

## Optimasi Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Inference System Tsukamoto* dengan *Particle Swarm Optimization* pada Penentuan Jumlah Produksi Gula (Studi Kasus : Pabrik Gula Kebonagung Malang)

Nur Intan Savitri Bromastuty<sup>1</sup>, Budi Darma Setiawan<sup>2</sup>, Indriati<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email : <sup>1</sup>natnisavitri@gmail.com, <sup>2</sup>s.budidarma@ub.ac.id, <sup>3</sup>indriati.tif@ub.ac.id

### Abstrak

Produksi merupakan kegiatan menghasilkan barang dan jasa dengan menggunakan sumber daya yang disebut faktor produksi. Secara umum beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah produksi gula di Indonesia antara lain lahan atau luas areal tanah, rendemen tebu, jumlah tebu, jumlah tenaga kerja tetap dan musiman, operasional mesin, bahan pendukung, dan lama giling. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya telah diperoleh faktor produksi gula yang sangat berpengaruh pada PG Kebonagung Malang yaitu jumlah tebu, rendemen tebu, jumlah tenaga kerja dan operasional mesin. Penelitian yang ditujukan untuk memperkirakan jumlah produksi gula telah ada sebelumnya, namun masih belum optimal. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan perkiraan hasil produksi gula pada PG Kebonagung Malang dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* untuk mengoptimalkan fungsi derajat keanggotaan *Fuzzy Inference System Tsukamoto*. Pengujian dilakukan dengan banyak partikel dan banyak iterasi. Semakin besar iterasi dan jumlah partikel maka komputasi akan semakin berat. Dalam setiap pengujian pada jumlah partikel dan iterasi menghasilkan fitnes yang berbeda.

**Kata kunci:** *Produksi Gula, Fuzzy Inference System Tsukamoto, Particle Swarm Optimization, Optimasi Fungsi Derajat Keanggotaan*

### Abstract

*Production is an activity that resulted in goods and services with the usage of resources called production factor. The usual factors for sugar productions is farming area, sugar cane rendement, sugar cane amount, amount of labors, mechine operations, supporting materials and grinding time. Based on previous studies, the major factors that applies to PG. Kebonagung Malang are sugar cane amount, rendement, labor, and machine operations. Studies that estimate sugar production amount already exist, but it's still not optimal. This research was meant to optimize the estimation of sugar production of PG. Kebonagung Malang with particle swarm optimization method to optimize tsukamoto fuzzy inference system. Testing was done with varying particle counts and varying iteration. Computation speed decreases when the number of iterations and particles count increases. Every test with different particle count and iterations results in different fitness value.*

**Keywords :** *Sugar Production, Tsukamoto, Fuzzy, Inference System, Particle Swarm Optimization, Optimize Membership Function*

### 1. PENDAHULUAN

Produksi adalah kegiatan menghasilkan barang dan jasa dengan menggunakan sumber daya yang disebut faktor produksi (Lipsey et al, 1995). Faktor produksi seperti bahan baku, lahan, tenaga kerja, modal, biaya produksi, dan lain sebagainya dapat berpengaruh besar pada proses produksi (Widarwati, 2008). Secara umum produksi dapat diartikan sebagai kegiatan yang mentransformasikan

masukan(input) menjadi hasil atau keluaran(output), yang mencakup semua kegiatan yang menghasilkan barang atau jasa serta kegiatan lain yang mendukung usaha untuk menghasilkan suatu produk (Muzayyanah, 2014). Produksi merupakan salah satu aspek penting selain pemasaran yang harus diperhatikan oleh sebuah perusahaan atau pabrik. Kemampuan produksi tiap jenjang waktu tertentu akan diperhatikan dan dibandingkan satu dengan yang lain. Hal ini

akan menjadi penilaian keberhasilan atau peningkatan hasil produksi perusahaan tersebut. Setiap penilaian akan dijadikan bahan pertimbangan dalam evaluasi yang akan diberikan.

Beberapa perusahaan besar dan berkembang sangat memperhatikan sistem produksi yang dijalankan pada perusahaan tersebut. Seperti objek dalam penelitian ini yaitu gula PG (Perusahaan Gula) Kebonagung Malang telah melakukan riset dengan mengirimkan beberapa ahli pertanian untuk meneliti langsung bahan baku tebu, lahan atau kebun dan tata cara penanaman sampai panen. Yang kemudian akan dilakukan pertimbangan, serta diserahkan bantuan berupa materi dan penyuluhan mengenai budi daya tebu terhadap beberapa petani pemasok utama tebu untuk PG Kebonagung. Hal ini tidak lepas dari tingginya perhatian pihak produksi PG Kebonagung terhadap kualitas tebu sebagai bahan baku untuk gula yang mereka produksi. Selain itu dilakukan juga pengecekan terhadap operasional penggilingan, seperti pemeriksaan berkala terhadap mesin giling, pemeriksaan terhadap ampas tebu setelah digiling, Faktor tenaga kerja juga diperhatikan dengan benar, seperti jumlah tenaga kerja produksi tetap dan tenaga kerja tidak tetap.

Bagian produksi merencanakan dan menghitung semua kemungkinan dan jumlah yang bisa mempengaruhi jumlah produksi. Pada PG Kebonagung jumlah produksi dipengaruhi oleh beberapa faktor produksi yaitu bahan baku tebu, rendemen tebu, jumlah permintaan, tenaga kerja tetap, tenaga kerja musiman, dan operasional mesin. Direksi PG Kebonagung biasanya akan menyampaikan target jumlah produksi setiap musim giling (sekitar Mei sampai Desember), kemudian bagian produksi akan menyampaikan analisa dari hasil produksi sebelumnya, dan kemudian dijadikan acuan untuk perhitungan prediksi penyampaian target produksi. Dengan melihat permasalahan tersebut sangat penting adanya sebuah untuk menentukan prediksi jumlah produksi pada setiap musim giling.

Dalam penelitian ini yang dirancang akan menggunakan metode fuzzy inference tsukamoto, dan untuk optimasi fungsi keanggotaannya menggunakan metode Particle Swarm Optimization (PSO). Pada penelitian sebelumnya yaitu Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Dengan Algoritma PSO Pada Sistem Inferensi Fuzzy penentuan Jurusan

Siswa SMA, memperoleh kesimpulan akhir yang menyatakan rata-rata hasil akurasi menggunakan optimasi masih lebih rendah daripada tanpa menggunakan optimasi (Juningdiyah, 2011). Tidak dipaparkankan secara jelas alasan pengambilan kesimpulan tersebut. Perbedaan pada metode yang dipakai pada penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan terletak pada metode fuzzy yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya menggunakan fuzzy mamdani, sedangkan yang akan dilakukan sekarang menggunakan fuzzy inference system tsukamoto. Kelebihan menggunakan FIS Tsukamoto ini adalah dapat memprediksi dan memberikan toleransi data-data yang kurang tepat. Misalkan jumlah permintaan dan rendemen tebu. Diharapkan dengan digunakannya metode ini dapat membantu perusahaan dalam menentukan prediksi jumlah produksi gula setiap musim giling.

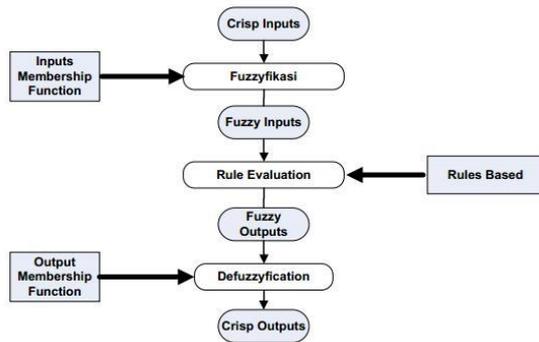
## 2. PRODUKSI GULA

Produksi merupakan kegiatan menghasilkan barang dan jasa dengan menggunakan sumber daya yang disebut faktor produksi (Lipsey et al, 1995). Secara umum beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah produksi gula di Indonesia antara lain:

1. Lahan atau luas areal tanah
2. Rendemen tebu.
3. Jumlah tebu
4. Tenaga kerja tetap
5. Tenaga kerja musiman
6. Bahan pembantu atau pendukung
7. Jam mesin dan operasional mesin
8. Lama giling

## 3. FUZZY TSUKAMOTO

Teori logika fuzzy dapat digunakan untuk merepresentasikan dan menangani masalah ketidakpastian, keraguan, ketidaktepatan, kurang informasi dan kebenaran yang bersifat sebagian. Secara lebih khusus sistem fuzzy memiliki langkah-langkah sebagai berikut:



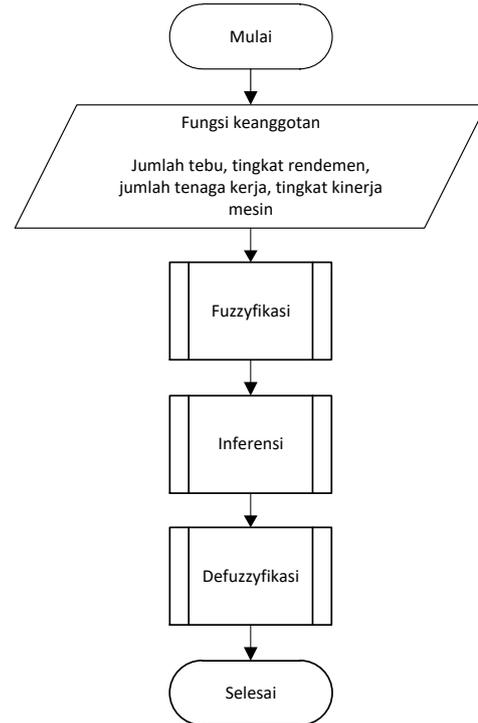
**Gambar 1.** Langkah – Langkah Sistem Pengendalian Fuzzy (Jang, 1997)

Untuk mendapatkan hasil keluaran berupa nilai *crisp*/ nilai *Z*, maka nilai masukan dirubah menjadi suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Metode defuzzifikasi pada metode Fuzzy Tsukamoto ini menggunakan metode rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzifier*). Yang dirumuskan pada persamaan berikut.

$$Z = \frac{(a_1 \times z_1) + (a_2 \times z_2) + \dots + (a_n \times z_n)}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

Keterangan:

- $Z$  = nilai *crisp output*
- $\alpha_1$  = nilai keanggotaan anteseden dari aturan fuzzy (rule 1)
- $z_1$  = nilai output pada aturan fuzzy (rule 1)
- $\alpha_2$  = nilai keanggotaan anteseden dari aturan fuzzy (rule 2)
- $z_2$  = nilai output pada aturan fuzzy (rule 2)
- $\alpha_n$  = nilai keanggotaan anteseden dari aturan fuzzy (rule n)
- $z_n$  = nilai output pada aturan fuzzy (rule n)



**Gambar 2.** Flowchart Sistem Fuzzy Tsukamoto

#### 4. PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Prinsip dibalik PSO adalah tiap individu yang disebut partikel akan bergerak dengan kumpulannya yang disebut *swarm* menuju partikel dengan kinerja terbaik saat masing-masing partikel mencari posisi maksimalnya. Selama iterasi setiap partikel dalam *swarm* selalu memperbarui kecepatan partikel dan posisinya.

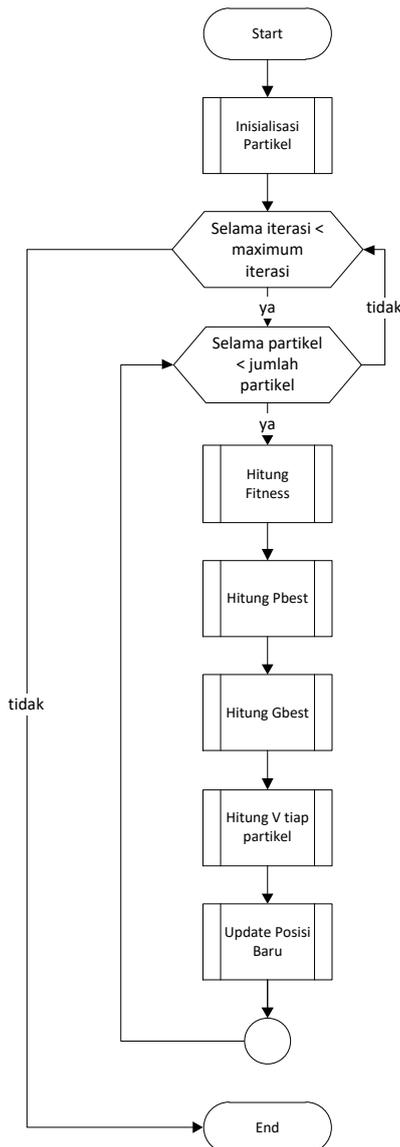
$$v_{id} = v_{id} + c_1 \times rand() \times (p_{id} - x_{id}) + c_2 \times rand() \times (p_{gd} - x_{id})$$

- Dimana:
- $v_{id}$  = kecepatan partikel
  - $c_1$  = konstanta
  - $rand$  = bilangan acak
  - $p_{id}$  = posisi terbaik masing-masing partikel
  - $x_{id}$  = posisi partikel
  - $c_2$  = konstanta
  - $p_{gf}$  = posisi terbaik seluruh partikel

$$x(t+1) = x(t) + v(t+1)$$

- $(t+1)$  = posisi baru partikel
- $x(t)$  = posisi partikel
- $v(t+1)$  = kecepatan baru partikel

Perancangan sistem pada penelitian ini dibuat berdasarkan pada tahapan metode Particle Swarm Optimization, yaitu sebagai berikut :



Gambar 3. Flowchart Sistem Dengan Metode Particle Swarm

#### 4.1. Root Mean Squared Error

Root-Mean-Squared Error (RMSE) atau akar rata-rata nilai error yang di kuadratkan merupakan cara yang sering digunakan untuk mengukur perbedaan nilai (sampel dan/atau populasi) dari model estimasi dengan data hasil observasi. RMSE bertujuan untuk menyatukan beberapa eror hasil prediksi menjadi satu nilai. RMSE digunakan untuk mengukur akurasi untuk perbandingan eror dari beberapa model prediksi dengan suatu data, dan bukan untuk antar set data (Hynd. 2006). RMSE dapat dihitung sesuai dengan persamaan berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

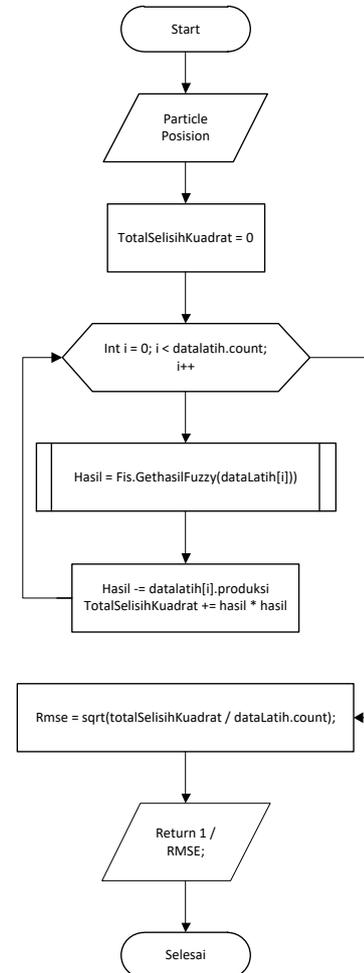
Dimana :

$\hat{y}_i$  = Angka Prediksi ke-i

$y_i$  = Angka variable dependen ke-i

$n$  = jumlah data prediksi

#### 4.2. Perhitungan Fitness

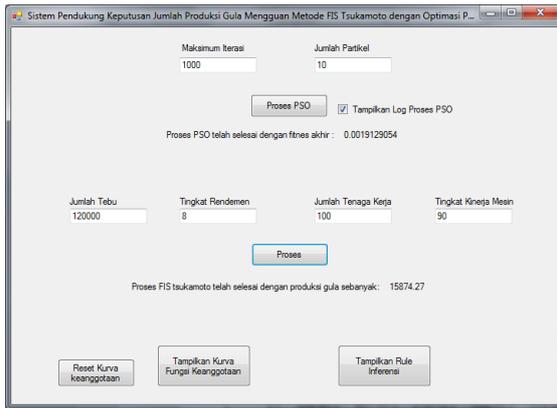


Gambar 4. Flowchart Perhitungan Fitness

Perhitungan *Fitness* dilakukan di setiap proses iterasi dan didapatkan dari perhitungan RMSE. Nilai *Fitness* yaitu 1/RMSE. Nilai RMSE didapatkan dari akar selisih kuadrat perhitungan hasil produksi suatu iterasi dengan hasil produksi pada data latih dibagi jumlah data latih. Sedangkan perhitungan hasil produksi di setiap iterasi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto, seperti pada *Flowchart* Gambar 2.

#### 5. IMPLEMENTASI

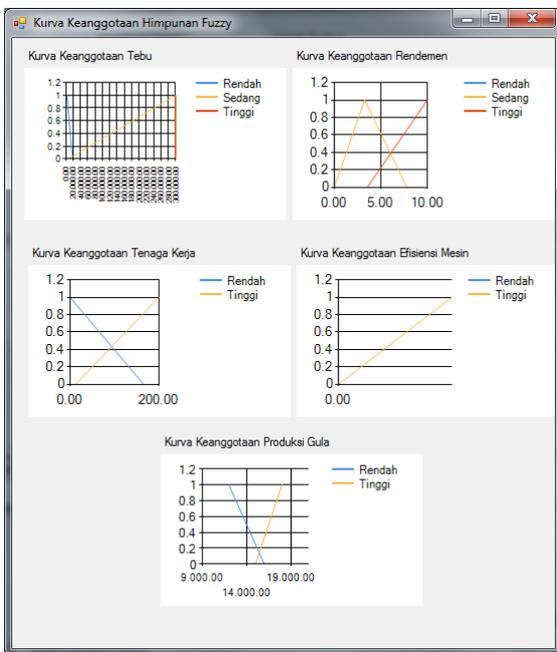
Implementasi antarmuka pada penelitian ini terdiri dari 5 halaman yaitu halaman *Home*, halaman *Log* proses PSO, halaman kurva fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, halaman kurva single, dan halaman *form rule*.



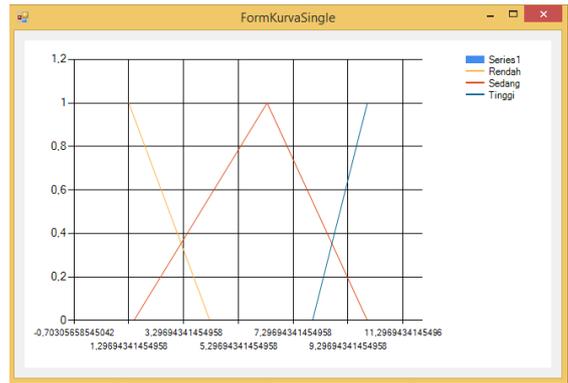
Gambar 5. Tampilan Antarmuka Home Aplikasi

Partikel Ke-	Tebu Rendah a	Tebu Rendah b	Tebu Sedang a	Tebu Sedang b
Iterasi ke-1000				
1	0.0000	138.725.3173	0.0000	199.238.2532
2	0.0000	0.0000	0.0000	198.436.1690
3	0.0000	0.0000	0.0000	300.000.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	3.785.1115
5	0.0000	0.0000	0.0000	300.000.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	277.065.1939
7	0.0000	105.277.8035	0.0000	300.000.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	26.382.1957
9	0.0000	0.0000	0.0000	300.000.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Gambar 6. Tampilan Antarmuka Catatan Proses PSO



Gambar 7. Tampilan Antarmuka Kurva Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy



Gambar 8. Tampilan Antarmuka Kurva Single

No.	Tebu	Rendemen	Tenaga Kerja	Efisiensi Mesin	Produksi Gula
1	rendah	rendah	rendah	rendah	rendah
2	rendah	rendah	rendah	tinggi	rendah
3	rendah	rendah	tinggi	rendah	rendah
4	rendah	rendah	tinggi	tinggi	rendah
5	rendah	sedang	rendah	rendah	rendah
6	rendah	sedang	rendah	tinggi	rendah
7	rendah	sedang	tinggi	rendah	rendah
8	rendah	sedang	tinggi	tinggi	rendah
9	rendah	tinggi	rendah	rendah	rendah
10	rendah	tinggi	rendah	tinggi	rendah
11	rendah	tinggi	tinggi	rendah	rendah
12	rendah	tinggi	tinggi	tinggi	rendah
13	sedang	rendah	rendah	rendah	rendah
14	sedang	rendah	rendah	tinggi	rendah
15	sedang	rendah	tinggi	rendah	rendah
16	sedang	rendah	tinggi	tinggi	rendah

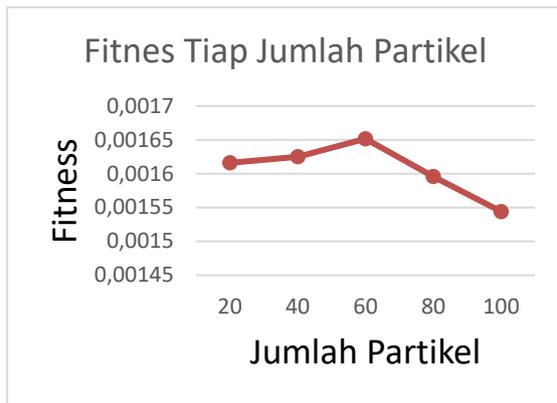
Gambar 9. Tampilan antarmuka form rule

## 6. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian yang dilakukan terdiri dari 2 jenis pengujian yaitu pengujian terhadap jumlah partikel dengan iterasi tertentu(diambil iterasi yang paling tinggi/1000) dan pengujian pada banyak iterasi dengan jumlah partikel tertentu(diambil jumlah partikel 100).

### 6.1. Hasil dan Analisa Uji Coba Banyak Partikel

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah partikel optimal untuk menghasilkan fitness terbaik. Jumlah partikel yang digunakan kelipatan 20, mulai dari 20 sampai dengan 100. Dalam pengujian ini menggunakan iterasi 1000. Setiap partikel dilakukan pengujian sebanyak lima kali, kemudian hasilnya dihitung selisihnya dengan data awal. Setelah itu selisih tersebut dirata-rata dan dihitung RMSE-nya sehingga didapatkan fitness. Fitness dari masing-masing iterasi akan dibandingkan mana yang memiliki fitness paling besar.



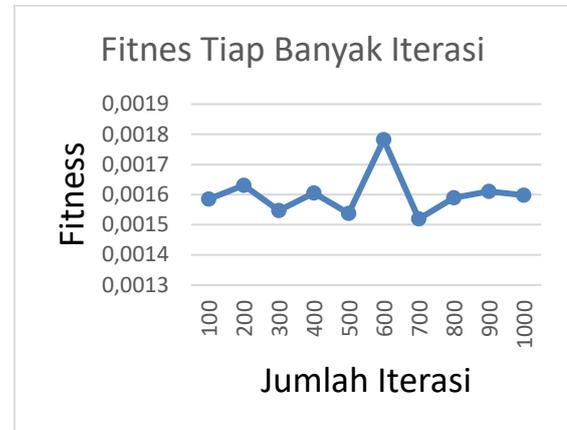
**Gambar 10.** Grafik Fitness Hasil Uji Coba Banyaknya Partikel

Berdasarkan hasil uji coba banyaknya partikel tertentu dapat diketahui bahwa pada setiap uji coba dapat menghasilkan fitness yang berbeda. Dapat dilihat bahwa nilai fitness yang paling tinggi dihasilkan pada jumlah partikel 60, yaitu bernilai 0.001652. Sedangkan yang memiliki nilai fitness yang paling rendah dihasilkan pada jumlah partikel 100, yaitu bernilai 0.001456. Kenaikan dan penurunan fitness yang terjadi pada setiap uji coba jumlah partikel tersebut di atas berskala kecil atau selisihnya kecil. Jumlah partikel yang besar mempengaruhi waktu komputasi yang terjadi pada perangkat lunak, semakin besar jumlah partikel yang digunakan maka semakin besar pula waktu komputasi yang dibutuhkan. Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa partikel 60 adalah solusi yang optimal karena dapat menghasilkan nilai fitness yang paling besar. Karena jumlah partikel cukup banyak untuk mengurangi dampak dari nilai optimum lokal pada masing-masing partikel. Yang dimaksud adalah makin banyak titik yang diperhitungkan dalam suatu iterasi maka hasil optimal lebih cepat ditemukan. Sedangkan pada partikel 100 mendapatkan nilai fitness paling rendah, karena memiliki jumlah titik lebih banyak sehingga noise yang didapatkan semakin besar pula, dan hal itu dapat mempengaruhi perhitungan.

**6.2. Hasil dan Analisa Uji Coba dengan Banyak Iterasi**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah iterasi yang optimal untuk menghasilkan fitness terbaik. Jumlah iterasi yang digunakan kelipatan 100, mulai dari 100 sampai dengan 1000. Setiap iterasi dilakukan pengujian sebanyak lima kali, kemudian hasilnya dihitung

selisihnya dengan data awal. Setelah itu selisih tersebut dirata-rata dan dihitung RMSE-nya sehingga didapatkan fitness. Fitness dari masing-masing iterasi akan dibandingkan mana yang memiliki fitness paling besar.



**Gambar 11.** Grafik Fitness Hasil Uji Coba Banyaknya Iterasi

Berdasarkan hasil uji coba banyaknya iterasi tertentu dapat diketahui bahwa pada setiap uji coba dengan jumlah iterasi tertentu dapat menghasilkan fitness yang berbeda. Dapat dilihat bahwa nilai fitness yang paling tinggi dihasilkan pada iterasi 600, yaitu bernilai 0.001782. Sedangkan yang memiliki nilai fitness yang paling rendah dihasilkan pada iterasi 700, yaitu bernilai 0.001519. Kenaikan dan penurunan fitness yang terjadi pada setiap iterasi tersebut di atas berskala kecil atau selisihnya kecil. Jumlah iterasi yang banyak mempengaruhi waktu komputasi yang terjadi pada perangkat lunak, semakin besar jumlah iterasi yang digunakan maka semakin besar pula waktu komputasi yang dibutuhkan. Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa iterasi 600 adalah solusi yang optimal karena dapat menghasilkan nilai fitness yang paling besar atau optimal.

**7. KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto dapat diimplementasikan untuk memprediksi jumlah produksi gula pada PG Kebonagung Malang, yaitu dengan memetakan setiap faktor produksi dalam fungsi derajat keanggotaan dan mengevaluasinya dengan *rule* yang telah ditentukan oleh pakar, kemudian hasilnya

- dirubah menjadi suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Metode defuzzifikasi pada metode Fuzzy Tsukamoto ini menggunakan metode rata-rata terpusat sehingga akan diperoleh hasil prediksi jumlah produksi gula.
2. Metode *Particle Swarm Optimization* dapat digunakan untuk mengoptimalkan fungsi keanggotaan pada *Fuzzy Tsukamoto* dalam prediksi produksi gula, yaitu dengan menyebar partikel dan mencari solusi optimal yang dapat diketahui dari fitness partikel tersebut.
  3. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa jumlah iterasi dan jumlah partikel pada sistem mempengaruhi hasil, hal ini dibuktikan dengan dihasilkannya fitness yang berbeda. Skala pencarian yang kecil (iterasi/partikel kecil) menyebabkan area penghitungan yang dilakukan tidak maksimal, begitu pula sebaliknya, apabila skala pencarian yang terlalu besar atau luas (iterasi/partikel besar) menyebabkan area penghitungan terlalu luas, sehingga memerlukan lebih banyak waktu komputasi.
  4. Hasil uji coba banyaknya iterasi menghasilkan bahwa nilai fitness yang paling tinggi dihasilkan pada iterasi 600, yaitu bernilai 0.001782. Sedangkan yang memiliki nilai fitness yang paling rendah dihasilkan pada iterasi 700, yaitu bernilai 0.001519.
  5. Hasil uji coba banyaknya partikel menghasilkan bahwa nilai fitness yang paling tinggi dihasilkan pada jumlah partikel 60, yaitu bernilai 0.001652. Sedangkan yang memiliki nilai fitness yang paling rendah dihasilkan pada jumlah partikel 100, yaitu bernilai 0.001456.
- DAFTAR PUSTAKA**
- Abdurrahman, Ginanjar., 2011. Penerapan metode tsukamoto (logika fuzzy) dalam untuk menentukan jumlah produksi barang berdasarkan data persediaan dan jumlah permintaan. S1. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Daihani, Dadan Umar, 2001. , Penerbit Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Hyndman, Rob J., Koehler, Anne B, 2006. Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*. 22
- Juningdiyah, Prisdhika., 2015. Optimasi fungsi keanggotaan fuzzy menggunakan algoritma partical swarm optimization (PSO) pada sistem inferensi fuzzy penentuan jurusan siswa SMA. S1. Universitas Brawijaya.
- Kurnianingtyas, Diva. 2017. Optimasi Derajat Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Diagnosa Penyakit Sapi Potong. S1. Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Brawijaya.
- Kusumaningrum, Nindy A., 2015. Klasifikasi Resiko Hipertensi Menggunakan Fuzzy Tsukamoto dan Algoritma Genetika. S1. Universitas Brawijaya.
- Mahmudy, WF., 2013. Algoritma Genetika. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Universitas Brawijaya.
- Muzayyanah, Iklila, 2014. untuk penentuan persediaan bahan baku dan membantu target marketing industri dengan metode fuzzy inference system tsukamoto, studi kasus: produksi air minum dalam kemasan santri Sindogiri. S1. Universitas Brawijaya.
- Noviandi. 2016. Optimasi Fuzzy Inference System Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Prediksi Awal Musim Hujan. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Shinta, Agustina dan Pratiwi, Andini R., 2011. Analisis Faktor Produksi Gula Kebonagung Malang. Sosial Ekonomi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Turban, Efrain dan Aronson, Jay, 2001. *Decision Support System and Intelligent System*. Prentice Hall. New Jersey.
- Widarwati, Tutik, 2008. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi gula di PG Pagottan. S1, Institut Pertanian Bogor.
- Zadeh, L. A., 1968. *Probability measures of Fuzzy Events*. *Journal of Mathematical Analysis and Applications* Vol.2. Issue 2.