Data pasokan yang diperoleh dengan mempertimbangkan data kebutuhan dan data produksi pada dasarnya bersifat relatif, sehingga dalam penentuan jumlahnya sangat cocok menggunakan sistem pendukung keputusan *fuzzy* (*fuzzy inference system*). Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan dibahas mengenai penentuan jumlah pasokan komoditas pangan di Provinsi Riau berdasarkan data kebutuhan dan produksi menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto.

Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literature dengan mengumpulkan berbagai informasi terhadap materi-materi yang berkaitan dengan penelitian yang diperoleh dari beberapa buku, jurnal dan artikel. Adapun langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan data dan analisis data

Data yang akan diolah merupakan data produksi, data kebutuhan, dan data komoditas pangan di Provinsi Riau dari tahun 2010 s/d 2015 yang diperoleh dari Dinas Ketahanan Pangan Provinsi Riau. Adapun komoditas pangan yang diuji dalam penelitian ini yaitu :

beras, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi jalar, ubi kayu, sagu, buah-buahan, sayuran, daging, telur dan ikan.

2. Pembentukan variabel/Fuzzyfikasi
3. Menentukan Inferensi Tsukamoto
4. Defuzzifikasi (Penegasan)

Logika Fuzzy dan Himpunan fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lofti Astor Zadeh pada tahun 1965. Logika *fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Logika *fuzzy* digunakan untuk menjelaskan keambiguan, dimana logika *fuzzy* adalah cabang teori dari himpunan yang menjelaskan keambiguan. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan 0 dan 1 serta dapat pula berupa konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “sedang”, “banyak”, “tinggi”, “rendah”, dan lain sebagainya. Hal ini dijelaskan dalam [5].

Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu grafik yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam derajat keanggotaan yang nilainya berada dalam interval 0 dan 1. Derajat keanggotaan adalah sebuah variabel t yang dilambangkan dengan $\mu(t)$ yang diperoleh dengan melakukan pendekatan fungsi.

Metode Fuzzy Tsukamoto

Berdasarkan [7] terdapat beberapa metode dalam *fuzzy inference system*. Salah satunya metode *fuzzy* Tsukamoto. Metode ini merupakan metode dimana konsekuen pada aturan berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan tiap-tiap aturan *fuzzy* diberikan berdasarkan α - predikat. (anteseden).

Deskripsi metode ini yaitu dimisalkan terdapat 2 variabel input yaitu x dan y dan 1 variabel output z . Variabel x terbagi atas dua himpunan yaitu A_1 dan A_2 , variabel y terdiri dari himpunan B_1 dan B_2 , serta variabel z juga terdiri atas dua himpunan yaitu Z_1 dan Z_2 . Berikut diberikan dua contoh aturan *fuzzy* dalam metode ini yaitu:

[R1] IF x adalah A_1 AND y adalah B_1 THEN z adalah Z_1 .

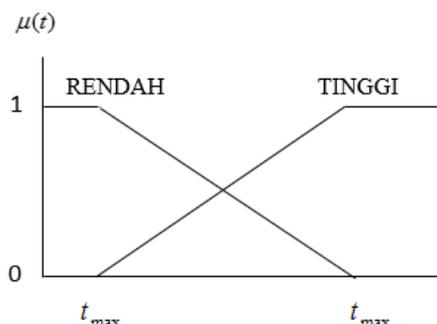
[R2] IF x adalah A_2 AND y adalah B_2 THEN z adalah Z_2 .

Adapun urutan kerja dari penerapan metode Tsukamoto menurut Abd Fauzan [1] yaitu : fuzzyfikasi, inferensi, dan defuzzyfikasi.

Representasi linear

Dalam penelitian ini didefinisikan 3 variabel komoditas pangan yaitu: variabel produksi, variabel kebutuhan dan variabel pasokan. Dalam hal ini produksi,

kebutuhan dan pasokan terdiri dari dua himpunan yaitu RENDAH dan TINGGI. Dalam memodelkan variabel akan ditentukan nilai keanggotaan dari setiap himpunan fuzzy masing-masing variabel. Secara umum, dalam pemodelan ini variabel produksi, kebutuhan dan pasokan dimodelkan melalui representasi linear seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Representasi linear variabel kebutuhan, produksi dan pasokan pangan.

Representasi linear pada Gambar 1 memiliki fungsi keanggotaan :

$$\mu_{RENDAH}(t) = \begin{cases} 1, & t \leq t_{\min} \\ \frac{(t_{\max} - t)}{(t_{\max} - t_{\min})}, & t_{\min} \leq t \leq t_{\max} \\ 0, & t \geq t_{\max} \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{TINGGI}(t) = \begin{cases} 0, & t \leq t_{\min} \\ \frac{(t - t_{\min})}{(t_{\max} - t_{\min})}, & t_{\min} \leq t \leq t_{\max} \\ 1, & t \geq t_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

Menentukan Inferensi

Inferensi adalah menentukan nilai keanggotaan anteseden (α) dan nilai perkiraan pangan yang akan dipasok (dalam ton) dari setiap aturan dengan menggunakan nilai keanggotaan dari setiap himpunan fuzzy.

Pada tahap inferensi Tsukamoto, diterapkan fungsi *min* untuk setiap aturan pada aplikasi fungsi implikasinya, yang dalam penelitian ini diambil aturannya yaitu:

- [R1] IF Kebutuhan RENDAH And Produksi TINGGI THEN Pasokan RENDAH;
- [R2] IF Kebutuhan RENDAH And Produksi RENDAH THEN Pasokan RENDAH;
- [R3] IF Kebutuhan TINGGI And Produksi RENDAH THEN Pasokan TINGGI;
- [R4] IF Kebutuhan TINGGI And Produksi TINGGI THEN Pasokan TINGGI;

Defuzzyfikasi (Penegasan)

Langkah defuzzyfikasi adalah langkah terakhir guna menentukan nilai *output* berupa jumlah pangan yang akan dipasok z dengan cara mengubah himpunan

fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy. Adapun metode defuzzyfikasi yang digunakan dalam metode Tsukamoto adalah metode defuzzyfikasi rata-rata berbobot yang terdapat pada [7] dengan rumus :

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (3)$$

Ukuran Akurasi Peramalan

Menurut [9] model yang memiliki nilai kesalahan hasil peramalan terkecil yang akan dianggap sebagai model yang cocok, yaitu :

a. Mean Squared Error (MSE)

MSE merupakan kriteria prediksi dengan mengkuadratkan setiap *error* dan dibagi sebanyak jumlah data dengan perhitungan [6] :

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - F_i)^2}{n} \quad (4)$$

dengan X_i adalah hasil pasokan sebenarnya pada tahun/bulan sebelumnya dan F_i nilai peramalan jumlah pasokan pangan.

b. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE merupakan rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahan antara data aktual dengan data prediksi. Untuk menghitung nilai MAPE maka akan dihitung jumlah nilai *absolut error* untuk semua data kemudian bagi nilai *absolut error* tersebut dengan data data sebenarnya [6].

$$PE_t = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \times 100 \quad (5)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |PE_t|}{n} \quad (6)$$

Dalam penelitian ini E_t menyatakan *error* pada saat t , X_t menyatakan nilai pasokan sebenarnya pada saat t , dan F_t menyatakan nilai fuzzy Tsukamoto pada saat t . Semakin kecil nilai MAPE yang didapat maka hasil ramalan tersebut semakin baik. Kriteria/kategori nilai MAPE menurut (Chang, Wang & Liu, 2007) dalam [3]:

1. < 10 % (kemampuan peramalan sangat baik)
2. 10%-20% (kemampuan peramalan baik)
3. 20%-50% (kemampuan peramalan cukup)
4. > 50% (kemampuan peramalan buruk).

Namun menurut Makridakis dalam [4], model yang tepat adalah model yang memiliki nilai *MAPE* sekitar 0%-30%. Jadi, dapat disimpulkan nilai *MAPE* 0% minimal cukup dan maksimal 30% untuk dijadikan sebagai input dari metode *Fuzzy*.

Hasil dan Pembahasan

Metode *Fuzzy* Tsukamoto dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan jumlah pasokan komoditas pangan di Provinsi Riau untuk setiap tahunnya dari tahun 2010-2015. Dalam hal ini, komoditas pangan dimisalkan sebagai objek, dan jumlah data produksi, data kebutuhan, dan data pasokan setiap tahunnya dimisalkan sebagai perlakuan (sampel).

Metode uji yang digunakan untuk menentukan jumlah pasokan komoditas pangan di provinsi Riau berdasarkan data kebutuhan pangan dan produksi pangan dari tahun 2010-2015 dalam penelitian ini adalah metode *Fuzzy* Tsukamoto. Adapun data yang akan diuji dapat dilihat pada Tabel 3 dalam lampiran A.

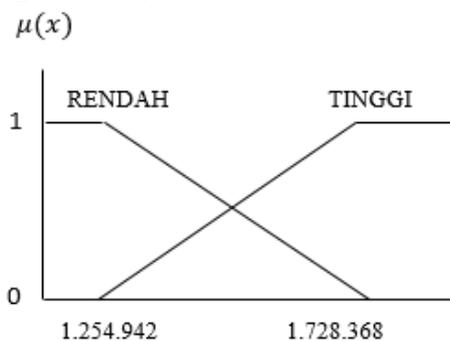
Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses untuk merubah nilai *crisp* menjadi nilai *fuzzy*. Nilai *fuzzy* berupa himpunan *fuzzy* yang masing-masing akan memiliki derajat keanggotaan dengan rentang antara 0 hingga 1. Sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya, variabel yang digunakan ada tiga macam, dua variabel sebagai *input* (variabel produksi dan variabel kebutuhan pangan), dan satu variabel sebagai *output*, yaitu pasokan komoditas pangan. Masing-masing variabel memiliki himpunan *fuzzy* yaitu:

- Variabel Kebutuhan = {RENDAH, TINGGI} dengan domain {1.254.942-1.728.368}
- Variabel Produksi = {RENDAH, TINGGI} dengan domain {1.088.952-1.372.617}
- Variabel Pasokan = {RENDAH, TINGGI} dengan domain {1.129.256-1.346.582}.

Fuzzifikasi Variabel Kebutuhan

Variabel kebutuhan x dengan derajat keanggotaan $\mu(x)$ dari himpunan RENDAH dan TINGGI berdasarkan masukan nilai kebutuhan setiap tahun nya. Hal ini digambarkan pada representasi linear Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Fungsi keanggotaan variabel kebutuhan.

Berdasarkan persamaan (1) dan (2), diperoleh fungsi keanggotaan untuk kebutuhan $\mu(x)$ sebagai berikut :

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 1.254.942 \\ \frac{1.728.368 - x}{1.728.368 - 1.254.942}, & 1.254.942 \leq x \leq 1.728.368 \\ 0, & x \geq 1.728.368 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 1.254.942 \\ \frac{x - 1.254.942}{1.728.368 - 1.254.942}, & 1.254.942 \leq x \leq 1.728.368 \\ 1, & x \geq 1.728.368 \end{cases}$$

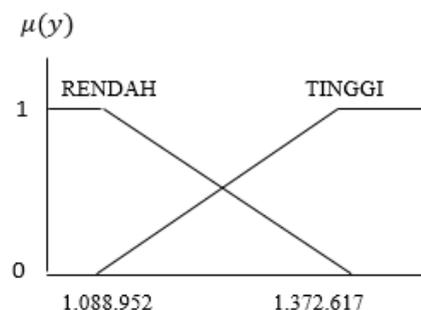
Apabila pada tahun 2014, jumlah kebutuhan pangan sebesar $x = 1.602.635$, maka derajat keanggotaannya yaitu :

$$\mu_{rendah}(1.602.635) = \frac{(1.728.368 - 1.602.635)}{437.426} = \frac{125.733}{437.426} = 0,2874$$

$$\mu_{tinggi}(1.602.635) = \frac{(1.602.635 - 1.254.942)}{437.426} = \frac{347.693}{437.426} = 0,7949$$

Fuzzifikasi Variabel Produksi

Variabel produksi y terdiri atas dua himpunan *fuzzy*, yaitu RENDAH dan TINGGI. Fuzzifikasi variabel produksi ini untuk mencari derajat keanggotaan $\mu(y)$ dari himpunan RENDAH dan TINGGI berdasarkan masukan nilai produksi setiap tahunnya. Kurva keanggotaan produksi dinyatakan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel produksi.

Berdasarkan persamaan (1) dan (2), diperoleh fungsi keanggotaan produksi $\mu(y)$ sebagai berikut :

$$\mu_{rendah}(y) = \begin{cases} 1, & y \leq 1.088.952 \\ \frac{1.372.617 - y}{1.372.617 - 1.088.952}, & 1.088.952 \leq y \leq 1.372.617 \\ 0, & y \geq 1.372.617 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(y) = \begin{cases} 0, & y \leq 1.088.952 \\ \frac{y - 1.088.952}{1.372.617 - 1.088.952}, & 1.088.952 < y \leq 1.372.617 \\ 1, & y > 1.372.617 \end{cases}$$

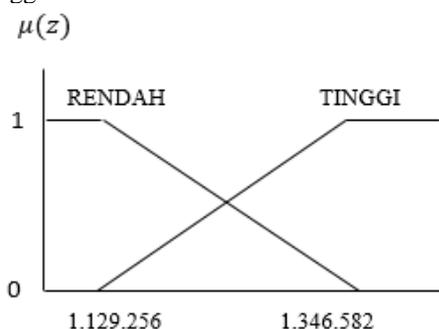
Apabila pada tahun 2014, jumlah produksi pangan sebesar $y = 1.291.320$ maka derajat keanggotaannya yaitu:

$$\mu_{rendah}(1.291.320) = \frac{(1.372.617 - 1.291.320)}{283.665} = \frac{81297}{283.665} = 0,2866$$

$$\mu_{tinggi}(1.291.320) = \frac{(1.291.320 - 1.088.952)}{283.665} = \frac{202.368}{283.665} = 0,7134$$

Fuzzifikasi Variabel Pasokan

Sama halnya dengan variabel kebutuhan dan produksi, variabel pasokan pangan z juga terdiri atas dua himpunan *fuzzy*, yaitu RENDAH dan TINGGI. Kurva keanggotaan produksi dinyatakan pada Gambar 4 berikut. Derajat keanggotaan produksi disimbolkan dengan $\mu(z)$. Penentuan nilai z ini diperoleh dengan menggunakan inferensi Tsukamoto.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan variabel pasokan.

Inferensi Tsukamoto

Variabel pasokan terdiri atas dua himpunan *fuzzy*, yaitu RENDAH dan TINGGI, dengan domain pada interval 1.129.256-1.346.582, domain tersebut berguna dalam perhitungan nilai z , pada saat inferensi Tsukamoto. Nilai z pada metode Tsukamoto diperoleh dengan cara:

$$z = z_{max} - \alpha_{pred}(z_{max} - z_{min}) \quad (7)$$

dengan aturan :

[R1] IF Kebutuhan RENDAH And Produksi TINGGI THEN Pasokan RENDAH;

Nilai anteseden untuk aturan *fuzzy* [R1] dinotasikan dengan α_1 yaitu :

$$\alpha_1 = \mu_{rendah}(1.602.635) \cap \mu_{tinggi}(1.291.320)$$

$$= \min \{ \mu_{rendah}(1.602.635), \mu_{tinggi}(1.291.320) \}$$

$$= \min \{ 0,2874 ; 0,7134 \}$$

$$= 0,2874$$

Sehingga berdasarkan (7), pasokan z_1 diperoleh :

$$z_1 = z_{max} - \alpha_1(z_{max} - z_{min})$$

$$= 1.346.582 - 0,2874(1.346.582 - 1.129.256)$$

$$= 1.284.122,51$$

[R2] IF Kebutuhan RENDAH And Produksi RENDAH THEN Pasokan RENDAH;

Nilai anteseden untuk aturan *fuzzy* [R2] dinotasikan dengan α_2 yaitu :

$$\alpha_2 = \mu_{rendah}(1.602.635) \cap \mu_{rendah}(1.291.320)$$

$$= \min \{ \mu_{rendah}(1.602.635), \mu_{rendah}(1.291.320) \}$$

$$= \min \{ 0,2874 ; 0,2866 \}$$

$$= 0,2866$$

Sehingga berdasarkan (7), pasokan z_2 diperoleh :

$$z_2 = z_{max} - \alpha_2(z_{max} - z_{min})$$

$$= 1.346.582 - 0,2866(1.346.582 - 1.129.256)$$

$$= 1.284.296,37$$

[R3] IF Kebutuhan TINGGI And Produksi RENDAH THEN Pasokan TINGGI;

Nilai anteseden untuk aturan *fuzzy* [R3] dinotasikan dengan α_3 yaitu :

$$\alpha_3 = \mu_{tinggi}(1.602.635) \cap \mu_{rendah}(1.291.320)$$

$$= \min \{ \mu_{tinggi}(1.602.635), \mu_{rendah}(1.291.320) \}$$

$$= \min \{ 0,7949 ; 0,2866 \}$$

$$= 0,2866$$

Sehingga berdasarkan (7), pasokan z_3 diperoleh :

$$z_3 = z_{max} - \alpha_3(z_{max} - z_{min})$$

$$= 1.346.582 - 0,2866(1.346.582 - 1.129.256)$$

$$= 1.284.296,37$$

[R4] IF Kebutuhan TINGGI And Produksi TINGGI THEN Pasokan TINGGI;

Nilai anteseden untuk aturan *fuzzy* [R4] dinotasikan dengan α_4 yaitu :

$$\alpha_4 = \mu_{tinggi}(1.602.635) \cap \mu_{tinggi}(1.291.320)$$

$$= \min \{ \mu_{tinggi}(1.602.635), \mu_{tinggi}(1.291.320) \}$$

$$= \min \{ 0,7949 ; 0,7134 \}$$

$$= 0,7134$$

Sehingga berdasarkan (7), pasokan z_4 diperoleh :

$$z_4 = z_{max} - \alpha_4(z_{max} - z_{min})$$

$$= 1.346.582 - 0,7134(1.346.582 - 1.129.256)$$

$$= 1.191.541,6316$$

Defuzzifikasi (Penegasan)

Pada proses defuzzifikasi nilai tegas z dicari menggunakan rata-rata terbobot (3), yaitu:

$$z = \frac{\alpha_1 * z_1 + \alpha_2 * z_2 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_4 * z_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

$$= \frac{(0,2874)(1.284.122,51) + (0,2866)(1.284.296,37) + (0,2866)(1.284.296,37) + (0,7134)(1.191.541,6316)}{0,2874 + 0,2866 + 0,2866 + 0,7134}$$

$$= 1.242.224,45275.$$

Jadi dapat disimpulkan, melalui hasil defuzzifikasi ini diketahui bahwa pada tahun 2014 di Provinsi Riau,

terdapat kebutuhan pangan sebesar 1.602.635 ton dan produksi pangan sebesar 1.291.320 ton sehingga pemerintah seharusnya dapat melakukan pasokan pangan optimal sebesar 1.242.224,45 ton.

Dengan menggunakan perhitungan yang sama dengan cara di atas, maka didapat jumlah pasokan pangan dari tahun 2010-2015 menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto seperti pada Tabel 1 dan besarnya nilai *MAPE* dari tiap tahunnya diperlihatkan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 1. Tabel optimalisasi pasokan pangan dengan metode *fuzzy* Tsukamoto.

Tahun	Kebutuhan (ton)	Produksi (ton)	Pasokan (ton)	<i>Fuzzy</i> Tsukamoto
2010	1.254.942	1.088.952	1.129.256	1.129.256
2011	1.289.639	1.229.541	1.184.898	1.250.427,40
2012	1.543.520	1.223.122	1.212.499	1.245.453,87
2013	1.572.205	1.206.420	1.264.870	1.248.994,23
2014	1.602.635	1.291.320	1.318.175	1.242.224,45
2015	1.728.368	1.372.617	1.346.582	1.129.256
Jumlah	8.991.309	7.411.972	7.456.280	7.245.611,95

Tabel 2. Tabel perhitungan *MAPE* pasokan pangan dari tahun 2010-2015.

Tahun	Jumlah Pasokan Z_i	<i>Fuzzy</i> Tsukamoto \bar{Z}_i	Error $ z_i - \bar{z}_i $	$\left(\frac{Z_i - \bar{Z}_i}{Z_i}\right) \times 100$
2010	1.129.256	1.129.256	0	0
2011	1.184.898	1.250.427,4	65.529,4	5,530383206
2012	1.212.499	1.245.453,87	32.954,87	2,717929664
2013	1.264.870	1.248.994,23	15.875,77	1,255130567
2014	1.318.175	1.242.224,45	75.950,55	5,761795664
2015	1.346.582	1.129.256	217.326	16,13908399
Jumlah				31.40432309

Dari Tabel 2 dan persamaan (4), maka diperoleh *MSE* pasokan pangan dari tahun 2010 – 2015 dengan bantuan Ms. Excel sebesar

$$\begin{aligned}
 MSE &= \frac{\sum_{i=1}^6 (z_i - \bar{z}_i)^2}{6} \\
 &= \frac{58.631.242.115,47}{6} \\
 &= 9.771.873.685,91
 \end{aligned}$$

dan menggunakan persamaan (5) dan (6) maka diperoleh persentase rata-rata atau *Mean Absolue Percentage*

Error (MAPE) pasokan pangan dari tahun 2010-2015 sebesar :

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{\sum_{i=1}^6 \left(\frac{Z_i - \bar{Z}_i}{Z_i}\right) \times 100}{n} \\
 &= \frac{31.40432309}{6} \\
 &= 5,234054\%.
 \end{aligned}$$

Hal ini berarti, hasil prediksi jumlah total pasokan pangan Provinsi Riau dengan metode *fuzzy* Tsukamoto pada tahun 2010-2015 sebesar 7.245.611,95 Ton, dengan *MSE* sebesar 9.771.873.685,91 Ton dan nilai *MAPE* sebesar 5,234054%. Ini mengakibatkan tingkat keakuratan dari hasil perhitungan tersebut adalah sebesar $100\% - 5,234054\% = 94,76595\%$. Oleh karena nilai *MAPE* yang diperoleh $<10\%$, ini menunjukkan bahwa tingkat peramalan jumlah pasokan pangan yang telah dilakukan pada tahun 2010 - 2015 di Provinsi Riau menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto sangatlah baik.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan mengenai penentuan jumlah optimal pasokan komoditas pangan di Provinsi Riau dari tahun 2010 - 2015 dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Metode *fuzzy* Tsukamoto yang digunakan dalam menentukan prediksi jumlah pasokan komoditas pangan berdasarkan data jumlah kebutuhan dan produksi komoditas pangan di Provinsi Riau dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2015 yang telah dibentuk dapat membantu pemerintah dalam mengambil keputusan dalam memasok komoditas pangan dari negara lain sebesar 7.245.611,95 Ton dengan nilai kebenaran mencapai 94,76595%. Hal ini berarti hanya terdapat sebesar 5,234054% penyimpangan jumlah pasokan pangan yang terjadi di Provinsi Riau selama kurun waktu 6 tahun tersebut.
2. Sistem yang telah dirancang dapat membantu mengoptimalkan keperluan belanja daerah/negara dalam kebutuhan komoditas pangan.

Saran

Dalam penelitian ini digunakan metode *fuzzy* Tsukamoto untuk mengetahui jumlah pemasokan komoditas pangan di Provinsi Riau setiap tahunnya dari tahun 2010-2015, sehingga untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan metode lain yang relevan dengan permasalahan ini. Disamping itu, penentuan pasokan pangan dengan metode *fuzzy* Tsukamoto ini dapat pula diimplementasikan dengan suatu program aplikasi sehingga memudahkan para pembuat keputusan di Dinas Ketahanan Pangan Povinsi Riau untuk merencanakan jumlah pasokan pangan yang tepat, cepat dan praktis.

Daftar Pustaka

- [1] Abd, Fauzan. 2016. *Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Sistem Kontrol Frekuensi Putar Kipas Angin*.
<http://www.charisfauzan.net/2016/08/penerapan-metode-fuzzy-tsukamoto-untuk.html?m=1>. Diakses 28 Agustus 2016.
- [2] Fiki, Ariyanti. 2013. *Daftar Lengkap 29 Komoditas Pangan Yang diimport RI*.
<https://www.liputan6.com/bisnis/read/719523/daftar-lengkap-29-komoditas-pangan-yang-diimpor-ri>.
Diakses 14 Oktober 2013.
- [3] Halimi. R., dkk. 2013. Pembuatan Aplikasi Peramalan Jumlah Permintaan Produk Dengan Metode *Time Series Exponential Smoothing Holt Winter* Di PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. *Jurnal Teknik POMITS : Vol. 1, No. 1, hal : 1 – 6*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] Heriyani, dkk. 2015. Peramalan Jumlah Penduduk dengan Metode Trend Non Linier. *Jurnal EKSPONENSIAL : Vol. 6, No. 1, hal : 95 – 100*.
<http://www.google.com>. 27 Juli 2017.
- [5] Kusumadewi, Sri. 2013. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Pengambilan Keputusan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [6] Ningsih, Nurlia., dkk. 2017. Penerapan fuzzy Mamdani untuk Memprediksi Penjualan Gula, *Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika UNY, hal 153-160*.
- [7] Setiadji. 2009. *Himpunan & Logika Samar*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [8] Siska, Amelia dan F Deil. 2014. *5 Negara Pemasok Pangan Terbesar Bagi Indonesia*.
<https://www.liputan6.com/bisnis/read/791891/5-negara-pemasok-pangan-terbesar-bagi-indonesia>.
Diakses 4 Juni 2014.
- [9] Suwandi, Adi., dkk. 2014. *Peramalan Data Time Series dengan Metode Penghalusan Eksponensial Holt-Winter*. <http://www.google.com>. Diakses 30 Mei 2017.

Lampiran A.

Tabel 3. Data Komoditas Pangan di Provinsi mengenai kebutuhan, Produksi dan Pasokan pangan dari tahun 2010-2015

Tahun	Jenis	Komoditi Pangan (Ton)													Jumlah
		Beras	Jagung	Kedelai	Kc. Tanah	Kc. Hijau	Ubi Jalar	Ubi Kayu	Sagu	Buah-Buahan	Sayuran	Daging	Telur	Ikan	
2010	kebutuhan	576.475	49.887	53.213	6.097	6.097	16.629	74.277	1.663	82.591	144.673	46.007	48.779	148.553	1.254.942
	Produksi	363.314	41.862	5.830	2.007	1.228	9.967	75.904	222.097	108.199	81.395	37.983	6.176	132.990	1.088.952
	Pasokan	483.563	8.537	72.846	13.236	10.934	6.719	4.123	-	136.562	275.149	10.381	45.934	61.273	1.129.256
2011	kebutuhan	598.243	51.647	55.090	6.312	6.312	17.215	76.896	1.625	80.339	149.202	47.630	50.499	148.628	1.289.639
	Produksi	338.618	33.197	7.100	1.692	995	9.912	79.480	249.497	210.360	88.712	55.878	4.161	149.939	1.229.541
	Pasokan	496.362	8.695	65.389	13.236	10.934	6.719	4.123	-	160.603	297.065	10.381	50.119	61.273	1.184.898
2012	kebutuhan	618.166	48.026	23.717	11.858	13.637	8.894	84.194	5.929	185.759	285.420	53.363	44.469	160.088	1.543.520
	Produksi	323.878	31.433	4.182	1.622	920	9.424	88.577	249.497	188.874	83.509	54.197	5.840	181.169	1.223.122
	Pasokan	503.940	8.768	64.658	13.910	11.103	2.140	4.124	-	172.421	304.261	12.048	51.079	64.045	1.212.499
2013	kebutuhan	633.465	48.269	23.529	9.653	13.273	8.446	85.065	5.430	190.040	293.807	53.090	44.644	163.494	1.572.205
	Produksi	276.138	28.052	2.211	1.243	619	8.462	103.070	250.000	189.931	101.247	54.833	5.541	185.073	1.206.420
	Pasokan	533.999	8.931	71.955	14.296	11.199	3.557	4.336	-	174.145	310.347	11.616	53.671	66.818	1.264.870
2014	kebutuhan	652.876	53.220	24.135	9.901	13.614	8.446	85.065	5.430	190.040	293.807	54.458	45.175	166.468	1.602.635
	Produksi	245.625	28.651	2.332	1.134	645	8.038	117.287	216.083	224.749	171.189	59.488	4.757	211.342	1.291.320
	Pasokan	578.838	9.089	72.686	14.654	11.371	4.974	4.337	-	175.869	311.632	12.999	54.631	67.095	1.318.175
2015	kebutuhan	665.659	50.790	50.550	9.788	8.745	8.446	85.065	26.004	190.040	293.807	54.458	49.030	235.986	1.728.368
	Produksi	247.144	30.870	2.145	1.036	598	6.562	103.599	366.032	180.362	153.967	65.707	4.909	209.686	1.372.617
	Pasokan	596.203	9.248	73.417	15.011	11.542	5.116	4.339	-	177.593	317.718	13.431	55.591	67.372	1.346.582

Sumber data : Badan Ketahanan Pangan Provinsi Riau.