

## Implementasi Genetik Algoritma untuk Mengoptimalkan Posisi Turbin Angin Pada *Wind Farm*

<sup>1</sup>Masayu Setty Rahmadani, <sup>2</sup>Rozan Haqi Pratama, <sup>3</sup>Herminarto Nugroho  
<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pertamina  
e-mail: [herminarto.nugroho@universitaspertamina.ac.id](mailto:herminarto.nugroho@universitaspertamina.ac.id) (email korespondensi)

Received: 21 April 2022

Accepted: 08 Februari 2023

### Abstract

*Wind energy is one of the important alternative energy source due to its advantages such as cheap, green and widely available. When the wind is blowing through a wind turbine, it creates wake current because of the energy extraction from wind to the turbine to generate electric power as well as the disturbance from the surroundings reduce the wind power. That is why, turbine position should be carefully considered to obtain the maximum electric power generated. This is done by reducing the wake effect created by each turbine in the wind farm. In this paper, genetic algorithm is used to find the optimum position of each turbine in a wind farm. By determining the optimum position of each turbine, the total electric power generated from all turbine in wind farm will be maximum. Genetic algorithm is a suitable method for solving complex non-linear optimization problem compared to the conventional solution.*

**Keywords:** *engineering optimization; renewable energy; genetic algorithm*

### Abstrak

Energi angin menjadi salah satu alternatif energi yang paling penting karena keunggulan sumber daya yang kaya didistribusikan secara luas dan ramah lingkungan. Ketika angin mengalir di atas turbin angin, arus bangun dihasilkan karena ekstraksi tenaga angin dan gangguan. Rotor turbin yang akan mengurangi output daya pada turbin hilir. Oleh karena itu, posisi turbin harus dirancang untuk mengurangi efek bangun yang mengekstraksi lebih banyak daya ketika membangun ladang angin. Dalam jurnal ini, digunakan metode genetik algoritma untuk menyelesaikan masalah optimasi posisi turbin angin. Metode perhitungan dan simulasi genetik algoritma digunakan untuk mempertimbangkan posisi antar turbin dan pengaruh penambahan turbin pada turbin lain di ladang angin sehingga dapat menghasilkan daya output yang maksimal pada masing-masing turbin. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional.

**Kata Kunci:** teknik optimasi; energi terbarukan, algoritma genetik

### PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi, maka kebutuhan akan sumber energi juga akan terus meningkat dengan pesat. Energi fosil sebagai sumber energi utama yang digunakan saat ini, ketersediaannya akan terus menipis dan akan habis (Ellabban, Abu-Rub, & Blaabjerg, 2014). Untuk mengatasi ketersediaan energi dan dampak negatif yang ditimbulkan dari pemakaian energi fosil terhadap lingkungan. Maka perlu adanya alternatif lain yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sumber energi yang ramah lingkungan dimasa mendatang. Sumber energi baru terbarukan seperti energi air, energi surya, energi panas bumi, dan energi angin menjadi salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi nasional

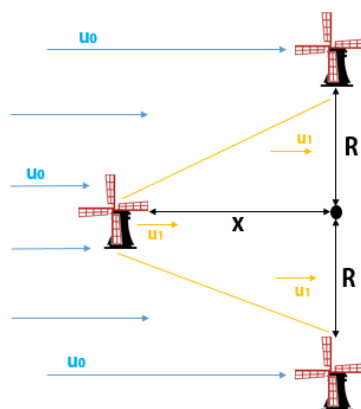
Energi angin dapat dimanfaatkan dengan menggunakan turbin angin, dimana turbin angin merupakan salah satu alat konversi energi angin yang mengubah energi potensial angin menjadi energi mekanik yang digunakan untuk memutar generator sehingga menghasilkan listrik (Zergane, Smaili, & Masson, 2018).

Ketika angin mengalir diatas turbin angin, aliran angin bayang-bayang yang dihasilkan karena ekstraksi tenaga angin dan gangguan pada rotor turbin akan mengurangi daya output pada turbin bagian hilir (Emami & Noghreh, 2010). Oleh karena itu, posisi turbin harus dirancang secara optimal untuk mengurangi efek aliran angin bayang-bayang dan mengekstraksi lebih banyak daya pada saat membangun ladang angin (M. X. Song, Chen, Zhang, & Wang, 2015). Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah optimasi posisi turbin angin seperti algoritma bionik dan algoritma genetika (Mitchell, 1998). Dalam jurnal ini, algoritma genetik digunakan untuk menyelesaikan masalah penentuan posisi turbin angin untuk mempertimbangkan pengaruh penambahan turbin pada turbin lain yang ada sehingga dapat menghasilkan daya output yang maksimal. Genetik algoritma dapat menjadi solusi yang paling efektif dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional (Tabassum, Mathew, & others, 2014).

## METODE PENELITIAN

### Pemodelan Posisi Turbin Angin pada Wind Farm

Berdasarkan data yang diperoleh pada tahap pengolahan data, pada tahap ini akan dirancang model matematika untuk menyelesaikan kasus posisi turbin angin tersebut. Pemodelan aliran angin pada turbin angin dapat ditentukan dari posisi turbin angin. Pemodelan posisi turbin angin yang akan digunakan berbentuk segitiga atau kerucut. Aliran angin yang memutar turbin angin akan mempengaruhi daya output yang dihasilkan oleh masing-masing turbin angin (M. Song, Chen, & Wang, 2018). Oleh karena itu, pada pemodelan ini akan didesign jarak optimal antar turbin pada ladang angin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pemodelan Posisi Turbin Angin

Pada gambar diatas,  $u_0$  merupakan kecepatan angin yang bertiup pada ladang angin tersebut sedangkan  $u_1$  merupakan kecepatan angin bayang-bayang yang telah dipengaruhi

oleh turbin angin sebelumnya. Posisi turbin angin dari satu turbin ke turbin lainnya akan ditentukan pada jarak sejauh  $x$  dan jarak selebar  $R$  yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Lebar radius aliran angin pada turbin hulu ditunjukkan pada persamaan 1 berikut:

$$R = \alpha x + r \quad (1)$$

Hubungan antara  $u_0$  dan  $u_1$  di representasikan pada persamaan 2 berikut ini:

$$u_1 = u_0 \left[ 1 - \frac{2a}{\left(1 - \frac{\alpha x}{r_1}\right)^2} \right] \quad (2)$$

dimana masing-masing parameter tersebut dapat ditentukan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut,

$$\alpha = \frac{1 - \sqrt{1 - C_T}}{2} \quad (3)$$

$$r_1 = r \sqrt{\frac{1 - a}{1 - 2a}} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{0.5}{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)} \quad (5)$$

Sehingga dapat diminimalisasikan dengan persamaan (6) dibawah ini

$$\min_{x,R} (u_0 - u_1)^2 \quad (6)$$

Dengan syarat terdapat sensor kecepatan angin yang dipasang pada turbin angin untuk membaca nilai  $u_0$ .  $u_0$  dapat ditentukan sendiri sebanyak 5 kali dengan satuan kecepatan km/jam yang dapat disesuaikan dengan keinginan user. Sedangkan  $u_1$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6).  $u_1$  dipengaruhi oleh jarak antar turbin ( $x$ ) dan jari-jari blade pada turbin angin ( $r_1$ ). Jarak antar turbin yaitu  $n < x < m$ , dimana batas minimum  $n$  bernilai sama dengan lebar turbin angin tersebut sedangkan batas maksimum  $m$  bernilai sama dengan luas ladang angin.

Kawasan ladang angin juga menjadi faktor yang akan mempengaruhi aliran angin yang akan memutar turbin untuk menghasilkan daya output dari masing-masing turbin. Berdasarkan, pemodelan yang telah dirancang diatas maka dapat disimulasikan dengan menggunakan metode algoritma genetik untuk menentukan posisi turbin angin yang secara optimal dapat menghasilkan daya output yang besar.

## Pengenalan Metode Algoritma Genetik

Algoritma genetic (AG) adalah suatu algoritma pencarian yang berbasis pada mekanisme seleksi alam dan genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional. Algoritma genetika diperkenalkan pertama kali oleh John Holland (1975) dari Universitas Michigan. John Holland menyatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan ke dalam terminologi genetika. Sifat algoritma genetika adalah mencari kemungkinan dari calon solusi untuk mendapatkan solusi yang optimal dalam penyelesaian masalah. Ruang cakupan dari semua solusi yang layak, yaitu berbagai obyek diantara solusi yang sesuai, yang dinamakan ruang pencarian. Tiap titik didalam ruang pencarian mempresentasikan satu solusi yang layak. Tiap solusi yang layak dapat ditandai dengan nilai evaluasinya. Solusi yang dicari dalam algoritma genetika adalah titik (satu atau lebih) diantara solusi yang layak dalam ruang pencarian. Sifat pencarian inilah yang menyebabkan algoritma genetika baik untuk diterapkan dalam menyelesaikan masalah.

Algoritma Genetik juga telah terbukti handal dalam menyelesaikan beberapa permasalahan optimasi, antara lain untuk menentukan posisi robot (Istighfarin, Rahmastati, & Nugroho, 2020), optimasi turbin angin (Fariez, Maulana, & Nugroho, 2020), optimasi laba (Jocom, Hidayat, & Adikara, 2018), dan untuk optimasi pitch angle turbine angin (Civelek, 2020).

## Simulasi Algoritma Genetik dengan MATLAB

Pada tahap ini akan dibuat program menggunakan software MATLAB. Pembuatan program ini disesuaikan dengan permasalahan dan algoritma yang digunakan yaitu algoritma genetik. Ketika dalam pembuatan program, data yang akan diolah disertakan didalam program. Parameter variable dapat ditentukan secara bebas untuk menentukan fitness value (Putra, 2018; Saraswat & Sharma, 2013).

Implementasi Algoritma Genetik pada MATLAB untuk menentukan nilai optimal posisi turbin angin:

```
%Set options to plot the objective function at each iterations
Options = optimoptions('ga','Plotfns',@gaplotbestf);
u0 = 12;
ct = 0.8;
r = 5;
h = 10;
z0 = 2.578.*10^-6;
a = (1-(1-ct)^(1/2))/2;
r1 = r.*((1-a)/(1-2.*a))^(1/2);
alpha = 0.5./log10(h/z0);
u1 = u0.*(1-(2.*a)/(1-(a.*x./r1)))^2;
%create the objective function
fun = @(x) (u0-u1)^2;
%set the initial value of x ;
lb = 10;
ub = 225;
%run the optimization process
X = ga(fun,1, [], [], [], [], lb,ub, [], options);
```

```
%x=ga (fun,nval,A,B,Aeq,Beq,lb,ub,nonlin,options
```

## HASIL DAN PEMBAHASAN

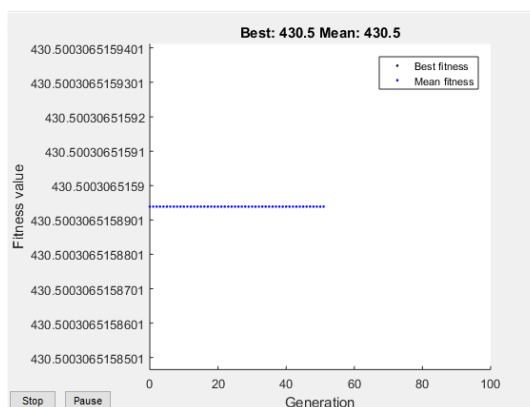
Pemodelan posisi turbin angin ini dilakukan untuk mengoptimalkan daya output yang dihasilkan pada masing-masing turbin. Model matematika posisi turbin angin ini diasumsikan dengan beberapa parameter sebagai berikut:

- Tinggi tiang penyangga turbin angin ( $h$ ) diasumsikan sebesar 10 meter
- Tingkat kekasaran permukaan ladang ( $z_0$ ) diasumsikan sebesar  $2.578 \mu\text{m}$
- Kecepatan angin hulu ( $u_0$ ) diasumsikan sebesar 12 km/jam
- Koefisien trust ( $C_T$ ) diasumsikan sebesar 0,8 s.

Berdasarkan asumsi-asumsi diatas maka model matematika dalam menentukan posisi turbin angin adalah:

$$\min_{x,R} \left( u_0 - u_0 \left[ 1 - \frac{2a}{\left(1 - \frac{\alpha x}{r_1}\right)^2} \right] \right)^2 \quad (7)$$

Setelah dilakukan implementasi algoritma genetika pada MATLAB dengan percobaan yang telah ditentukan sebelumnya. Maka, didapatkan hasil simulasi seperti pada Gambar 2 berikut ini



Gambar 2. Hasil Simulasi Implementasi Algoritma Genetik pada MATLAB

Nilai fitness menyatakan bagus atau tidaknya obyek. Semakin besar nilai fitness suatu obyek menyatakan semakin baik obyek tersebut. Dengan bantuan software Matlab ditentukan nilai fitness dari setiap obyek. Berdasarkan Gambar 3, uji coba algoritma genetic untuk mengoptimalkan posisi turbin angin didapatkan nilai fitness terbaik pada iterasi ke-52 dengan nilai fitness sebesar 430,5. Nilai fitness tersebut menyatakan bahwa obyek tersebut memiliki posisi paling optimal untuk menentukan posisi turbin angin.

## SIMPULAN DAN SARAN

Metode algoritma genetika dapat diterapkan dalam penyelesaian posisi turbin angin. Simulasi dilakukan dengan mencari solusi posisi optimal antar turbin dari hulu hingga ke

hilir. Solusi diperoleh dalam bentuk jarak antar turbin yang disusun dalam bentuk segitiga atau kerubut dengan memenuhi kendala angin bayang-bayang yang disebabkan oleh turbin lain yang berada di hulu. Dari hasil yang telah disimulasikan pada Matlab didapatkan nilai fitness terbaik sebesar 430,5 pada iterasi ke-52.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Civelek, Z. (2020). Optimization of fuzzy logic (Takagi-Sugeno) blade pitch angle controller in wind turbines by genetic algorithm. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(1), 1–9.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748–764.
- Emami, A., & Noghreh, P. (2010). New approach on optimization in placement of wind turbines within wind farm by genetic algorithms. *Renewable Energy*, 35(7), 1559–1564.
- Fariez, M. R., Maulana, F. G., & Nugroho, H. (2020). Penggunaan Metode Optimasi Genetic Algorithm dalam Penentuan Letak Turbin Angin. *JURNAL TEKNOLOGIA*, 2(2).
- Istighfarin, N. F., Rahmastati, R. A., & Nugroho, H. (2020). Penerapan Metode Particle Swarm Optimization (PSO) Dan Genetic Algorithm (GA) Pada Sistem Optimasi Visible Light Communication (VLC) Untuk Menentukan Posisi Robot. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 279–286.
- Jocom, B. P., Hidayat, N., & Adikara, P. P. (2018). Penerapan Genetic Algorithm untuk Optimasi Peningkatan Laba Persediaan Produksi Pakaian. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN*, 2548, 964X.
- Mitchell, M. (1998). *An introduction to genetic algorithms*. MIT press.
- Putra, I. M. S. (2018). Penerapan Algoritma Genetika Dan Implementasi Dalam MATLAB. *Vol*, 53, 1689–1699.
- Saraswat, M., & Sharma, A. K. (2013). Genetic Algorithm for optimization using MATLAB. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 4(3), 155–159.
- Song, M., Chen, K., & Wang, J. (2018). Three-dimensional wind turbine positioning using Gaussian particle swarm optimization with differential evolution. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 172, 317–324.
- Song, M. X., Chen, K., Zhang, X., & Wang, J. (2015). The lazy greedy algorithm for power optimization of wind turbine positioning on complex terrain. *Energy*, 80, 567–574.
- Tabassum, M., Mathew, K., & others. (2014). A genetic algorithm analysis towards optimization solutions. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC)*, 4(1), 124–142.
- Zergane, S., Smaili, A., & Masson, C. (2018). Optimization of wind turbine placement in a wind farm using a new pseudo-random number generation method. *Renewable Energy*, 125, 166–171.