

## OPTICAL RING RESONATORS (ORR) MINIMALISASI RUGI DAYA MENGUNAKAN METODE SA DAN PSO

**M. Faizal Nuryusuf**

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Pertamina  
faizalnuryusuf28@gmail.com

**Lutvi**

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Pertamina  
lutviuvi96@gmail.com

**Herminarto Nugroho**

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Pertamina  
herminarto.nugroho@gmail.com

### ABSTRAK

Penyelesaian permasalahan yang terjadi pada industri penerbangan ataupun transfer data dapat diselesaikan dengan berbagai aplikasi teknik. Beberapa metode telah dikembangkan untuk menyelesaikan sistem persamaan ini dan metode *Simulated Annealing* (SA) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan ini. Namun, metode ini memerlukan waktu yang lama untuk mendapatkan nilai optimum karena sistemnya akan terus mencari nilai *global minimum* tanpa memperhatikan jumlah iterasi yang telah dilakukan. Pada makalah ini, dibuktikan bahwa pada permasalahan ini untuk mendapatkan nilai *global minimum* dari daya yang diinginkan, metode *Partical Swarm Optimization* (PSO) lebih efektif dan efisien daripada metode SA. Hal ini karena PSO lebih cepat menemukan nilai *global minimum* serta hasil dari setiap iterasi yang dilakukan cenderung stabil daripada metode SA. Dari lima sampel yang dilakukan dengan metode PSO, nilai *global minimum* yang didapatkan lebih baik dengan nilai yang besar dan waktu yang lebih cepat daripada metode SA.

**Kata kunci:** *simulated annealing (SA); global minimum; partical swarm optimization (PSO).*

### ABSTRACT

*Completion of problems that occur in the aviation industry or data transfer can be solved by various engineering applications. Several methods have been developed to solve this equation system and the Simulated Annealing (SA) method is one method that can be used to solve this equation. However, this method requires a long time to get the optimum value because the system will continue to search for minimum global values regardless of the number of iterations that have been done. In this paper, it is proven that in this problem to obtain the minimum global value of the desired daya, the Partical Swarm Optimization (PSO) method is more effective and efficient than the SA method. This is because PSO finds the minimum global value faster and the results of each iteration tend to be stable than SA method. From five samples carried out by the PSO method, the minimum global value obtained is better with high value and faster than SA method.*

**Keywords:** *simulated annealing (SA); global minimum; partical swarm optimization (PSO).*

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan transfer data dengan kecepatan yang sangat cepat semakin meningkat untuk memenuhi kebutuhan telekomunikasi ataupun industri. Salah satu industri yang terus mengembangkan ini adalah industri penerbangan yang digunakan dalam menerima ataupun mengirim sinyal ke/dari satelit. Untuk mendapatkan sinyal yang paling optimum, pesawat harus memfokuskan sinar transmisi ke satelit [1].

Metode yang biasa digunakan dalam mengatasi masalah ini adalah dengan *Phase Array Antenna* (PAA). Hal yang penting dalam sistem ini adalah *array elemen antenna* (AE) dan jaringan *beamforming*. Setiap AE menerima versi *delay* waktu dari sinyal yang diinginkan dari sudut tertentu. Sinyal yang diterima akan melalui jalur *Radio Frequency* (RF) dimana mereka tertunda dengan waktu *delay* yang ditentukan sebelumnya. Ini dilakukan untuk memastikan sinyal datang terlebih dahulu ke jalur paling bawah, yang

akan menyederhanakan penyetelan proses. Setelah itu, sinyal akan melalui jaringan *beamforming*, dimana *delay* waktu disetel agar sesuai dengan *delay* yang diinginkan[1].

Jaringan *beamforming* adalah jaringan tunda-dan-gabungan yang dengannya sinyal yang diinginkan bertambah dalam fasa. Metode yang digunakan yaitu dengan jaringan *beamforming optic* dengan *optical ring resonators* (ORRs) sebagai waktu dengan *delay* dapat diatur elemennya.

Fungsi ORR adalah untuk memastikan bahwa sinyal yang diterima akan memiliki *delay* waktu yang sesuai sehingga sinyalnya akan konstruktif atau dengan kata lain dijumlahkan dalam fasa. ORR yang difokuskan pada tulisan ini fokus pada rugi daya yang terjadi pada saat sistem menerima input sinyal dengan menggunakan pemrograman *Simulated Annealing* (SA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk mendapatkan parameter optimal dari ORR rugi daya [1], [2].

Tulisan ini disusun sebagai berikut: pada bagian 2, kami menjelaskan metode penelitian dari ORR rugi daya. Pada bagian 3, kami menggambarkan metode SA dan PSO yang digunakan sebagai metode optimasi. Pada bagian 4, kami menampilkan hasil simulasi dan perbandingan antara kedua metode yang kami gunakan, dan yang terakhir adalah kesimpulan dari hasil yang telah didapatkan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Simulasi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai daya optimum. Kriteria daya didasarkan pada kenyataan bahwa daya ideal (*desired*) akan tercapai ketika semua fasa dari sinyal berbeda yang diterima oleh elemen antenna sama. Kriteria daya ini dapat didefinisikan dengan melihat respon fasa daripada grup *delay*. *Cost function* dari respon fasa untuk satu ORR adalah :

$$\psi(f) = \arctan\left(\frac{\sin(2\pi fT + \phi_i)}{\sqrt{1-k_i} - \cos(2\pi fT + \phi_i)}\right) - \arctan\left(\frac{\sqrt{1-k_i} \sin(2\pi fT + \phi_i)}{1 - \sqrt{1-k_i} - \cos(2\pi fT + \phi_i)}\right) \quad (1)$$

Dengan  $f$  adalah frekuensi,  $T$  adalah periode per-satu putaran ORR,  $k$  adalah koefisiensi kopling, dan  $\phi$  adalah pergeseran fasa. Sehingga, untuk mengukur daya optimum/daya aktual untuk satu jalur dapat ditentukan oleh persamaan dibawah ini:

$$P_{act} = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^P |a_i| |H_i(f_k)| e^{j(\psi_{total}(f_k) + 2\pi f_k D)} \quad (2)$$

Dimana  $i$  adalah urutan dari jumlah  $N$  ORR,  $k$  adalah urutan dari frekuensi dalam rentang frekuensi yang diberikan  $P$ , dan  $a$  adalah faktor bobot dari setiap ORR berbeda yang nilainya  $(0, \dots, 1)$ . Pada paper ini  $a$  diasumsikan satu. Pada simulasi ini juga hanya dilakukan pada satu ORR, sehingga tidak ada penjumlahan dari setiap ORR yang dilakukan, output yang didapatkan adalah output dari satu jalur ORR.

Dalam menyelesaikan masalah diatas, kami menggunakan dua metode optimasi untuk membandingkan metode yang lebih optimal, yaitu metode *Simulated Annealing* (SA) dan metode *Partical Swarm Optimization* (PSO).

### 2.1 *Simulated Annealing* (SA)

Merupakan suatu teknik pencarian berdasarkan probabilistik. Prosesnya dimulai dengan membuat inisialisasi solusi awal secara acak ( $S_0$ ). Setiap iterasi, algoritma SA mengganti solusi saat ini ( $S$ ) dengan sebuah solusi baru ( $S^*$ ), solusi baru ini dipilih secara acak dari tetangga  $S$  menggunakan fungsi probabilitas, yaitu probabilitas Boltzman [2], [3]. Kelebihannya adalah waktu komputasi lebih cepat dan tidak mudah terjebak pada local optimum [4]. Sedangkan kelemahannya adalah membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan nilai global optimum sehingga diperlukan banyak iterasi.

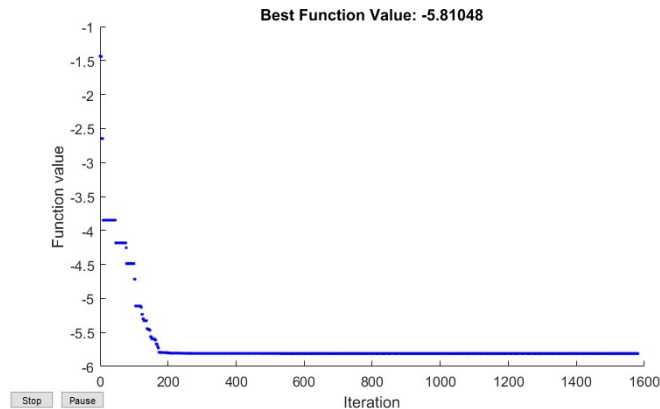
### 2.2 *Partical Swarm Optimization* (PSO)

Merupakan suatu algoritma yang dimodelkan pada segerombolan populasi yang menemukan solusi ke masalah pengoptimalan di ruang pencarian atau pemodelan yang memprediksi perilaku sosial yang memiliki suatu tujuan, seperti segerombolan burung dan ikan. PSO melakukan pencarian berbasis populasi dimana masing-masing individu yang disebut partikel mengubah posisi mereka terhadap waktu. Masing-masing partikel terbang mengitari ruang pencarian multi dimensional (*multidimensional search space*) dan menyesuaikan posisinya berdasarkan pengalaman pribadinya dan pengalaman partikel di sebelahnya [5], [6]. Kelebihan metode ini adalah mudah diimplementasikan dan hanya sedikit parameter yang dibutuhkan, serta lebih efisien karena membutuhkan sedikit komputasi/ lebih fleksibel dalam menjaga keseimbangan antara pencarian *global* dan *local* terhadap *search space*-nya [7], [8]. Sedangkan kekurangannya adalah

jika persamaan *objektif function* terlalu kompleks dan *constrain* banyak, maka pencarian local nilai optimum pada tiap iterasi akan lama dan akan terdapat nilai local optimum di luar *constrain* [9], [10].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan dengan menggunakan beberapa sampel sudut, yaitu  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$ . Pada simulasi dengan metode SA diambil lima sampel, hasil nilai daya optimum dari simulasi dirata-rata dan diambil sampel yang mendekati nilai rata-rata. Sedangkan pada simulasi dengan metode PSO hanya diambil satu sampel.

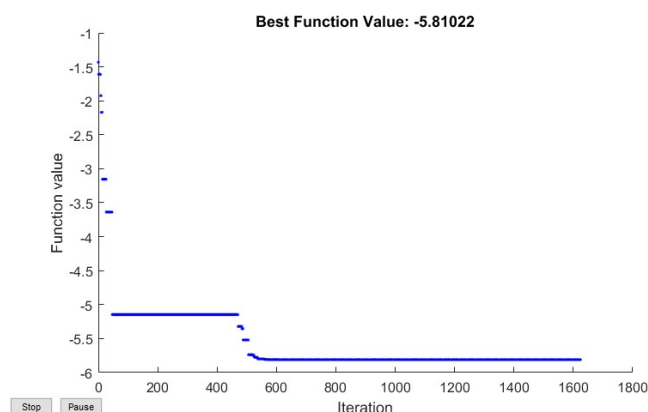


**Gambar 1. Hasil Simulasi Optimasi Orr Dengan Sudut Kedatangan  $90^{\circ}$  Menggunakan SA**

Gambar 1 adalah hasil simulasi satu sampel yang mendekati nilai rata-rata dari lima sampel yang dilakukan. Hasil yang didapatkan dari lima sampel yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 1. Urutan pertama pada tabel adalah hasil simulasi dengan daya paling optimum dan waktu iterasi paling cepat.

**Tabel 1. Hasil simulasi optimasi ORR dengan sudut kedatangan  $90^{\circ}$  menggunakan SA**

<i>No.</i>	<i>Daya Optimum</i>	<i>Waktu Iterasi (s)</i>	<i>Constrain k</i>	<i>Constrain <math>\theta</math></i>
1	5.81	6.007	1	$4.71^{\circ}$
2	5.81	8.02	1	$4.71^{\circ}$
3	5.81	8.54	1	$4.71^{\circ}$
4	5.51	7.505	0.99	$4.69^{\circ}$
5	5.403	5.52	0.99	$4.69^{\circ}$

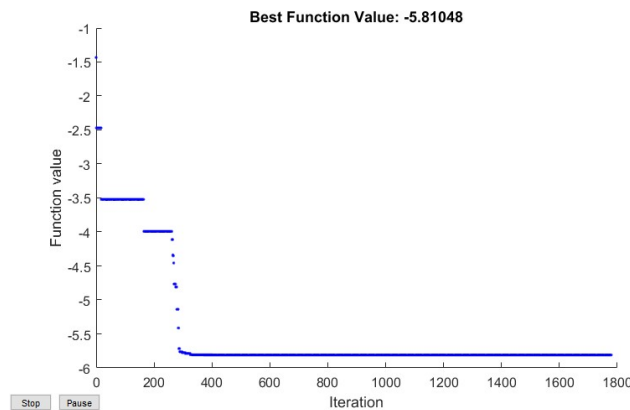


**Gambar 2. Hasil Simulasi Optimasi ORR dengan Sudut Kedatangan  $60^{\circ}$  Menggunakan SA**

Gambar 2 adalah hasil simulasi satu sampel yang mendekati nilai rata-rata dari lima sampel yang dilakukan. Hasil yang didapatkan dari lima sampel yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 2. Urutan pertama pada tabel adalah hasil simulasi dengan daya paling optimum dan waktu iterasi paling cepat.

**Tabel 2. Hasil Simulasi Optimasi ORR dengan Sudut Kedatangan 60<sup>0</sup> Menggunakan SA**

No.	Daya Optimum	Waktu Iterasi (s)	Constrain k	Constrain $\theta$
1	5.81	6.27	1	4.71 <sup>0</sup>
2	5.81	6.51	1	4.71 <sup>0</sup>
3	5.81	7.42	1	4.71 <sup>0</sup>
4	5.81	9.36	1	4.71 <sup>0</sup>
5	5.81	10.99	1	4.71 <sup>0</sup>

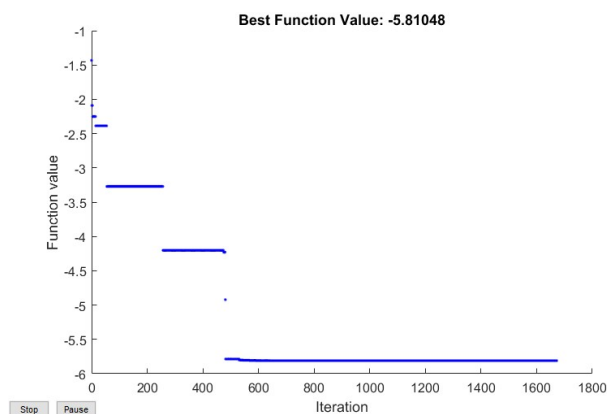


**Gambar 3. Hasil Simulasi Optimasi ORR dengan Sudut Kedatangan 45<sup>0</sup> Menggunakan SA**

Gambar 3 adalah hasil simulasi satu sampel yang mendekati nilai rata-rata dari lima sampel yang dilakukan. Hasil yang didapatkan dari lima sampel yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 3. Urutan pertama pada tabel adalah hasil simulasi dengan daya paling optimum dan waktu iterasi paling cepat.

**Tabel 3. Hasil Simulasi Optimasi ORR Dengan Sudut Kedatangan 45<sup>0</sup> Menggunakan SA**

No.	Daya Optimum	Waktu Iterasi (s)	Constrain k	Constrain $\theta$
1	5.81	6.55	1	4.71 <sup>0</sup>
2	5.81	8.41	1	4.71 <sup>0</sup>
3	5.61	6.73	0.99	4.65 <sup>0</sup>
4	5.17	4.18	0.96	4.50 <sup>0</sup>
5	5.14	6.18	0.95	4.54 <sup>0</sup>

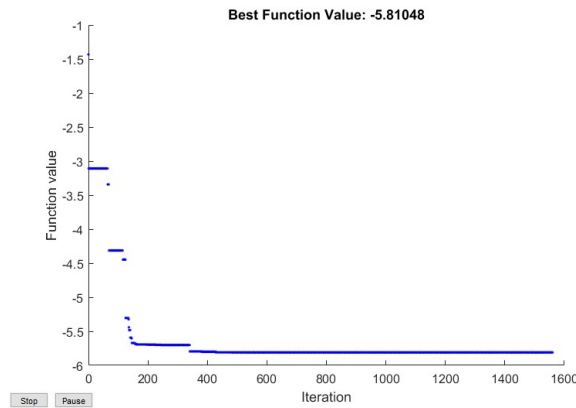


**Gambar 4. Hasil Simulasi Optimasi ORR dengan Sudut Kedatangan 30<sup>0</sup> Menggunakan SA**

Gambar 4 adalah hasil simulasi satu sampel yang mendekati nilai rata-rata dari lima sampel yang dilakukan. Hasil yang didapatkan dari lima sampel yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 4. Urutan pertama pada tabel adalah hasil simulasi dengan daya paling optimum dan waktu iterasi paling cepat.

**Tabel 4. Hasil simulasi optimasi ORR dengan sudut kedatangan 30<sup>0</sup> menggunakan SA**

No.	Daya Optimum	Waktu Iterasi (s)	Constrain k	Constrain $\theta$
1	5.81	6.27	1	4.71 <sup>0</sup>
2	5.81	7.91	1	4.71 <sup>0</sup>
3	5.81	11.79	1	4.71 <sup>0</sup>
4	5.81	12.26	1	4.71 <sup>0</sup>
5	5.71	8.83	0.99	4.68 <sup>0</sup>

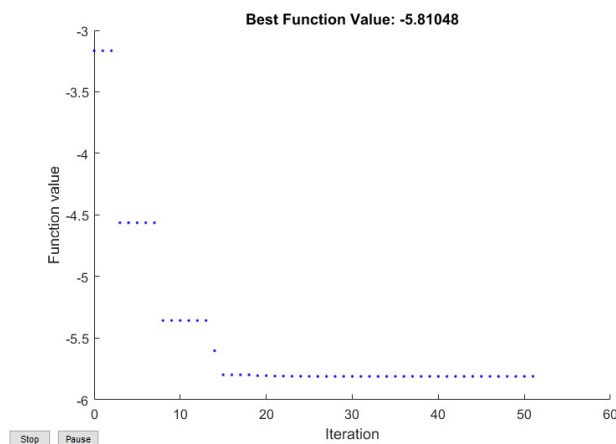


**Gambar 5. Hasil Simulasi Optimasi ORR dengan Sudut Kedatangan 0<sup>0</sup> Menggunakan SA**

Gambar 5 adalah hasil simulasi satu sampel yang mendekati nilai rata-rata dari lima sampel yang dilakukan. Hasil yang didapatkan dari lima sampel yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5. Urutan pertama pada tabel adalah hasil simulasi dengan daya paling optimum dan waktu iterasi paling cepat.

**Tabel 5. Hasil simulasi optimasi ORR dengan sudut kedatangan 0<sup>0</sup> menggunakan SA**

No.	Daya Optimum	Waktu Iterasi (s)	Constrain k	Constrain $\theta$
1	5.81	6.22	1	4.71 <sup>0</sup>
2	5.707	5.78	1	4.71 <sup>0</sup>
3	5.43	10.86	0.98	4.59 <sup>0</sup>
4	4.81	6.605	0.99	4.76 <sup>0</sup>
5	4.24	4.02	0.77	4.28 <sup>0</sup>

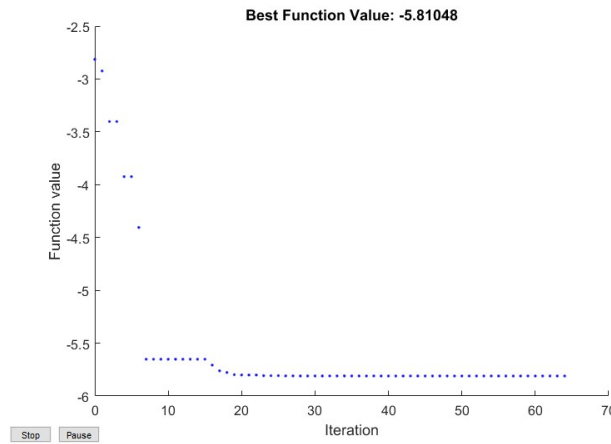


**Gambar 6. Hasil Simulasi Optimasi ORR dengan Sudut Kedatangan 90<sup>0</sup> Menggunakan PSO**

Gambar 6 adalah hasil simulasi satu sampel yang dilakukan menggunakan PSO. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Hasil simulasi optimasi ORR dengan sudut kedatangan  $90^0$  menggunakan PSO**

<i>Daya Optimum</i>	<i>Waktu Iterasi (s)</i>	<i>Constrain k</i>	<i>Constrain <math>\theta</math></i>
5.81	0.407	1	$4.71^0$

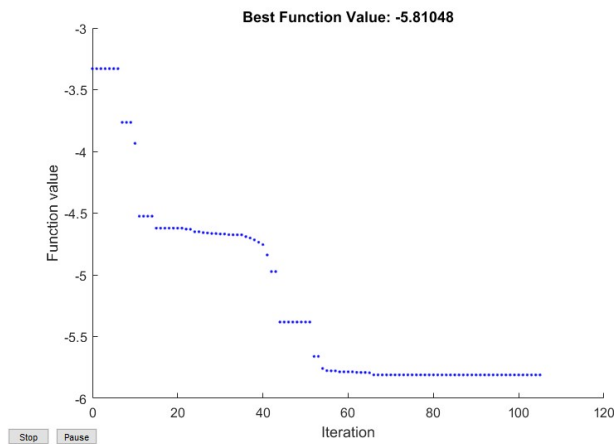


**Gambar 7. Hasil Simulasi Optimasi ORR dengan Sudut Kedatangan  $60^0$  Menggunakan PSO**

Gambar 7 adalah hasil simulasi satu sampel yang dilakukan menggunakan PSO. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7. Hasil simulasi optimasi ORR dengan sudut kedatangan  $60^0$  menggunakan PSO**

<i>Daya Optimum</i>	<i>Waktu Iterasi (s)</i>	<i>Constrain k</i>	<i>Constrain <math>\theta</math></i>
5.81	0.9003	1	$4.71^0$

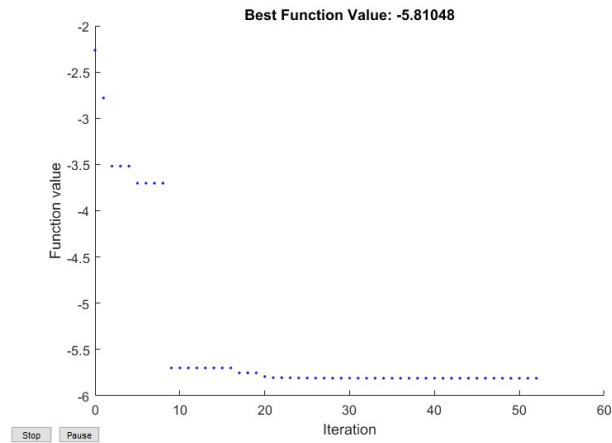


**Gambar 8. Hasil Simulasi Optimasi ORR Dengan Sudut Kedatangan  $45^0$  Menggunakan PSO**

Gambar 8 adalah hasil simulasi satu sampel yang dilakukan menggunakan PSO. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 8. Hasil simulasi optimasi ORR dengan sudut kedatangan  $45^0$  menggunakan PSO**

<i>Daya Optimum</i>	<i>Waktu Iterasi (s)</i>	<i>Constrain k</i>	<i>Constrain <math>\theta</math></i>
5.81	0.84	1	$4.71^0$

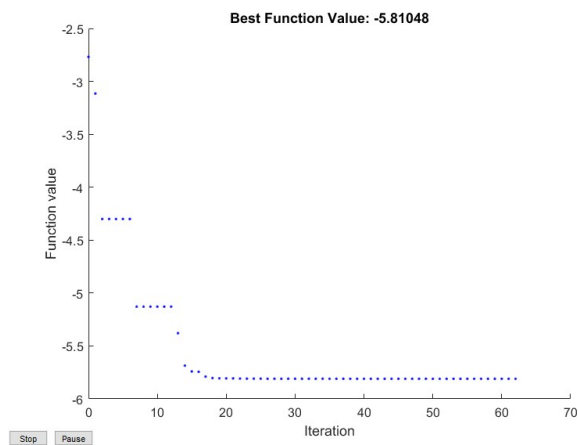


**Gambar 9. Hasil Simulasi Optimasi ORR Dengan Sudut Kedatangan  $30^0$  Menggunakan PSO**

Gambar 9 adalah hasil simulasi satu sampel yang dilakukan menggunakan PSO. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 9.

**Tabel 9. Hasil simulasi optimasi ORR dengan sudut kedatangan  $30^0$  menggunakan PSO**

<i>Daya Optimum</i>	<i>Waktu Iterasi (s)</i>	<i>Constrain k</i>	<i>Constrain <math>\theta</math></i>
5.81	0.53	1	$4.71^0$

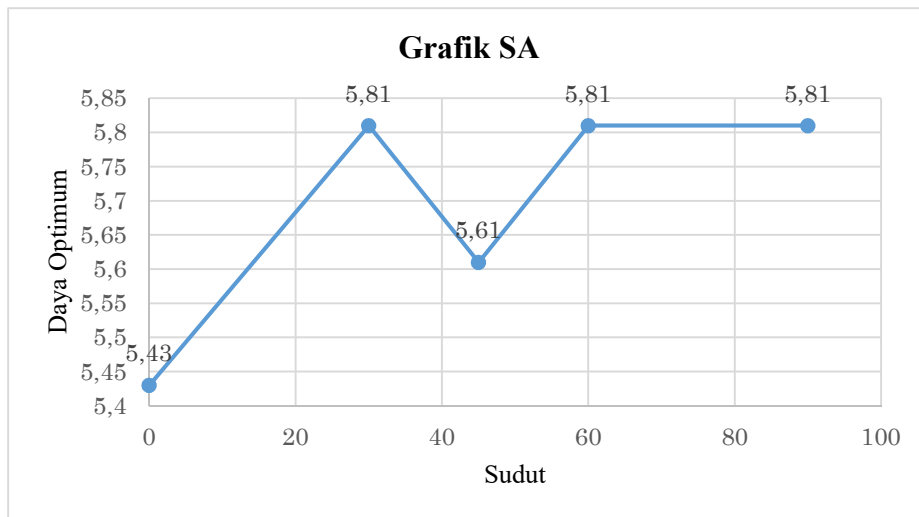


**Gambar 10. Hasil Simulasi Optimasi ORR Dengan Sudut Kedatangan  $0^0$  Menggunakan PSO**

Gambar 10 adalah hasil simulasi satu sampel yang dilakukan menggunakan PSO. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 10.

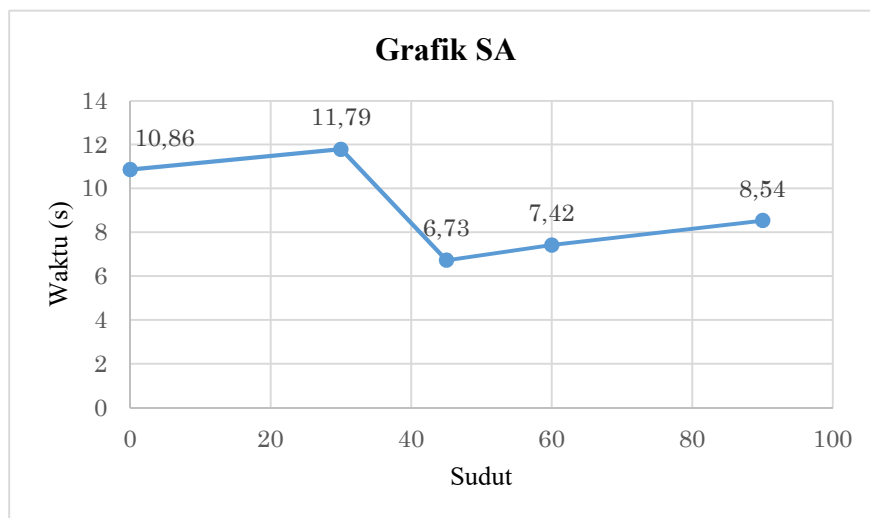
**Tabel 10. Hasil Simulasi Optimasi ORR Dengan Sudut Kedatangan  $0^0$  Menggunakan PSO**

<i>Daya Optimum</i>	<i>Waktu Iterasi (s)</i>	<i>Constrain k</i>	<i>Constrain <math>\theta</math></i>
5.81	0.59	1	$4.71^0$



**Gambar 11. Grafik SA Perubahan Sudut Terhadap Daya Optimum**

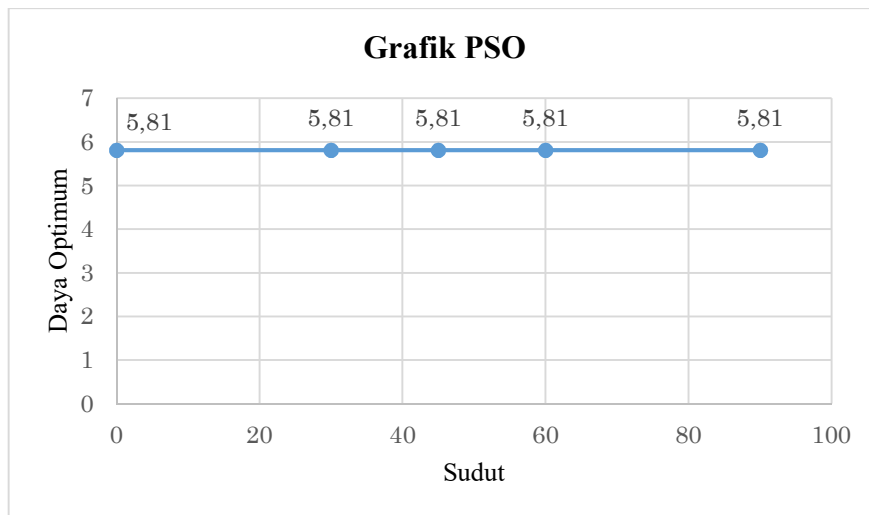
Pada gambar 11, didapatkan grafik yang tidak linear dari perubahan sudut terhadap nilai daya optimum. Nilai ini diambil dari sampel ketiga dari tabel 1-5 dan hal ini membuktikan bahwa metode SA tidak stabil dari setiap percobaan dari  $0^{\circ} - 90^{\circ}$ .



**Gambar 12. Grafik SA Perubahan Sudut Terhadap Waktu**

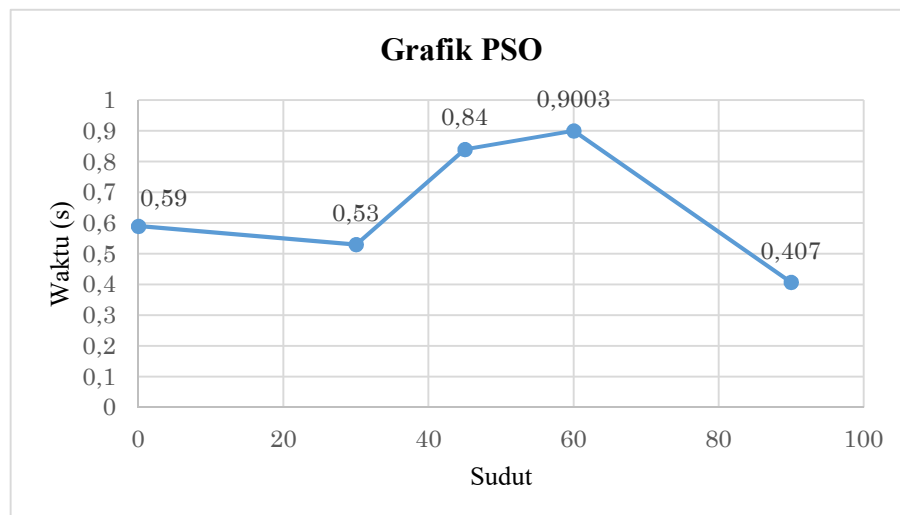
Pada gambar 12 didapatkan grafik meningkat yang tidak linear dari perubahan sudut terhadap waktu. Sudut  $0^{\circ} - 30^{\circ}$  waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai optimum terus meningkat, sedangkan ketika sudut dinaikkan ke  $30^{\circ} - 45^{\circ}$  waktu yang dibutuhkan menurun dan meningkat lagi dari sudut  $45^{\circ} - 90^{\circ}$ .





Gambar 13. Grafik PSO Perubahan Sudut Terhadap Daya Optimum

Pada gambar 13 perubahan sudut terhadap nilai daya optimum didapatkan grafik yang stabil. Dimana sudut  $0^{\circ} - 90^{\circ}$  nilai optimum yang didapat tidak ada perubahan, yaitu 5.81.



Gambar 14. Grafik PSO Waktu Terhadap Perubahan Sudut

Pada gambar 14 didapatkan grafik yang tidak linear dari perubahan sudut terhadap waktu. Dari sudut  $0^{\circ} - 90^{\circ}$  terjadi peningkatan dan penurunan waktu. Namun, waktu iterasi yang dibutuhkan lebih cepat dibandingkan dengan metode SA.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi optimasi ORR rugi daya dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Simulated Annealing* (SA) diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Pada metode *Simulated Annealing* perubahan sudut berpengaruh terhadap nilai daya optimum dan nilai yang didapatkan tidak linear dengan perubahan kenaikan sudut. Karena pada *Simulated Annealing* untuk mendapatkan nilai global optimum dengan selalu memberikan solusi pada setiap iterasi, dimana pada permasalahan ini kecepatan setiap sinyal yang datang dianggap sama dengan perbedaan sudut datang yang berbeda-beda sehingga pada setiap sudut nilai daya optimum yang didapat akan berbeda-beda.
- Pada metode *Particle Swarm Optimization* perubahan sudut tidak mempengaruhi nilai daya optimum. Karena pada *Particle Swarm Optimization* menggunakan suatu acuan terbaik dengan sekumpulan partikel yang secara terus menerus menghitung nilai daya optimum hingga menuju nilai daya optimum terbaik. Sehingga dengan perubahan sudut yang berbeda-beda, acuan yang digunakan akan sama dan mencari secara berinteraksi.

- c. Waktu iterasi pada metode *Simulated Annealing* sangat dipengaruhi oleh perubahan sudut, waktu untuk mencari nilai optimum yang didapatkan rata-rata lama. Karena *Simulated Annealing* mencari nilai global optimum pada setiap iterasi, sedangkan pada setiap sudut nilai optimum yang didapat berbeda-beda.
- d. Pada metode *Particle Swarm Optimization* waktu iterasi juga dipengaruhi oleh perubahan sudut. Waktu yang didapatkan cukup singkat, karena pada *Particle Swarm Optimization* setiap pencarian nilai optimum dilakukan dengan sekumpulan partikel yang saling berinteraksi untuk mendapatkan nilai yang paling optimum.
- e. Dari hasil nilai daya optimum dan waktu pencarian nilai optimum, dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* lebih efektif dan efisien pada optimasi *cascade* ORR rugi daya.
- f. Pengembangan makalah ini dapat diaplikasikan untuk transfer data dengan sinyal yang lebih cepat dari 4G dengan memanfaatkan dan menyatukan antara ORR daya, *delay*, dan fasa agar mendapatkan sinyal yang optimal yang dapat diterima oleh sistem telekomunikasi seperti TV *cable*, internet, dan jaringan pesawat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Tuning of Optical Beamforming Networks: A Deep Learning Approach Herminarto Nugroho."
- [2] A. Rochman, "PENJADWALAN KULIAH MENGGUNAKAN METODE CONSTRAINTS PROGRAMMING DAN SIMULATED ANNEALING," vol. 2012, no. Snati, pp. 15–16, 2012.
- [3] S. Url, T. J. Archive, and T. Archive, "No Title," vol. 220, no. 4598, pp. 671–680, 2007.
- [4] M. Teknik *et al.*, "PENYELESAIAN FUNGSI NON-KONVEKS Oleh :," 2002.
- [5] A. Rosita and Y. Purwananto, "Implementasi Algoritma Particle Swarm untuk Menyelesaikan Sistem Persamaan Nonlinear," vol. 1, pp. 1–5, 2012.
- [6] I. Journal, C. Science, E. Vol, and C. Science, "GRID SCHEDULING USING," vol. 02, no. 02, pp. 140–145, 2010.
- [7] P. Wilson and H. A. Mantooth, *Model-Based Engineering for Complex Electronic Systems*. 2013.
- [8] "PSO tutorial." [Online]. Available: [www.swarmintelligence.org](http://www.swarmintelligence.org).
- [9] Rahmadya, "Particle Swarm Optimization." [Online]. Available: [www.rahmadya.com](http://www.rahmadya.com).
- [10] S. H. F. Hakim, I. Cholissodin, and A. W. Widodo, "Seleksi Fitur Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Pengenalan Pola Wajah Menggunakan Naive Bayes ( Studi Kasus Pada Mahasiswa Universitas Brawijaya Fakultas Ilmu Komputer Gedung A )," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 10, pp. 1045–1057, 2017.