

# Penggunaan Metode Firefly Algorithm untuk Optimasi Economic Dispatch pada PLTU Tanjung Jati B

<sup>1</sup>Krisna Mahar Habsyi,<sup>2</sup>Misbah, <sup>2</sup>Pressa Perdana ST, MT

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik

<sup>1</sup>yuki\_crisna@yahoo.com, <sup>2</sup> Email Penulis 2 (Font 10)

**Abstrak**—Definisi *economics dispatch (ED)*, yaitu bagaimana mendapatkan biaya operasi yang minimum dengan tetap memenuhi batasan yang ada. Salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan ini, yaitu dengan menggunakan metode *Firefly Algorithm (FA)*. Dalam FA, terdapat dua masalah penting yaitu variasi intensitas cahaya dan perumusan *attractiveness* ( $\beta$ ). Dalam jurnal ini, metode FA coba diaplikasikan untuk ED pada PLTU Tanjung Jati B. Untuk melihat performa dari metode *Firefly Algorithm*, metode ini dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier*. Hasilnya dengan pembangkitan daya yang sama yakni sebesar 1900 MW, metode FA menghasilkan biaya pembangkitan sebesar 60569,45 \$/jam, sedangkan metode Lagrange menghasilkan biaya pembangkitan sebesar 60829,30 \$/jam. Kesimpulannya metode FA terbukti mampu menemukan solusi optimal dari permasalahan ED dengan penghematan biaya sebesar 259,80 \$/jam atau 0,43 % dibandingkan metode Lagrange.

**Kata Kunci**—*Economic Dispatch, Firefly Algorithm (FA), Intensitas Cahaya, Attractiveness, Lagrange Multiplier.*

**Abstract**—*The definition of economics dispatch (ED), that is how to get a minimum operating cost and still meeting existing constrain. One of the methods to solve this problem, that is by using Firefly Algorithm (FA). In the FA, there are two important issues namely variations in light intensity and formulation of attractiveness ( $\beta$ ). In this jurnal, FA method try applied to ED at PLTU Tanjung Jati B. To see the performance of the Firefly Algorithm method, this methods compared with the Lagrange Multiplier method. The result with the same power generation that is equal to 1900 MW, The FA method generates a generation cost of 60569,45 \$/h, while the Lagrange method results in generating costs of 60829,30 \$/h. In conclusion FA method proved able to find optimal solution from ED with cost saving equal to 259,80 \$/h or 0,43 % compared to lagrange method.*

**Keywords**— *Economic Dispatch, Firefly Algorithm (FA), light intensity, Attractiveness, Lagrange Multiplier*

## I. Pendahuluan

Salah satu permasalahan dalam pengoperasian ekonomis pembangkit tenaga listrik adalah *economics dispatch*, yaitu bagaimana mendapatkan biaya operasi yang minimum dengan tetap memenuhi batasan yang ada dan handal. *Economics dispatch* memerlukan

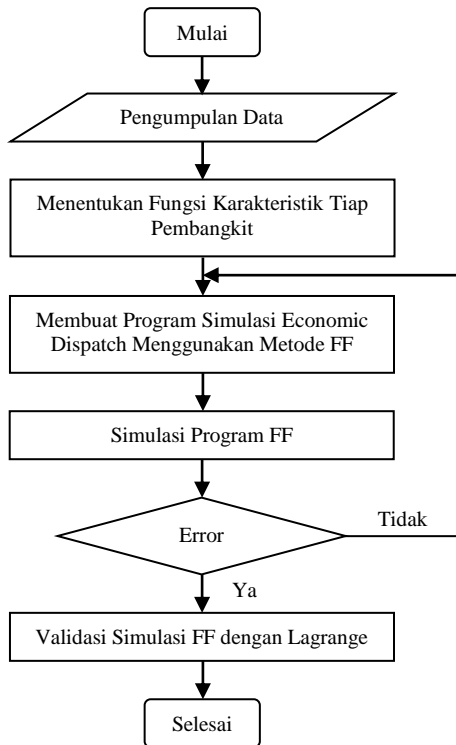
optimasi dengan mengkombinasikan kondisi linear maupun non-linear, batasan-batasan yang ada dan algoritma perhitungan. Untuk mendapatkan biaya operasi yang optimal dan ekonomis, berbagai metode optimasi telah diterapkan. Salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan ini, yaitu dengan menggunakan teknik *Firefly Algorithm (FA)*.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Jati B merupakan salah satu pembangkit yang menyuplai kebutuhan tenaga listrik di sistem Jawa-Bali. PLTU Tanjung Jati B sendiri memiliki 4 unit dengan kapasitas generator dengan masing-masing berkapasitas 660 MW. Dalam penelitian ini membahas economic dispatch menggunakan metode FA pada ke 4 unit PLTU Tanjung Jati B. Hasil dari penelitian ini adalah kombinasi daya yang dibangkitkan dan oleh tiap-tiap generator dan biaya pembangkitan yang ekonomis, serta membandingkan hasil optimasi metode FA dengan metode Lagrange untuk membuktikan validitas dari metode FA dan mencari biaya operasi pembangkitan paling optimal.

## II. Metode Penelitian

### A. Metode Penelitian

Alur penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### B. Perancangan Sistem

Tujuan dari program simulasi ini adalah penjadwalan ekonomis pada masing-masing unit pembangkit PLTU Tanjung Jati B dengan mempertimbangkan batasan dari masing-masing pembangkit itu sendiri sehingga permintaan daya dapat terpenuhi dengan biaya pembangkitan seminimal mungkin.

Fungsi biaya bahan bakar yang sederhana pada masing-masing unit pembangkit dapat direpresentasikan dalam bentuk fungsi kuadrat dibawah ini :

$$Fi(Pi) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

$Fi(Pi)$  = biaya bahan bakar , \$/jam

$P_i$  = daya yang dihasilkan, MW

$a_i, b_i, c_i$  = koefisien biaya bahan bakar

### C. Kapasitas unit pembangkit

Generator dari setiap unit pembangkit tidak dapat membangkitkan daya melebihi batas maksimumnya dan tidak boleh dioperasikan dibawah batas minimumnya. Dalam hal ini unit PLTU Tanjung Jati B memiliki batasan sebagai berikut :

Tabel 1. Batasan Daya PLTU Tanjung Jati B

Generator	Batas Bawah (MW)	Batas Atas (MW)
STG 1	330	660
STG 2	330	660
STG 3	330	660
STG 4	330	660

### D. Karakteristik Unit-unit pembangkit

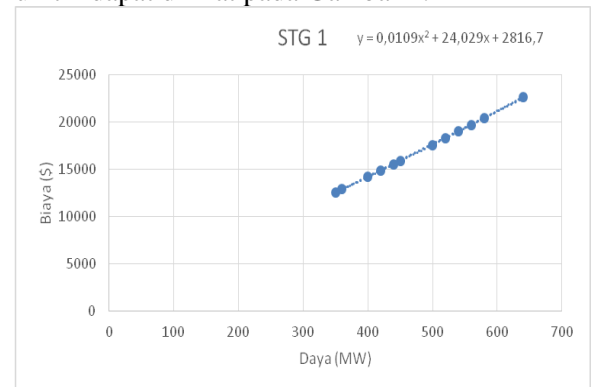
Karakteristik unit-unit pembangkit STG 1, STG 2, STG 3 dan STG 4 pada PLTU Tanjung Jati B

#### a. STG 1

Tabel 2. Pembangkitan Daya STG 1

Daya (MW)	Biaya (\$)	Daya (MW)	Biaya (\$)
350	12562,1	500	17556,2
360	12879,78	520	18259,14
400	14172,3	540	18970,8
420	14831,64	560	19691,18
440	15499,7	580	20420,28
450	15837	640	22659,9

Grafik fungsi kuadrat karakteristik pembangkit unit 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik karakteristik STG 1

Persamaan karakteristik pembangkit unit 1 adalah

$$C_1 = 2816.7 + 24.029P + 0.0109P^2$$

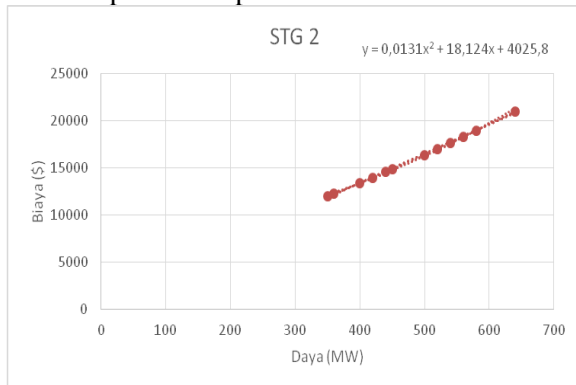
#### a. STG 2

Tabel 3. Pembangkitan Daya STG 2

Daya (MW)	Biaya (\$)	Daya (MW)	Biaya (\$)
350	11973,95	500	16362
360	12248,2	520	16992,52
400	13371,4	540	17632,72
420	13948,72	560	18283,4
440	14536,52	580	18944,56

450	14834,35	640	20990,92
-----	----------	-----	----------

Grafik fungsi kuadrat karakteristik pembangkit unit 2 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik karakteristik STG 2

Persamaan karakteristik pembangkit unit 2 adalah

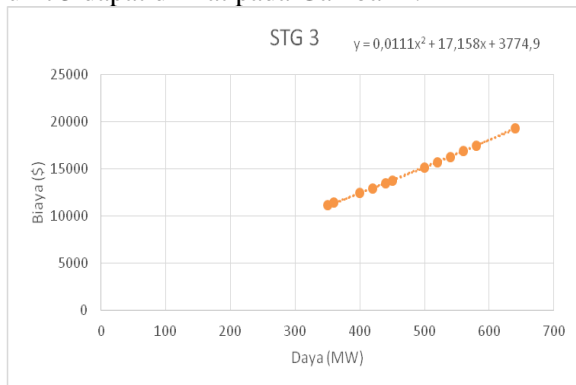
$$C_2 = 4025.8 + 18.124P + 0.0131P^2$$

b. STG 3

Tabel 4. Pembangkitan Daya STG 3

Daya (MW)	Biaya (\$)	Daya (MW)	Biaya (\$)
350	11139,95	500	15128,9
360	11390,34	520	15698,5
400	12414,1	540	16276,98
420	12939,3	560	16864,34
440	13473,38	580	17460,58
450	13743,75	640	19302,58

Grafik fungsi kuadrat karakteristik pemabngkit unit 3 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik karakteristik STG 3

Persamaan karakteristik pembangkit unit 3 adalah

$$C_3 = 3774.9 + 17.158P + 0.0111P^2$$

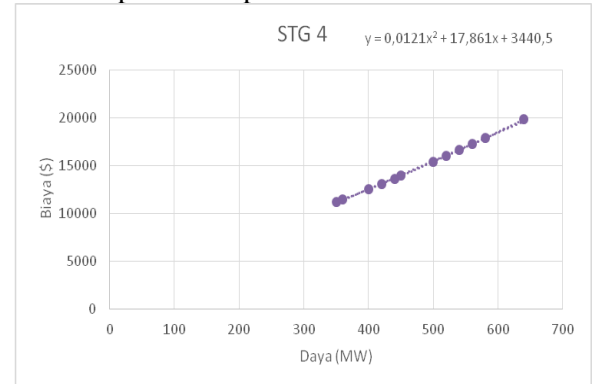
c. STG 4

Tabel 5. Pembangkitan Daya STG 4

Daya (MW)	Biaya (\$)	Daya (MW)	Biaya (\$)
350	11174,1	500	15396

360	11438,62	520	16000,06
400	12520,9	540	16613,8
420	13076,56	560	17237,22
440	13641,9	580	17870,32
450	13928,2	640	19827,7

Grafik fungsi kuadrat karakteristik pembangkit unit 4 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik karakteristik STG 4

Persamaan karakteristik pembangkit unit 4 adalah

$$C_4 = 3440.5 + 17.861P + 0.0121P^2$$

Dari perhitungan diatas maka pada pusat pembangkit listrik PLTU Tanjung Jati B yang terdiri 4 unit STG, mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. STG 1  
 $C_1 = 2816.7 + 24.029P + 0.0109P^2$
2. STG 2  
 $C_2 = 4025.8 + 18.124P + 0.0131P^2$
3. STG 3  
 $C_3 = 3774.9 + 17.158P + 0.0111P^2$
4. STG 4  
 $C_4 = 3440.5 + 17.861P + 0.0121P^2$

#### E. Perancangan Metode Firefly Algorithm

Metode optimasi untuk economic dispatch pada penelitian ini adalah Firefly Algorithm (FA). Firefly Algorithm (FA) pertama kali dikembangkan oleh Xin-She Yang pada akhir tahun 2008 di Cambridge University, yang didasarkan pada pola berkedip dan perilaku kunang-kunang.

Berikut ini beberapa istilah yang digunakan dalam *Firefly Algorithm (FF)* dan definisinya menurut Yang [2010] :

- a. **Populasi** adalah sebuah kumpulan solusi yang direpresentasikan dengan kunang-kunang (*firefly*).

- b. **Firefly** adalah individu dalam populasi yang terdiri dari kumpulan kode yang merepresentasikan solusi dari permasalahan.
- c. **Intensitas cahaya** adalah nilai atau ukuran untuk mengevaluasi *firefly* oleh kunang-kunang lainnya berdasarkan intensitas cahayanya. Terdapat dua masalah penting yaitu variasi intensitas cahaya dan perumusan *attractiveness*. Kecerahan pada kunang-kunang akan ditentukan oleh fungsi tujuan dan *attractiveness* sebanding dengan kecerahan, dengan demikian untuk setiap dua kunang-kunang yang berkedip, kunang-kunang dengan cahaya yang kurang terang akan bergerak kearah kunang-kunang yang cahayanya lebih cerah.

Intensitas cahaya pada kunang-kunang dipengaruhi oleh fungsi tujuan. Tingkat intensitas cahaya untuk masalah meminimumkan sebuah kunang-kunang  $x$  dapat dilihat sebagai  $I(x) = \frac{1}{f(x)}$ . Nilai  $I(x)$  merupakan

tingkat intensitas cahaya pada kunang-kunang  $x$  yang berbanding terbalik terhadap solusi fungsi tujuan permasalahan yang akan dicari  $f(x)$ .

*Attractiveness*  $\beta$  bernilai relatif, karena intensitas cahaya harus dilihat dan dinilai oleh kunang-kunang lain. Dengan demikian, hasil penilaian akan berbeda tergantung dari jarak antara kunang-kunang yang satu dengan yang lainnya  $r_{ij}$ . Selain itu, intensitas cahaya akan menurun dari sumbernya dikarenakan terserap oleh media, misalnya udara. Sehingga dapat ditentukan *attractiveness* ( $\beta$ ) dengan jarak  $r$  sebagai berikut :

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan  $\beta_0$  adalah daya tarik disaat tidak ada jarak antar kunang-kunang ( $r = 0$ ) dan  $\gamma \in [0, \infty)$  adalah koefisien penyerapan cahaya.

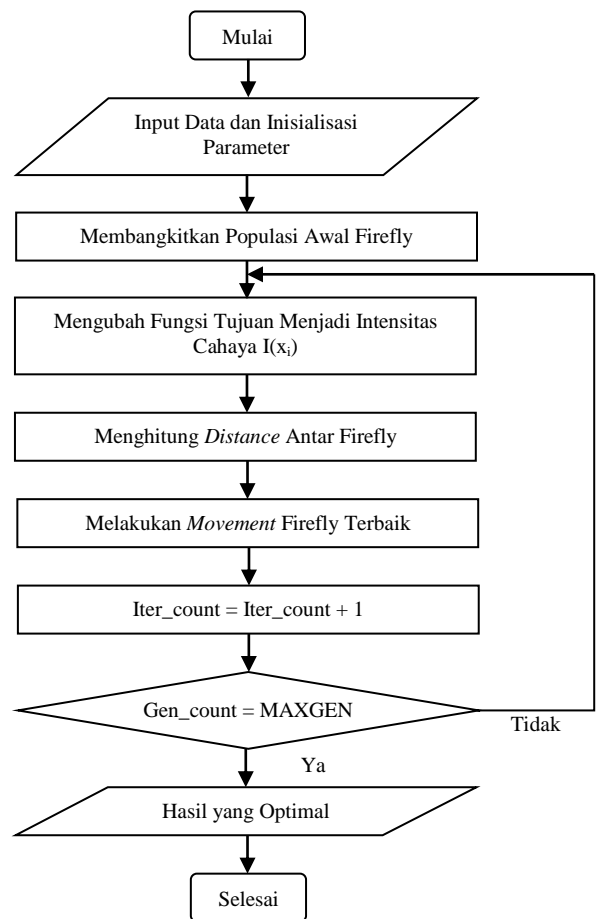
- d. **Distance** adalah jarak antara dua *firefly*. jarak antara dua kunang-kunang  $i$  dan  $j$  pada posisi, masing-masing  $x_i$  ,dan  $x_j$  , adalah jarak kartesian yang dirumuskan sebagai berikut:

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_i^k - x_j^k)^2} \dots\dots\dots(3)$$

- e. **Movement** adalah pergerakan yang dilakukan oleh masing-masing *firefly* menuju *firefly* lain yang intensitas cahayanya lebih terang. Dengan adanya *movement*, maka posisi *firefly* atau solusi dari *firefly* tersebut akan berubah sesuai rumus berikut :

$$x_{i\_new}^k = x_{i\_lama}^k + \beta_0 e^{-\gamma r^2} (x_{j\_lama}^k - x_{i\_lama}^k) + \alpha (rand - \frac{1}{2}) \dots\dots\dots (4)$$

Dengan suku pertama merupakan posisi lama dari *firefly*, suku kedua terjadi karena ketertarikan, suku ketiga adalah pergerakan random *firefly* dengan adalah koefisien parameter random dan rand adalah bilangan real random pada interval [0,1]. Pada sebagian besar implementasi *firefly algorithm* menggunakan  $\beta_0 = 1$ ,  $\alpha \in [0,1]$  dan  $\gamma \in [0, \infty)$ .



Gambar 6. Diagram Alir Firefly Algorithm

F. Proses Firefly Algorithm

Menurut Yang (2014), Firefly Algorithm dijalankan dengan cara sebagai berikut :

1. Inisialisasi parameter Firefly Algorithm.
2. Membangkitkan secara random populasi awal sebanyak  $m$  firefly. Hitung intensitas cahaya tiap firefly  $I(x)$  berdasarkan nilai fungsi tujuan  $f(x)$ .
3. Membandingkan intensitas cahaya tiap firefly dengan firefly lainnya. Apabila terdapat firefly yang intensitas cahayanya lebih besar, akan dilakukan update pergerakan firefly menggunakan persamaan movement.
4. Menentukan G-best. Untuk iterasi pertama, firefly terbaik (firefly dengan intensitas cahaya terbesar) adalah G-best.
5. Membandingkan firefly terbaik tiap iterasi dengan G-best yang diperoleh. Apabila intensitas cahaya firefly terbaik saat itu lebih besar daripada G-best maka firefly tersebut menjadi G-best.
6. Melakukan movement dengan persamaan

$$x_{i\_new}^k = x_{i\_lama}^k + \alpha \left( rand - \frac{1}{2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Kepada firefly terbaik dan menggabungkan dengan firefly yang lain untuk menjadi populasi awal pada iterasi selanjutnya.

7. Melakukan proses diatas sampai batas iterasi dipenuhi.

### III. Hasil dan Pembahasan

#### A. Perbandingan Metode FA dengan Metode Lagrange Multiplier

Hasil pengujian simulasi dari 100 kali iterasi didapatkan hasil yang paling baik dari metode Firefly Algorithm dan metode Lagrange Multiplier menghasilkan daya keluaran dan biaya total untuk empat unit generator yang dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa dengan pembangkitan daya yang sama yakni sebesar 1900 MW, metode Firefly Algorithm menghasilkan biaya pembangkitan sebesar 60569,45 \$/jam, bila dibandingkan dengan metode Lagrange menghasilkan biaya pembangkitan sebesar 60829,30 \$/jam. Dengan ini jika dibandingkan dengan metode Lagrange, Firefly Algorithm mampu menghemat biaya pembangkitan sebesar 259,85 \$/jam nya atau lebih hemat sekitar 0,42 %.

Tabel 5. Hasil Simulasi Lagrange Multiplier

Lagrange					
Daya	STG 1	STG 2	STG 3	STG 4	Total Biaya
1400	330,0000	330,0000	410,0991	338,9009	46692,56
1900	330,0242	419,1549	660,0000	490,8209	60569,45
2200	376,7110	539,3915	660,0000	623,8976	69818,18
2500	520,9910	659,0090	660,0000	660,0000	79922,99

(MW)	(MW)	(MW)	(MW)	(MW)	(\$/jam)
1400	330,0000	330,0000	410,0991	338,9009	46692,56
1900	330,0000	464,5112	591,7204	513,7683	60829,3
2200	387,7738	548,0032	660,0000	604,1930	70249,67
2500	521,0625	658,9375	660,0000	660,0000	80386,87

Tabel 6. Hasil Simulasi dengan Firefly Algorithm

Firefly Algorithm					
Daya (MW)	STG 1 (MW)	STG 2 (MW)	STG 3 (MW)	STG 4 (MW)	Total Biaya (\$/jam)
1400	330,0000	330,0000	410,0000	330,0000	46462,51
1900	330,0242	419,1549	660,0000	490,8209	60569,45
2200	376,7110	539,3915	660,0000	623,8976	69818,18
2500	520,9910	659,0090	660,0000	660,0000	79922,99

### IV. Kesimpulan

Pada unit pembangkit PLTU Tanjung Jati B, metode Firefly Algorithm mampu menemukan solusi yang optimal dari permasalahan ED dengan penghematan biaya sebesar 259,85 \$/jam atau 0,43 % dibandingkan metode Lagrange.

Penghematan paling besar pada saat pembebanan 2200 MW, metode Firefly Algorithm menghasilkan biaya pembangkitan sebesar 69818,18 \$/jam, bila dibandingkan dengan metode Lagrange menghasilkan biaya pembangkitan sebesar 70249,67 \$/jam. Dengan ini jika dibandingkan dengan metode Lagrange, Firefly Algorithm mampu menghemat biaya pembangkitan sebesar 431,49 \$/jam nya atau lebih hemat sekitar 0,61 %.

Dari hasil diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa metode Firefly Algorithm menghasilkan nilai yang lebih optimal dibandingkan dengan metode Lagrange.

### Daftar Pustaka

- [1] Wood, A.J. dan Wollenberg, B.F., (1996), "Power Generation Operation and Control, 2nd edition, John Wiley & Sons. Inc., New York
- [2] S. Khamsawang and S. Jiriwibhakorn. "Solving the Economic Dispatch Problem by Using Differential Evolutionary" presented at International
- [3] Journal of Electrical Power and Energy Systems Engineering 2:2,2009.
- [4] R. Storn, K. Price, "Differential Evolution : A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces", Journal of Global Optimization 11:341±359, 1997
- [5] S. Mirjalili, "SCA: A Sine Cosine Algorithm for solving optimization problems," Knowledge-Based Syst., vol. 96, pp. 120–133, 2016.
- [6] S. Kaur and S. Prashar, "A Novel Sine Cosine Algorithm for the solution of Unit UNIT PROBLEM FORMULATION

COMMITMENT,” *Int. J. Sci. Eng. Technol. Res.*, vol. 5, no. 12, pp. 3298–3310, 2016.

P. P. Singh, R. Bains, G. Singh, N. Kapila, and V. K. Kamboj, “Comparative Analysis on Economic Load Dispatch Problem Optimization using Moth Flame Optimization and Sine Cosine Algorithms,” no. 2, pp. 65–75, 2017