

**PENERAPAN SISTEM *FUZZY*  
UNTUK PREDIKSI HARGA KELAPA SAWIT**

**ARTIKEL JURNAL SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta  
untuk Memenuhi sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh  
Samuel Hasibuan  
NIM. 1130514106

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2016**

## PERSETUJUAN

Jurnal yang berjudul :  
**PENERAPAN SISTEM *FUZZY***  
**UNTUK PREDIKSI HARGA KELAPA SAWIT**

disusun oleh:

Nama : Samuel Hasibuan

NIM : 11305141016

Prodi : Matematika.

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing dan direview oleh Dosen Penguji untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Sains.

Yogyakarta, 24 Februari 2016

Direview  
Dosen Penguji



Dr. Karyati

NIP. 19720622 199802 2 001

Disetujui  
Dosen Pembimbing



Dr. Agus Maman Abadi

NIP. 19700828 199502 1 001

# **PENERAPAN SISTEM FUZZY UNTUK PREDIKSI HARGA KELAPA SAWIT THE APPLICATION OF FUZZY SYSTEM FOR PREDICTING PALM OIL PRICE**

Oleh: Samuel Hasibuan<sup>1)</sup>, Agus Maman Abadi<sup>2)</sup>

Program Studi Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY  
samuelsaputrasahasibuan@gmail.com<sup>1)</sup> agusmaman@uny.ac.id<sup>2)</sup>

## **ABSTRAK**

Kelapa sawit adalah tumbuhan perkebunan yang berguna sebagai penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodisel). Penelitian tentang kelapa sawit sudah lama dilakukan oleh peneliti menggunakan berbagai metode, salah satunya penelitian Zainul Arifin, dkk (2012: 1-10) dengan menggunakan metode statistika. Hasil yang didapat yaitu persentase selisih antara harga biji kelapa sawit dengan harga jual tandan buah segar (TBS) di tahun 2008-2012 sebesar 42,93 % dan persentase selisih antara harga pokok *crude palm oil* (CPO) dengan harga jual CPO yaitu 70,54 %. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan menjelaskan sistem *fuzzy* model Sugeno untuk prediksi harga kelapa sawit. Langkah sistem *fuzzy* model Sugeno diawali dengan identifikasi data, kemudian data dibagi menjadi data *training* dan *testing*. Langkah selanjutnya menentukan himpunan *input* dan himpunan *output*, membuat himpunan *fuzzy* serta menentukan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*, membuat aturan *fuzzy* berdasarkan data *training*, dan langkah terakhir yaitu mengubah nilai *output* menjadi nilai tegas menggunakan *weighted average* (WA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *fuzzy* model Sugeno memiliki nilai MSE untuk data *training* sebesar 1114.229, dan nilai MAPE sebesar 2.921779869%. Nilai MSE untuk data *testing* sebesar 2443.776106, dan nilai MAPE untuk data *testing* sebesar 2.71940411%.

**Kata kunci :** Sistem *fuzzy* model Sugeno, harga kelapa sawit, *weighted average*.

## **ABSTRACT**

*Palm oil is one of the types of plantation plants which can be used as the source of cooking, industrial, and fuel oil (biodiesel). The research about palm has been conducted for a quite period of time by several researches through several types of method e.g. Zainul Arifin, et.al (2012: 1-10) by utilizing statistical method. The result yielded from this research is that the margin of price between palm oil seed and the fresh palm oil fruit (TBS) in year 2008-2012 is 42.93% and the margin between the net prices of crude palm oil (CPO) and the retail price of CPO is 70.54%. This research is intended to comprehend and apply the Sugeno type fuzzy system for palm oil price prediction. The steps undertaken for this research are data identification and followed by data testing and training. The next step is to decide the input and output group, to decide the fuzzy group and the function of fuzzy group, to arrange the rules of fuzzy based on training data, and the last step is to convert fuzzy output into exact value through weighted average (WA). The result shows that Sugeno type fuzzy system has 1114.229 of MSE value and 2.921779869% of MAPE value for data training. The value of MSE is 2443.776106 and the value of MAPE is 2.71940411% for data testing.*

**Keywords:** Sugeno type fuzzy system, palm oil price, weighted average.

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Kelapa sawit adalah tumbuhan industri/perkebunan yang berguna sebagai penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (Lina Arliana Nur Kadim, 2014: 49). Perkebunan kelapa sawit dapat menghasilkan keuntungan besar sehingga banyak hutan dan perkebunan lama dikonversikan menjadi perkebunan kelapa sawit. Penyebaran kelapa sawit di Indonesia berada pada pulau Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Papua, dan beberapa pulau tertentu di Indonesia. Buah kelapa sawit digunakan sebagai bahan mentah minyak goreng, *margarine*, sabun, kosmetika, dan industri farmasi.

Sektor pertanian merupakan sektor yang sangat penting peranannya didalam perekonomian diberbagai negara berkembang termasuk Indonesia. Produksi pertanian hanya dapat diperoleh jika persyaratan yang dibutuhkan dapat dipenuhi, yaitu tanah, tenaga kerja, modal dan skill. Indonesia sebagai negara yang banyak mempunyai perkebunan kelapa sawit sehingga banyak persaingan investor di dunia pasar, yang dapat dilihat tidak konstanya harga kelapa sawit/harga kelapa sawit berubah-ubah sesuai dengan standar dan hukum Indonesia (Asni, 2005:2).

Faktor-faktor yang mempengaruhi harga kelapa sawit yang dipakai pada penulisan ini yaitu harga kelapa sawit, produksi kelapa sawit, dan harga minyak kelapa sawit. Terdapat beberapa metode untuk menggabungkan faktor-faktor yang mempengaruhi harga kelapa sawit salah satunya yaitu model *fuzzy* metode Sugeno. Model *fuzzy* metode Sugeno merupakan setiap konsekuen pada aturan *fuzzy* yang berbentuk *IF-Then* dan harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Berdasarkan hasil simulasi model *fuzzy* metode Sugeno menunjukkan bahwa metode ini sangat efektif dalam mengidentifikasi masalah, karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan memiliki struktur yang sederhana (Sri Kusuma Dewi, 2013:140).

Penelitian tentang penerapan logika *fuzzy* untuk kelapa sawit telah lama dilakukan, antara lain, Owolarafe O.K dan Arumughan (2007: 1-17) melakukan penelitian tentang perkebunan buah kelapa sawit dan produksi petani dengan

kontrak petani di Andhra Pradesh dan Tamil Nadu negara India. May dan Amaran M. H (2011: 30-35) melakukan penelitian tentang prediksi kematangan buah kelapa sawit secara otomatis menggunakan *fuzzy logic*, Norasyikin Fadilah, dkk (2012: 14179-14195) meneliti tentang sistem warna kematangan buah kelapa sawit untuk mempercepat kematangan kelapa sawit dengan menggunakan Metode *fuzzy* dan dibantu program Matlab. Penelitian Abdul Aziz Karia, dkk (2013: 259-267) yaitu peramalan harga minyak kelapa sawit mentah menggunakan logika *fuzzy* dan menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS), Muhammad Makky dan Peeyush Soni (2013: 1-5) meneliti tentang penyortiran buah kelapa sawit secara otomatis menggunakan mesin penyortir kelapa sawit. Ahmed Jaffar, dkk (2009: 7-13) meneliti tentang fotogrametri penyortiran buah kelapa sawit menggunakan metode *fuzzy*, Fatin Syakirah Alia, dkk (2015: 165-172) meneliti tentang pengaruh waktu panen buah kelapa sawit dan penyimpanannya terhadap kualitas buah kelapa sawit. Zainul Arifin, dkk (2012: 1-10) meneliti tentang selisih persentase antara harga biji kelapa sawit dengan harga jual tandan buah segar (TBS) di tahun 2008-2012, Rosnah S, dkk (2015: 510-516) melakukan penelitian sistem penyortiran otomatis buah kelapa sawit menggunakan logika *fuzzy*.

### **Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini akan membahas tentang sistem *fuzzy* model Sugeno untuk memprediksi harga kelapa sawit. Batasan data yang dipakai pada penelitian ini yaitu harga penutupan dan produksi setiap bulannya dari tanggal 1 Januari 2004 sampai dengan 31 Agustus 2015.

### **Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini yaitu bagaimana proses pembentukan sistem *fuzzy* model Sugeno untuk memprediksi harga kelapa sawit dan bagaimana tingkat keakuratan sistem *fuzzy* model Sugeno untuk memprediksi harga kelapa sawit.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini yaitu menjelaskan proses pembentukan sistem *fuzzy* model Sugeno untuk

memprediksi harga kelapa sawit dan menjelaskan tingkat keakuratan sistem *fuzzy* model Sugeno untuk memprediksi harga kelapa sawit.

### Manfaat Penelitian

Manfaat penulisan penelitian ini adalah Membantu petani dan pihak yang memerlukan untuk memprediksikan harga kelapa sawit, Memudahkan investor dalam memprediksi harga kelapa sawit dan menambah wawasan pembaca tentang proses memprediksi harga kelapa sawit dengan menggunakan sistem *fuzzy* model Sugeno.

## LANDASAN TEORI

### Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah lanjutan dari himpunan tegas dengan keberadaan suatu elemen tidak lagi bernilai benar atau salah, tetapi mempunyai derajat keanggotaan yang berada dalam rentang  $[0, 1]$ .

#### Definisi (Li-Xin Wang, 1997: 22)

Suatu himpunan *fuzzy* pada himpunan semesta  $U$  dapat dinyatakan dengan nilai fungsi keanggotaan pada interval  $[0, 1]$ .

Suatu himpunan *fuzzy*  $A$  pada himpunan semesta  $U$  dapat dinyatakan dengan himpunan pasangan terurut elemen  $x$  dan nilai keanggotaannya. Secara matematis pernyataan tersebut dapat ditulis dengan:

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

### Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan *fuzzy* dapat di representasikan dengan beberapa cara, seperti representasi secara grafik, representasi secara tabulasi/ list, representasi secara geometrik dan representasi secara analitik. Adapun fungsi keanggotaan yang biasa digunakan secara analitik yaitu representasi linear, representasi kurva segitiga, representasi kurva trapesium, representasi kurva  $S$  (*sigmoid*), representasi kurva bentuk lonceng, representasi kurva bahu (Sri Kusumadewi, 2013).

### Operator Fuzzy

Zadeh menciptakan 3 operator dasar himpunan *fuzzy* yaitu Operator AND, Operator OR, Operator NOT.

### Fungsi Implikasi

Secara umum, terdapat dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu Min (*minimum*), Dot (*product*) (Sri Kusumadewi, 2013).

### Sistem Fuzzy

Sistem *fuzzy* terdiri dari 3 tahapan, yaitu *fuzifikasi*, *defuzzifikasi*, inferensi *fuzzy* (Li-Xin Wang, 1997).

### Sistem Inferensi Fuzzy

Terdapat tiga Metode sistem inferensi *fuzzy* yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, Metode Sugeno.

### Mean Square Error (MSE) Dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

*Mean square error* (MSE) merupakan kriteria prediksi dengan mengkuadratkan setiap *error* dan dibagi sebanyak jumlah data. Persamaan

$$\text{MSE yaitu } MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2$$

dengan,

$e_i$  : *error* ke- $i$ .

$n$  : banyaknya data.

*Mean absolute percentage error* (MAPE) merupakan rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahan antara data aktual dengan data prediksi. Persamaan MAPE yaitu:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{Y_i} \right|,$$

dengan,  $e_i$  : *error* ke- $i$ .

$n$  : banyaknya data.

## METODE PENELITIAN

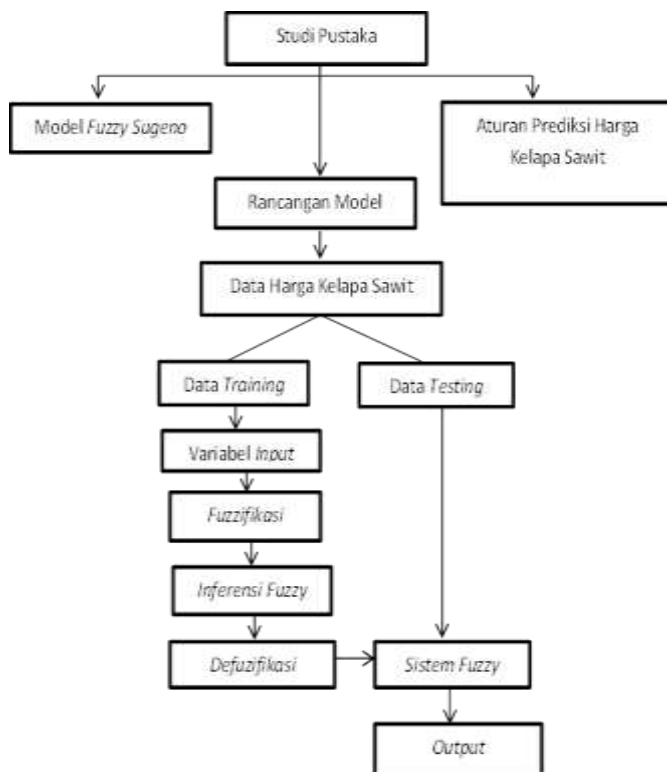
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dimana metode penelitian yang bertujuan membuat gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat objek penelitian dengan data penelitian berupa angka. Jenis data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan data yang diperoleh dari suatu sumber yang sudah tersedia sebelumnya, yaitu data harga kelapa sawit, harga minyak kelapa

sawit, data produksi kelapa sawit. Data harga kelapa sawit dan harga minyak kelapa sawit diakses dari website resmi Dinas perkebunan Kalimantan timur dan di unduh pada pada tanggal 29 Agustus 2015 di, <http://disbun.kaltimprov.go.id/statis-83-perkembangan-harga-komoditi-perkebunan.html> dan <http://disbun.kaltimprov.go.id/statis-125-tbs.html>. Data produksi kelapa sawit diakses dari Badan Pusat Statistik di unduh tanggal 2 September 2015 di, <http://www.bps.go.id/index.php/pencarian?keywordforsearching=kelapa+sawit&yt1=Cari>.

### DESAIN PENELITIAN

Data yang diperoleh dari Dinas Perkebunan Kalimantan timur dan Badan Pusat Statistik selanjutnya diekstraksi sehingga diperoleh data numerik. Data yang digunakan berjumlah 140 bulan dari 420 data, data diklasifikasikan menjadi data *training* dan data *testing* dengan persentase 80% dan 20%. Artinya, 112 data digunakan sebagai data *training* dan 28 data digunakan sebagai data *testing*.

Langkah- langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Desain penelitian prediksi harga kelapa sawit.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Prediksi Dengan Model *Fuzzy Sugeno*

Pemodelan sistem *fuzzy* metode Sugeno diawali dengan identifikasi data, kemudian data dibagi menjadi data *training* dan *testing*. Langkah selanjutnya untuk pemodelan sistem *fuzzy* model Sugeno yaitu menentukan himpunan *input* dan himpunan *output* untuk data *training* dan *testing*. Selanjutnya menentukan semesta pembicaraan, membuat himpunan *fuzzy* serta menentukan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*. Langkah selanjutnya membuat aturan *fuzzy* berdasarkan data *training*, kemudian membuat model *fuzzy* Metode Sugeno berdasarkan aturan *fuzzy*. Langkah terakhir untuk sistem *fuzzy* Metode Sugeno yaitu melakukan *defuzzifikasi* menggunakan *weighted average* (WA). Setelah selesai melakukan pemodelan akan ditentukan nilai *mean square error* (MSE) dan *mean absolute percentage error* (MAPE) langkah ini diperlukan untuk mengetahui keakuratan sistem *fuzzy* model Sugeno untuk prediksi harga kelapa sawit.

#### Identifikasi Data

Data yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu data harga kelapa sawit, harga minyak kelapa sawit, dan produksi kelapa sawit.

#### Menentukan Himpunan *Input* dan *Output* Prediksi Harga Kelapa Sawit

Himpunan *input* pada penelitian ini yaitu harga minyak kelapa sawit, produksi kelapa sawit, harga kelapa sawit. Himpunan *output* pada penelitian ini adalah hasil prediksi harga kelapa sawit yang didasarkan *input* yang telah ditentukan.

#### Menentukan Himpunan Universal(U)

Himpunan universal(U) didapat dari harga terendah, tertinggi dan produksi terendah, tertinggi dari harga kelapa sawit, harga minyak kelapa sawit, dan produksi kelapa sawit. Himpunan universal dibagi menjadi dua jenis yaitu himpunan universal *input* dan himpunan universal *output*. Himpunan universal *input* untuk harga minyak kelapa sawit adalah  $U = [2831.56 \ 8854.55]$ , produksi kelapa sawit adalah  $U = [986785 \ 2914628]$ , dan himpunan universal *input* untuk harga kelapa sawit adalah

$U = [498.95 \ 1751.025]$ . Himpunan universal *output* untuk harga kelapa sawit adalah  $U = [498.95 \ 1751.025]$ .

### Membuat Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* terbagi menjadi dua jenis yaitu Himpunan *fuzzy* input dan Himpunan *fuzzy* *output*.

#### a. Himpunan Fuzzy Input

##### 1. Harga Minyak Kelapa Sawit

Variabel harga minyak kelapa sawit dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu MKS1, MKS2, MKS3, MKS4, MKS5, MKS6, MKS7, MKS8, MKS9. Fungsi keanggotaan harga minyak kelapa sawit adalah sebagai berikut :

$$\mu(MKS1) = \begin{cases} \frac{3584 - x}{752}, & 2832 \leq x \leq 3584 \\ 0, & x < 2830, x > 3583 \end{cases}$$

$$\mu(MKS2) = \begin{cases} \frac{x - 2832}{752}, & 2832 \leq x \leq 3584 \\ \frac{4337 - x}{752}, & 3584 \leq x \leq 4337 \\ 0, & x \leq 2832, x \geq 4337 \end{cases}$$

⋮  
⋮  
⋮

$$\mu(MKS9) = \begin{cases} \frac{x - 8102}{752}, & 8102 \leq x \leq 8855 \\ \frac{9607 - x}{752}, & 8855 \leq x \leq 9607 \\ 0, & x < 8102, x > 9607 \end{cases}$$

##### 2. Produksi Kelapa Sawit

Variabel produksi kelapa sawit dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu PKS1, PKS2, PKS3, PKS4, PKS5, PKS6, PKS7, PKS8, PKS9. Fungsi keanggotaan produksi kelapa sawit adalah sebagai berikut :

$$\mu(PKS1) = \begin{cases} \frac{1228000 - x}{241200}, & 986800 \leq x \leq 1228000 \\ 0, & x < 986800, x > 1228000 \end{cases}$$

$$\mu(PKS2) = \begin{cases} \frac{x - 986800}{241200}, & 986800 \leq x \leq 1228000 \\ \frac{1469000 - x}{241200}, & 1228000 \leq x \leq 1469000 \\ 0, & x < 986800, x > 1469000 \end{cases}$$

⋮  
⋮  
⋮  
⋮

$$\mu(PKS9) = \begin{cases} \frac{x - 2674000}{241200}, & 2674000 \leq x \leq 2915000 \\ \frac{3156000 - x}{241200}, & 2915000 \leq x \leq 3156000 \\ 0, & x < 2674000, x > 3156000 \end{cases}$$

##### 3. Harga Kelapa Sawit

Variabel harga kelapa sawit dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu HKS1, HKS2, C3, HKS4, HKS5, HKS6, HKS7, HKS8, HKS9. Fungsi keanggotaan harga kelapa sawit sebagai berikut:

$$\mu(HKS1) = \begin{cases} \frac{655.5 - x}{156.6}, & 498.9 \leq x \leq 655.5 \\ 0, & x < 498.9, x > 655.5 \end{cases}$$

$$\mu(HKS2) = \begin{cases} \frac{x - 498.9}{156.6}, & 498.9 \leq x \leq 655.5 \\ \frac{812 - x}{156.6}, & 655.5 \leq x \leq 812 \\ 0, & x < 498.9, x > 812 \end{cases}$$

⋮  
⋮  
⋮

$$\mu(HKS9) = \begin{cases} \frac{x - 1595}{156.6}, & 1595 \leq x \leq 1751 \\ \frac{1908 - x}{156.6}, & 1751 \leq x \leq 1908 \\ 0, & x < 1595, x > 1908 \end{cases}$$

b. Himpunan *Fuzzy Output*

Variabel *output* harga kelapa sawit dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu OPHKS1, OPHKS2, OPHKS3, OPHKS4, OPHKS5, OPHKS6, OPHKS7, OPHKS8, OPHKS9. Fungsi keanggotaan *output* sebagai berikut:

$$\mu(OPHKS1) = \begin{cases} \frac{655.5 - x}{156.6}, & 498.9 \leq x \leq 655.5 \\ 0, & x < 498.9, x > 655.5 \end{cases}$$

$$\mu(OPHKS2) = \begin{cases} \frac{x - 498.9}{156.6}, & 498.9 \leq x \leq 655.5 \\ \frac{812 - x}{156.6}, & 655.5 \leq x \leq 812 \\ 0, & x < 498.9, x > 812 \end{cases}$$

$$\mu(OPHKS9) = \begin{cases} \frac{x - 1595}{156.6}, & 1595 \leq x \leq 1751 \\ \frac{1908 - x}{156.6}, & 1751 \leq x \leq 1908 \\ 0, & x < 1595, x > 1908 \end{cases}$$

**Membuat Aturan *Fuzzy***

Menentukan aturan *fuzzy* merupakan proses pengubahan nilai tegas menjadi nilai *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan. Salah satu contoh perhitungan dari data *training* yaitu data harga kelapa sawit pada bulan Januari tahun 2004.

a. *Input*

1. Harga Minyak Kelapa Sawit

Perhitungan derajat keanggotaan harga minyak kelapa sawit sebagai berikut:

$$\mu_{MKS1}(3572.73) = \frac{3584 - 3572.73}{752}$$

$$= 0.015$$

$$\mu_{MKS2}(3572.73) = \frac{3572.73 - 2832}{752}$$

$$= 0.985$$

⋮

$$\mu_{MKS9}(3572.73) = \frac{3572.73 - 8102}{752}$$

$$= 0$$

2. Produksi Kelapa Sawit

Perhitungan derajat keanggotaan Produksi kelapa sawit sebagai berikut:

$$\mu_{PKS1}(986785) = \frac{1228000 - 986785}{241200}$$

$$= 0.9999$$

$$\mu_{PKS2}(986785) = \frac{986785 - 986800}{241200}$$

$$= 0$$

$$\mu_{PKS9}(1293656) = \frac{986785 - 2674000}{241200}$$

$$= 0$$

3. Harga Kelapa Sawit

Perhitungan derajat keanggotaan harga kelapa sawit sebagai berikut:

$$\mu_{HKS1}(577.005) = \frac{655.5 - 577.005}{156.6}$$

$$= 0.5009$$

$$\mu_{HKS2}(577.005) = \frac{577.005 - 498.9}{156.6}$$

$$= 0.4991$$

$$\mu_{HKS9}(577.005) = \frac{577.005 - 1595}{156.6}$$

$$= 0$$

b. *Output*

Perhitungan derajat keanggotaan untuk *output* adalah sebagai berikut:

$$\mu_{OPHKS1}(596.94) = \frac{655.5 - 596.94}{156.6}$$

$$= 0.3737$$

$$\mu_{OPHKS2}(596.94) = \frac{596.94 - 498.9}{156.6}$$

$$= 0.6263$$

⋮



$$\mu_{OPHKS9}(596.94) = \frac{596.94 - 1595}{156.6} = 0$$

Derajat keanggotaan kemudian dikelompokkan, hasil pengelompokkan ini akan menjadi aturan dalam model *fuzzy*. Aturan *fuzzy* disajikan pada tabel 4.1 berikut:  
Tabel 4.1. Aturan *fuzzy* harga kelapa sawit.

Rule	Harga minyak kelapa sawit	Produksi kelapa sawit	Harga kelapa sawit	Output
1	MKS 2	PKS 1	HKS 1	OPHKS 2
2	MKS 2	PKS 1	HKS 2	OPHKS 2
....	.....	.....	.....	.....
112	MKS 9	PKS 3	HKS 7	OPHKS 7

### Inferensi *Fuzzy* Prediksi Harga Kelapa Sawit

Inferensi *fuzzy* yaitu menyeleksi aturan dengan memakai satu aturan saja jika terdapat aturan yang sama. Sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan untuk prediksi harga kelapa sawit adalah model Sugeno orde nol. Perhitungan inferensi *fuzzy* menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab, akan tetapi akan diberikan salah satu contoh perhitungan inferensi *fuzzy* secara manual, misalnya pada aturan kedelapan. Untuk menentukan hasil implikasi data bulan Januari 2004 adalah sebagai berikut :

*If (Minyakkelapasawit is MKS2) and (ProduksiKelapasawit is PKS1) and (Hargakelapasawit is HKS1) then (output1 is OPHKS2)*

Berdasarkan aturan tersebut dapat diperoleh hasil implikasi sebagai berikut,

$$\alpha_{A3 \cap B1 \cap C2 \cap D3 \cap E2} = \min(0.7102, 0.7276, 0.6762, 0.7783) = 0.6762$$

Melakukan hal yang sama untuk aturan ke-2 sampai aturan ke-112 dengan menggunakan bantuan Matlab, sehingga ditemukan inferensi *fuzzy* sebanyak 67 rule, yaitu:

Tabel 4.2. Rule prediksi harga kelapa sawit.

Rule	Harga Minyak kelapa sawit	Produksi kelapa sawit	Harga kelapa sawit	Output	Hasil implikasi
1	0.985	0.9999	0.5009	0.6263	0.5009
2	0.7566	0.5837	0.6263	0.7091	0.5837
....	.....	.....	.....	.....	.....
67	0.6815	0.7372	0.7687	0.9122	0.6815

### Melakukan Defuzzifikasi

Pada metode Sugeno *defuzzifikasi* dilakukan dengan *weighted average* (WA), adapun persamaan yang dipakai untuk melakukan *defuzzifikasi* yaitu:

$$WA = \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \alpha_3 Z_3 + \dots + \alpha_n Z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}$$

Untuk melakukan *defuzzifikasi* terlebih dahulu dicari nilai  $\alpha$ -predikat ( $\alpha_n$ ), untuk mencari nilai  $\alpha$ -predikat ( $\alpha_n$ ) menggunakan inferensi *fuzzy* seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 4.1. Selanjutnya akan dicari nilai *output* (konstanta) ke-n ( $Z_n$ ), perhitungan konstanta ke-n ( $Z_n$ ) dan perhitungan *defuzzifikasi* bulan Januari 2004 berada pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3. Defuzzifikasi prediksi harga kelapa sawit.

Rule	$\alpha_n$	$z_n$	$\alpha_n z_n$
1	0.5009	595.0591	298.065083
2	0.5837	582.0926	339.767439
3	0.7091	562.4549	398.836798
4	0.5618	585.5221	328.946327
....	....	....	....
67	0.6815	566.7771	386.258594
Jumlah	40.3676		23311.20445

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dicari nilai WA, yaitu:

$$\begin{aligned} WA &= \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \alpha_3 Z_3 + \dots + \alpha_n Z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n} \\ &= \frac{0.5009 * 595.0591 + \dots + 0.6815 * 582.0926}{0.5009 + 0.5837 + \dots + 0.6815} \\ &= \frac{23311.2045}{40.3676} \\ &= 577.4731 \end{aligned}$$

### Hasil Prediksi

#### Prediksi Data *Training*

Prediksi data *training* harga kelapa sawit yang dibangun dari sistem *fuzzy* disajikan pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4. Prediksi data *training* harga kelapa sawit.

Bulan ke-	Harga kelapa sawit sebenarnya	Harga prediksi kelapa sawit
Jan-04	Rp596.94	Rp577.4731
Feb-04	Rp609.92	Rp590.31
Mar-04	Rp615.68	Rp609.95
.....	.....	.....
Apr-13	Rp1,450.87	Rp1,488.28

### Prediksi Data *Testing*

Prediksi data *testing* harga kelapa sawit yang dibangun dari sistem *fuzzy* disajikan pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5. Prediksi data *testing* harga kelapa sawit.

Bulan ke-	Harga kelapa sawit sebenarnya	Harga prediksi kelapa sawit
May-13	Rp1,428.15	Rp1,440.00
Jun-13	Rp1,422.17	Rp1,440.00
Jul-13	Rp1,375.52	Rp1,430.00
.....	.....	.....
Jul-15	Rp1,355.61	Rp1,440.00

### Mengukur Kesalahan Prediksi

#### Kesalahan Prediksi Data *Training*

Perhitungan nilai *mean square error* (MSE) untuk prediksi harga kelapa sawit disajikan pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6. Perhitungan MSE data *training* harga kelapa sawit

No	Harga kelapa sawit sebenarnya	Harga prediksi kelapa sawit	Selisih	$e_i^2$
1	Rp596.94	Rp577.4731	19.59906	384.1232
2	Rp609.92	Rp590.31	19.61258	384.6533
3	Rp615.68	Rp609.95	5.73494	32.88954
....	....	....	....	....
112	Rp1,450.87	Rp1,488.28	-37.4046	1399.104
Jumlah				124793.6

Setelah nilai jumlah kuadrat *error* didapat, maka akan dicari nilai rata-rata *mean square error* (MSE) dengan nilai sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_i^n e_i^2$$

$$MSE = \frac{1}{112} \sum_i^{112} e_i^2$$

$$MSE = \frac{124793.6}{112}$$

$$MSE = 1114.229$$

Perhitungan *mean absolute percentage error* (MAPE) untuk data *training* disajikan pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7. Perhitungan MAPE data *training* harga kelapa sawit

No	Harga kelapa sawit sebenarnya	Harga prediksi kelapa sawit	$\left  \frac{y - y^*}{y} \right  \times 100\%$
1	Rp596.94	Rp577.4731	3.283254598
2	Rp609.92	Rp590.31	3.215598767
3	Rp615.68	Rp609.95	0.931480639
....	....	....	....
112	Rp1,450.87	Rp1,488.28	2.578076295
Jumlah			327.2393453

Setelah nilai jumlah *absolut error* didapat, maka akan dicari nilai rata-rata MAPE dengan memakai persamaan:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - y^*}{y} \right| \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{1}{112} \sum_{i=1}^{112} \left| \frac{y - y^*}{y} \right| \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{1}{112} (327.2393453)$$

$$MAPE = 2.921779869\%$$

#### Kesalahan Prediksi Data *Testing*

Perhitungan *mean square error* (MSE) untuk data *testing* prediksi harga kelapa sawit disajikan pada Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8. Perhitungan MSE data *testing* harga kelapa sawit.

No	Harga kelapa sawit sebenarnya	Harga prediksi kelapa sawit	Selisih	$e_i^2$
1	Rp1,428.15	Rp1,440.00	11.855	140.541025
2	Rp1,422.17	Rp1,440.00	17.83	317.9089
3	Rp1,375.52	Rp1,430.00	54.485	2968.615225
....	....	....	....	....
28	Rp1,355.61	Rp1,440.00	84.395	7122.516025
Jumlah				65981.95486

Setelah nilai jumlah kuadrat *error* didapat, maka akan dicari nilai rata-rata MSE dengan nilai sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_i^n e_i^2$$

$$MSE = \frac{1}{28} \sum_i^{28} e_i^2$$

$$MSE = \frac{65981.95486}{28}$$

$$MSE = 2443.776106$$

Perhitungan MAPE untuk data *testing* disajikan pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9. Perhitungan MAPE data *testing* harga kelapa sawit

No	Harga asli kelapa sawit	Harga prediksi kelapa sawit	$\left  \frac{y - y^*}{y} \right  \times 100\%$
1	Rp1,428.15	Rp1,440.00	0.83009778
2	Rp1,422.17	Rp1,440.00	1.25371791
...	....	....	....
28	Rp1,355.61	Rp1,440.00	6.22563357
Jumlah			73.4239109

Setelah nilai jumlah absolut *error* didapat, maka akan dicari nilai rata-rata *mean absolute percentage error* (MAPE) dengan nilai sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{28} \left| \frac{y - y^*}{y} \right| \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{1}{28} \sum_{i=1}^{28} \left| \frac{y - y^*}{y} \right| \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{1}{28} (73.4239109)$$

$$MAPE = 2.71940411\%$$

## Kesimpulan Dan Saran

### Kesimpulan

Penelitian ini diawali dengan membagi 140 data menjadi 112 data *training* dan 24 data *testing* dengan persentase 80% untuk data *training* dan 20% untuk data *testing*. Langkah selanjutnya untuk sistem *fuzzy* model Sugeno yaitu menentukan himpunan *input* dan himpunan *output* untuk data *training* dan *testing*. Selanjutnya menentukan semesta pembicaraan, membuat himpunan *fuzzy* serta menentukan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*. Langkah selanjutnya membuat aturan *fuzzy* berdasarkan data *training*, kemudian membuat sistem *fuzzy* model Sugeno berdasarkan aturan *fuzzy*. Langkah terakhir pemodelan sistem *fuzzy* model Sugeno yaitu melakukan *defuzifikasi* menggunakan *weighted average* (WA). Setelah selesai melakukan pemodelan akan ditentukan

nilai *mean square error* (MSE) dan *mean absolute percentage error* (MAPE) langkah ini diperlukan untuk mengetahui keakuratan model *fuzzy* metode Sugeno.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MSE untuk data *training* prediksi harga kelapa sawit sebesar 1114.229, dan nilai MAPE sebesar 2.921779869%. Nilai MSE untuk data *testing* sebesar 2443.776106, dan nilai MAPE untuk data *testing* sebesar 2.71940411%.

### Saran

Hasil penelitian ini belum bisa dikatakan baik, karena masih perlu dilakukan pengembangan dan perbaikan untuk evaluasi penelitian selanjutnya. Pengembangan dan perbaikan dapat dilakukan dengan menambah jumlah data pada *input* dan *output*, menambah variabel yang digunakan sebagai *input*, menggunakan *defuzifikasi* lain seperti CAD atau *maximum*, menggunakan teori lain seperti statistika.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Jaffar, Roseleena Jaafar, N.J., et al. (2009). Photogrammetric grading of oil palm fresh fruit bunches. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS* Vol:09 No:10. Hlm 7-13.
- Arifin, Zainul, Salmiah, dan Emalisa. (2012). Analisis Harga Pokok Tandan Buah Segar (TBS), CPO Dan Inti Sawit Di Kebun Gunung Bayu Pt. Perkebunan Nusantara iv Kabupaten Simalungun.
- Asni. (2005). Analisis Pendapatan Dan Alih Fungsi Lahan Di Kabupaten Labuhan Batu. Tesis. Program Pascasarjana Program Magister Ekonomi Pembangunan. USU.
- Aziz Karia, Abdul, Imbarine, & Ismail Ahmad. (2013). Forecasting on Crude Palm Oil Prices Using Artificial Intelligence Approaches. *American Journal of Operations Research*, 2013, 3, 259-267. Hlm 259-267.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2015). Watermark statistik kelapa sawit Indonesia. Diakses dari <http://www.bps.go.id/index.php/pencarian?keywordforsearching=kelapa+sawit&yt1=Car> i.

- Fatin, Syakirah, Shamsudin, Rosnah, dan Yunus, Robiah. (2015). The Effect of Storage Time of Chopped Oil Palm Fruit Bunches on the Palm Oil Quality. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2. Hlm 165 – 172.
- Makky, Muhammad & Soni, Peeyush. (2013). Towards Sustainable Green Production: Exploring Automated Grading for Oil Palm Fresh Fruit Bunches (FFB) Using Machine Vision and Spectral Analysis. *International journal on advanced science engineering information technology* Vol.3 (2013) No. 1. Hlm 1-5.
- May, Z, & Amaran, M. H. (2011). Automated Oil Palm Fruit Grading System using Artificial Intelligence. *International Journal of Video & Image Processing and Network Security IJVIPNS-IJENS* Vol: 11 No: 03. Hlm 30-35.
- Norasyikin, Fadilah, et al. (2012). Intelligent Color Vision System for Ripeness Classification of Oil Palm Fresh Fruit Bunch. *Sensors*, ISSN 1424-8220. Hlm 14180-14195.
- Nur Kadim, Lina Arliana. (2014). Analisa Hubungan Faktor Yang Mempengaruhi Harga Jual Minyak Kelapa Sawit Pada Pt. Langkat Nusantara Kepong PKS Padang Brahrang. *Informasi dan Teknologi Ilmiah*, ISSN : 2339-210X. Hlm 49-56.
- Owolarafe, O.K & Arumughan, C. (2007). A Review of Oil Palm Fruit Plantation and Production under the Contract Growers Scheme in Andhra Pradesh and Tamil Nadu States of India. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Invited Overview No. 4, Vol. IX. Hlm 1- 17.
- Reza, Muhammad Pahlevi. (2015). Perkembangan komoditi TABS kelapa sawit . Diakses dari <http://disbun.kaltimprov.go.id/statis-83-perkembangan-harga-komoditi-perkebunan.html> dan <http://disbun.kaltimprov.go.id/statis-125-tbs.html>.
- Rosnah, Shamsudina, Syakirah Ali, Fatin, & Yunus, Robiah. (2015). The Effect of Storage Time of Chopped Oil Palm Fruit Bunches on the Palm Oil Quality. *ST26943*”, 2nd International Conference on Agricultural and Food Engineering, CAFEi2014. Hlm 166-172.
- Sri Kusumadewi dan Heri Purnomo. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Wang, L.X. (1997). *A Course in Fuzzy System and Control*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.