

## Doctor and Nurse Scheduling in Emergency Room Using Firefly Algorithm

### Penjadwalan Dokter dan Perawat IGD Menggunakan Algoritma Kunang-Kunang

Hulliyatul Khoiriyyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta<sup>3</sup>

*\* Program Studi Matematika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia*

*Email: <sup>1</sup>hulliyatul@upi.edu, <sup>2</sup>k\_novianingsih@upi.edu, <sup>3</sup>alazhari.masta@upi.edu*

#### Abstract

The Emergency Room (ER) is a part of the hospital responsible for providing initial treatment to patients with life-threatening conditions. The operational hours of the ER follow the schedule set by the hospital. ER must be ready to serve emergency patients 24 hours a day and 7 days a week. Therefore, the scheduling of doctors and nurses in the ER needs to be well-managed to enhance the efficiency of doctors and nurses in responding emergency patients quickly and effectively.

In this study, the problem of doctors and nurses scheduling in the ER is solved using the Firefly Algorithm, in which doctors and nurses represented as fireflies. This algorithm is chosen since its ability to find optimal solutions for complex optimization problems. In this research, doctors and nurses can submit schedule requests to improve job satisfaction. The optimization model is constructed by a number of constraints including the availability of doctors and nurses, schedule requests, and the operational needs of the ER. The Firefly Algorithm is applied to find the optimal solution for the model. Simulation results show that this algorithm can produce an optimal schedule, in which 70.6% of doctors' schedule requests and 98.2% of nurses' schedule requests are being fulfilled.

**Keywords:** Scheduling, Firefly Algorithm, Optimal, Optimization, Request.

#### Abstrak

Instalasi Gawat Darurat (IGD) merupakan bagian dari rumah sakit yang bertanggung jawab untuk memberikan penanganan awal kepada pasien dengan kondisi yang mengancam nyawa. Jam operasional IGD mengikuti jadwal yang telah ditetapkan oleh rumah sakit, mengingat IGD harus siap melayani pasien darurat 24 jam sehari dan 7 hari seminggu. Oleh karena itu, penjadwalan dokter dan perawat di IGD perlu dikelola dengan baik untuk meningkatkan efisiensi dokter dan perawat dalam merespons pasien darurat secara cepat dan efektif. Penelitian ini menyelesaikan



## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyatul Khoiriyyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

masalah penjadwalan dokter dan perawat di IGD menggunakan Algoritma Kunang-Kunang di mana dokter dan perawat direpresentasikan sebagai kunang-kunang. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam mencari solusi optimal untuk masalah optimasi yang kompleks. Dokter dan perawat dapat mengajukan *request* jadwal kerja yang bertujuan untuk meningkatkan kepuasan kerja dokter dan perawat. Model optimisasi penjadwalan dibangun dengan sejumlah kendala terkait ketersediaan dokter dan perawat, *request* jadwal, dan kebutuhan operasional IGD. Hasil simulasi menunjukkan bahwa algoritma ini mampu menghasilkan jadwal yang optimal dengan *request* jadwal yang terpenuhi untuk dokter adalah 70,6% dan untuk perawat 98,2%.

**Kata kunci:** Penjadwalan, Algoritma Kunang-Kunang, Optimal, Optimasi, *Request*.

### 1. PENDAHULUAN

Instalasi Gawat Darurat (IGD) adalah salah satu bagian di rumah sakit yang melakukan penanganan awal dan menjadi pintu masuk utama bagi pasien yang mengalami sakit atau cedera yang mengancam nyawanya [14]. IGD mempunyai karakteristik yang dituntut untuk beroperasi selama 24 jam sehari, 7 hari seminggu [6]. Oleh karena itu, penjadwalan dokter dan perawat di IGD harus terkelola dengan baik sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan kemampuan dokter serta perawat untuk merespons pasien darurat dengan cepat dan efektif.

Penjadwalan dalam layanan kesehatan sering kali dibuat secara manual dan memakan waktu sehingga tidak selalu memberikan hasil terbaik [11]. Sistem penjadwalan yang dibuat secara manual berisiko tinggi terhadap kesalahan jika melibatkan banyak perawat [4]. Kesalahan yang ada seperti belum terpenuhinya jumlah sif pagi, sore dan malam, masih ada perawat yang bekerja setelah total hari kerja maksimum, dan yang menerima pola libur-masuk-libur [16].

Penjadwalan perawat termasuk golongan *non-deterministic polynomial (NP)-hard problem* [5]. *NP-hard problem* adalah salah satu kelas masalah yang memiliki kompleksitas tinggi dan dapat diselesaikan dalam waktu polinomial (waktu yang meningkat secara wajar seiring dengan ukuran input) untuk semua kasus [2]. Hampir semua permasalahan optimasi dengan golongan *NP-hard* dapat diselesaikan dengan pendekatan metaheuristik [7]. Salah satu algoritma metaheuristik yang paling sederhana dan mudah diterapkan untuk masalah *NP-hard* apa pun adalah Algoritma Kunang-Kunang [17] dan [10]. Algoritma Kunang-Kunang adalah algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari karakteristik kunang-kunang [19].

Algoritma Kunang-Kunang dikembangkan oleh Xin She Yang di Cambridge University pada tahun 2007 [1]. Algoritma Kunang-Kunang adalah teknik yang berbasis populasi dengan pencarian global, algoritma ini sangat efektif dan efisien untuk menyelesaikan masalah kombinatorial [12]. Algoritma Kunang-Kunang juga terbukti menjadi yang terbaik di antara empat algoritma metaheuristik, yaitu Algoritma Kunang-Kunang, *Particle Swarm Optimization*, *Simulated Annealing*, dan Algoritma Genetika dalam permasalahan penjadwalan perawat karena mampu memberikan hasil terbaik dalam hal jumlah kasus yang terselesaikan serta kendala yang dilanggar [9]. Sejauh ini telah banyak penelitian tentang masalah penjadwalan yang diselesaikan dengan Algoritma Kunang-Kunang di antaranya [8], [12], dan [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan Algoritma Kunang-Kunang dalam menyusun jadwal dokter dan perawat IGD di mana dokter dan perawat dapat me-*request* sif kerja yang diinginkan dan tidak ada batasan jumlah dalam me-*request* sif kerja. Adanya fitur *request* sif kerja ini memungkinkan meningkatkan kepuasan dokter dan perawat dalam bekerja karena dapat mengatur waktu kerja sesuai dengan preferensi pribadi. Algoritma Kunang-Kunang dipilih untuk memberikan solusi optimal dalam menghadapi kompleksitas penjadwalan dan mengurangi kesalahan yang kerap terjadi dalam menyusun jadwal dokter dan perawat dengan mempertimbangkan berbagai kendala yang diberikan.

# JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

## 2. METODE

Penelitian ini membahas masalah penjadwalan dokter dan perawat IGD untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Tujuan tersebut adalah memaksimalkan kepuasan dokter dan perawat dalam hal pemilihan sif kerja. Jadwal sif kerja dokter dan perawat IGD dirancang dengan memperhatikan *hard constraint* (kendala utama) dan *soft constraint* (kendala tambahan) [15]. Kendala utama merupakan ketentuan yang tidak dapat dilanggar seperti jumlah minimum dokter dan perawat yang bekerja di setiap sif, dokter dan perawat yang bertugas tidak bekerja lebih dari satu sif dalam satu hari, dan setiap dokter dan perawat yang bertugas pada sif malam tidak boleh diikuti dengan sif pagi pada hari berikutnya. Adapun kendala tambahan merupakan ketentuan yang dapat dilanggar tetapi sedapat mungkin dipenuhi, seperti setiap dokter dan perawat tidak bekerja lebih dari 3 sif malam dalam satu periode penjadwalan. Dalam penelitian ini, penjadwalan dokter dan perawat IGD akan diselesaikan dengan menggunakan Algoritma Kunang-Kunang.

### 2.1 Model Optimisasi

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam model penjadwalan dokter dan perawat adalah sebagai berikut:

1. Periode waktu penjadwalan adalah satu minggu.
2. Dalam satu hari, terdapat 3 sif, yaitu pagi, sore, dan malam.
3. Setiap dokter dan perawat hanya dapat bekerja maksimal satu sif setiap harinya.
4. Setiap dokter dan perawat dapat memilih waktu sif bekerja. Pemilihan waktu tersebut dapat dipenuhi jika memungkinkan.

Sebelum membangun model optimisasi penjadwalan dokter dan perawat, terlebih dahulu didefinisikan himpunan, indeks, dan parameter yang digunakan dalam model optimisasi.

**Tabel 2.1** Himpunan, Indeks, dan Parameter

Himpunan, indeks, dan parameter	Keterangan
$N$	Himpunan semua dokter yang bertugas di IGD.
$i$	Indeks dokter, $i = 1, 2, 3, \dots, n, \forall i \in N$ .
$P$	Himpunan semua perawat yang bertugas di IGD.
$m$	Indeks perawat, $m = 1, 2, 3, \dots, p, \forall m \in P$ .
$S$	Himpunan semua sif.
$s$	Indeks sif, $s = 1, 2, 3, 4$ (secara berurut merepresentasikan sif pagi, sif sore, sif malam, dan libur).
$H$	Himpunan hari dalam periode penjadwalan.
$h$	Indeks hari dalam periode penjadwalan, $h = 1, 2, 3, \dots, 7, \forall h \in H$ .
$a$	Banyaknya dokter yang bertugas untuk sif $s \in S$ .
$b$	Jumlah minimum hari libur dokter $i \in N$ dalam suatu periode penjadwalan.
$c$	Banyaknya perawat yang bertugas untuk sif $s \in S$ .
$d$	Jumlah minimum hari libur perawat $m \in P$ dalam suatu periode penjadwalan.
$e$	Jumlah minimum hari bertugas dokter $i \in N$ dalam suatu periode penjadwalan.

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

Himpunan, indeks, dan parameter	Keterangan
$f$	Jumlah minimum hari bertugas perawat $m \in P$ dalam suatu periode penjadwalan.
$g$	Jumlah maksimum sif malam perawat $m \in P$ dalam suatu periode penjadwalan.
$\mu_{ish}$	Nilai penalti dari kepuasan dokter $i \in N$ ke dalam suatu sif $s \in S$ pada hari $h \in H$ terkait pemilihan sif kerja.
$\mu_{msh}$	Nilai penalti dari kepuasan perawat $m \in P$ ke dalam suatu sif $s \in S$ pada hari $h \in H$ terkait pemilihan sif kerja.

Berikut merupakan model dari penjadwalan dokter dan perawat IGD yang digunakan dalam penelitian ini:

a. Variabel Keputusan

$$x_{ish} = \begin{cases} 1, & \text{jika dokter } i \in M \text{ ditugaskan di shift } s \text{ pada hari } h \in H, \\ 0, & \text{yang lainnya.} \end{cases}$$

$$y_{msh} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } m \in P \text{ ditugaskan di shift } s \text{ pada hari } h \in H, \\ 0, & \text{yang lainnya.} \end{cases}$$

b. Fungsi Tujuan

1. Memaksimumkan kepuasan dokter dalam hal pemilihan sif kerja atau meminimumkan nilai penalti yang menggambarkan kepuasan dokter dalam hal pemilihan sif kerja.

$$\min z_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^3 \sum_{h=1}^7 \mu_{ish} x_{ish}$$

2. Memaksimumkan kepuasan perawat dalam hal pemilihan sif kerja atau meminimumkan nilai penalti yang menggambarkan kepuasan perawat dalam hal pemilihan sif kerja.

$$\min z_2 = \sum_{m=1}^P \sum_{s=1}^3 \sum_{h=1}^7 \mu_{msh} y_{msh}$$

c. Kendala

1. Setiap dokter hanya mendapat satu sif atau hari libur setiap hari.

$$\sum_{s=1}^4 x_{ish} = 1, \forall i \in N, h \in H$$

2. Jumlah dokter yang bertugas dalam setiap sif sebanyak  $a$ .

$$\sum_{i=1}^N x_{ish} = a, \forall s \in S, h \in H$$

3. Setiap dokter bertugas paling sedikit  $e$  hari dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{h=1}^7 \sum_{s=1}^3 x_{ish} \geq e, \forall i \in N$$

4. Dokter yang bertugas pada sif malam tidak diperbolehkan mendapat sif pagi di hari berikutnya.

$$x_{m(3)h} + x_{m(1)(h+1)} \leq 1, \forall m \in N, h \in H$$

5. Setiap dokter mendapat hak libur paling sedikit  $b$  hari dalam satu periode penjadwalan.

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

$$\sum_{h=1}^7 x_{i(4)h} \geq b, \forall i \in N$$

6. Setiap perawat hanya mendapat satu sif atau hari libur setiap hari.

$$\sum_{s=1}^4 y_{msh} = 1, \forall m \in P, h \in H$$

7. Jumlah perawat yang bertugas dalam setiap sif adalah  $c$ .

$$\sum_{m=1}^P y_{msh} = c, \forall s \in S, h \in H$$

8. Setiap perawat bertugas minimum  $f$  hari dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{h=1}^7 \sum_{s=1}^3 y_{msh} \geq f, \forall m \in P$$

9. Perawat yang bertugas pada sif malam tidak diperbolehkan mendapat sif pagi di hari berikutnya.

$$y_{m(3)h} + y_{m(1)(h+1)} \leq 1, \forall m \in P, h \in H$$

10. Setiap perawat mendapat hari libur minimum  $d$  hari dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{h=1}^7 y_{m(4)h} \geq d, \forall m \in P$$

11. Setiap perawat yang bertugas pada sif malam maksimum  $g$  hari dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{h=1}^7 y_{m(3)h} \leq g, \forall m \in P$$

Selanjutnya terdapat batasan variabel dari model optimisasi adalah sebagai berikut:

$$x_{ish}, y_{msh} \in \{0,1\}.$$

### 2.2 Teknik Penyelesaian

1. Inialisasi Nilai Parameter

Terdapat 3 parameter yang digunakan dalam Algoritma Kunang-Kunang, yaitu koefisien banyaknya ukuran langkah ( $\alpha$ ), di mana  $\alpha$  adalah bilangan pada interval  $(0,1)$ , koefisien daya tarik awal ( $\beta_0$ ), di mana  $\beta_0$  adalah bilangan pada interval  $(0,1)$ , dan koefisien penyerapan cahaya ( $\gamma$ ), di mana  $\gamma$  adalah bilangan pada interval  $(0,10)$ .

2. Representasi Kunang-Kunang

Satu kunang-kunang merepresentasikan seorang dokter atau perawat. Dengan demikian, banyaknya kunang-kunang yang dibutuhkan sama dengan banyaknya dokter dan perawat yang akan dijadwalkan. Kunang-kunang akan ditempatkan pada slot jadwal yang tersedia. Jadi, posisi kunang-kunang menyatakan solusi penjadwalan. Tabel 2.2 adalah contoh dari slot jadwal yang disediakan selama satu minggu untuk dokter. Berdasarkan posisi Kunang-Kunang 1 dan 2, dapat diartikan bahwa Dokter 1 dijadwalkan pada hari Senin sif pagi dan Dokter 2 dijadwalkan hari Minggu sif malam.

**Tabel 2.2** Representasi Kunang-Kunang

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	Kunang-kunang 1						
Sore							
Malam	Kunang-kunang 2						

### 3. Inisialisasi Kunang-Kunang

Inisialisasi kunang-kunang dilakukan dengan cara menempatkan dokter yang telah melakukan *request* jadwal ke slot jadwal yang di-*request*-nya. Contohnya seperti pada Tabel 2.2 dokter yang telah melakukan *request* jadwal pada sif kerja yang diminta.

### 4. Perhitungan Nilai Intensitas Cahaya

Nilai intensitas cahaya diperoleh dari nilai fungsi objektif yang dengan rumus di bawah ini:

$$I = \frac{1}{total\ penalti+1} \quad (2.1)$$

Dengan total penalti dihitung dengan rumus berikut:

$$total\ penalti = \sum a + \sum b \quad (2.2)$$

Keterangan:

$I$  = intensitas Cahaya

$total\ penalti$  = jumlah koefisien penalti

$a$  = koefisien penalti  $a$

$b$  = koefisien penalti  $b$

Total penalti merupakan penjumlahan dari nilai semua jenis penalti. Penalti diberikan kepada dokter dan perawat yang melakukan *request* jadwal. Terdapat 2 jenis nilai penalti, yaitu:

i). Penalti  $a$  diberikan kepada dokter atau perawat sesuai jumlah *request* jadwal yang dimintanya.

**Tabel 2.1** Jumlah Request dan Nilai Penaltinya

Jumlah Request	Nilai Penalti
1	1
2	3
3	6
4	10
5	15
6	21

ii). Penalti  $b$  diberikan kepada dokter atau perawat sebesar 1 sampai seterusnya sesuai dengan urutan masuknya *request* jadwal

### 5. Perbandingan Nilai Intensitas Cahaya

Kunang-kunang berinteraksi satu sama lain melalui intensitas dan jarak [13]. Posisi kunang-kunang ( $x$ ) dihitung menggunakan rumus berikut:

$$x_i = \sqrt{I_i} \quad (2.3)$$

Jarak antara dua kunang-kunang ( $r$ ) dihitung menggunakan rumus berikut:

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| \quad (2.4)$$

Jika cahaya kunang-kunang  $i$  lebih rendah dari kunang-kunang  $j$  maka akan terjadi perpindahan yaitu kunang-kunang  $i$  akan bergerak menuju posisi kunang-kunang  $j$  sehingga kunang-kunang  $j$  mempunyai posisi baru yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$x_j^{t+1} = x_j^t + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j^t - x_i^t) + \alpha \left( rand(01) - \frac{1}{2} \right) \quad (2.5)$$

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

Jika cahaya kunang-kunang  $i$  lebih terang atau sama dengan kunang-kunang  $j$  maka tidak terjadi perpindahan yaitu posisi kunang-kunang  $j$  tetap.

Keterangan:

$x_i$  = posisi kunang-kunang  $i$

$I_i$  = nilai intensitas cahaya kunang-kunang  $i$

$x_i$  = posisi kunang-kunang  $i$

$x_j$  = posisi kunang-kunang  $j$

$r_{ij}$  = jarak antara kunang-kunang  $i$  dan kunang-kunang  $j$

$t$  = koefisien posisi baru

$x_j^{t+1}$  = posisi kunang-kunang  $j$  ke- $t + 1$

$x_j^t$  = posisi kunang-kunang  $j$  ke- $t$

$\beta_0$  = koefisien daya tarik pada posisi awal

$\gamma$  = koefisien penyerapan cahaya

$r_{ij}$  = jarak antara kunang-kunang  $i$  dan kunang-kunang  $j$

$x_i^t$  = posisi kunang-kunang  $i$  ke- $t$

$\alpha$  = koefisien ukuran langkah

$rand(01)$  = koefisien bilangan acak dari 0 hingga 1

### 6. Tentukan G-best

*G-best* dari kunang-kunang yaitu kunang-kunang dengan intensitas cahaya yang paling tinggi pada iterasi tersebut akan terpilih memasuki slot jadwal.

### 7. Kriteria Pemberhentian

Iterasi berhenti ketika semua slot jadwal telah terpenuhi atau tidak ada slot jadwal yang kosong.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan penjadwalan dokter dan perawat IGD menjadi sebuah tantangan karena keterbatasan jumlah dokter dan perawat dibandingkan dengan jumlah pasien yang lebih banyak. Oleh karena itu, diperlukan jadwal yang adil sesuai beban kerja dan batasan-batasan yang telah ditetapkan (aturan kerja).

**Tabel 3.1** Deskripsi Data

Data	Keterangan
Total banyaknya dokter di ruang IGD.	17 dokter
Total banyaknya perawat di ruang IGD.	24 perawat
Jumlah kebutuhan dokter di setiap sif.	Pagi = Sore = Malam = 1 (dokter)
Jumlah kebutuhan perawat di setiap sif.	Pagi = Sore = Malam = 6 (perawat)
Jumlah minimum hari libur untuk dokter.	5 hari libur
Jumlah minimum hari libur untuk perawat.	1 hari libur
Jumlah maksimum sif malam dalam 1 minggu	3 sif malam
Jam kerja sif pagi	07.00-14.00
Jam kerja sif sore	14.00-21.00
Jam kerja sif malam	21.00-07.00

### 3.1 Tahapan Implementasi

Adapun langkah-langkah pembuatan jadwal dokter dan perawat menggunakan Algoritma Kunang-Kunang adalah sebagai berikut:

# JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

1. Menentukan nilai penalti.
2. Membentuk fungsi objektif.
3. Menentukan nilai parameter Algoritma Kunang-Kunang.
4. Membentuk intensitas cahaya.
5. Mengimplementasikan Algoritma Kunang-Kunang

## 3.2 Implementasi

### 3.2.1 Penjadwalan Dokter

Hasil akhir dari penjadwalan dokter dapat dilihat pada Tabel 3.2. Berdasarkan hasil pada Tabel 3.2 diperoleh bahwa tidak ada kendala yang dilanggar karena setiap dokter dalam satu hari mendapatkan satu sif, tidak ada dokter yang bekerja pada sif malam sebelumnya mendapatkan sif pagi di hari berikutnya, setiap dokter bekerja paling sedikit satu hari, dan setiap dokter mendapatkan hari libur paling sedikit lima hari. Untuk *request* jadwal yang terpenuhi adalah 70,6%. Dengan demikian, jadwal tersebut adalah jadwal yang optimal.

**Tabel 3.2** Jadwal Akhir Dokter

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	Dokter 13	Dokter 5	Dokter 17	Dokter 3	Dokter 15	Dokter 12	Dokter 13
Sore	Dokter 4	Dokter 1	Dokter 16	Dokter 8	Dokter 14	Dokter 14	Dokter 9
Malam	Dokter 2	Dokter 6	Dokter 10	Dokter 11	Dokter 3	Dokter 7	Dokter 8

### 3.2.2 Penjadwalan Perawat

Hasil akhir dari penjadwalan perawat dapat dilihat pada Tabel 3.3. Berdasarkan hasil pada Tabel 3.3 diperoleh bahwa tidak ada kendala yang dilanggar karena setiap perawat dalam satu hari mendapatkan satu sif, tidak ada perawat yang bekerja pada sif malam sebelumnya mendapatkan sif pagi di hari berikutnya, setiap perawat bekerja paling sedikit lima hari, setiap perawat mendapatkan hari libur paling sedikit satu hari, perawat yang mendapatkan sif malam maksimal 3 hari. Untuk *request* jadwal yang terpenuhi adalah 98,2%. Dengan demikian, jadwal tersebut adalah jadwal yang optimal.

**Tabel 3.3** Jadwal Akhir Perawat

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	Perawat 14	Perawat 23	Perawat 16	Perawat 16	Perawat 16	Perawat 16	Perawat 14
	Perawat 23	Perawat 5	Perawat 1	Perawat 1	Perawat 22	Perawat 6	Perawat 10
	Perawat 10	Perawat 4	Perawat 20	Perawat 24	Perawat 4	Perawat 18	Perawat 21
	Perawat 5	Perawat 11	Perawat 5	Perawat 4	Perawat 11	Perawat 20	Perawat 20
	Perawat 4	Perawat 17	Perawat 4	Perawat 11	Perawat 17	Perawat 22	Perawat 22
	Perawat 11	Perawat 18	Perawat 11	Perawat 17	Perawat 18	Perawat 14	Perawat 1
	Perawat 15	Perawat 7	Perawat 19	Perawat 19	Perawat 15	Perawat 15	Perawat 15
Sore	Perawat 3	Perawat 9	Perawat 7	Perawat 22	Perawat 19	Perawat 23	Perawat 23
	Perawat 13	Perawat 6	Perawat 8	Perawat 8	Perawat 8	Perawat 12	Perawat 12
	Perawat 17	Perawat 21	Perawat 9	Perawat 12	Perawat 12	Perawat 10	Perawat 5
	Perawat 18	Perawat 12	Perawat 24	Perawat 5	Perawat 10	Perawat 1	Perawat 2

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Malam	Perawat 21	Perawat 13	Perawat 17	Perawat 13	Perawat 13	Perawat 2	Perawat 3
	Perawat 12	Perawat 15	Perawat 18	Perawat 6	Perawat 3	Perawat 7	Perawat 24
	Perawat 19	Perawat 2	Perawat 21	Perawat 20	Perawat 21	Perawat 3	Perawat 6
	Perawat 20	Perawat 14	Perawat 6	Perawat 7	Perawat 24	Perawat 5	Perawat 19
	Perawat 2	Perawat 19	Perawat 13	Perawat 9	Perawat 2	Perawat 24	Perawat 16
	Perawat 8	Perawat 3	Perawat 14	Perawat 10	Perawat 9	Perawat 13	Perawat 7
	Perawat 1	Perawat 8	Perawat 22	Perawat 23	Perawat 1	Perawat 8	Perawat 9

### 3.3 Analisis Parameter

Analisis dilakukan untuk memperoleh nilai parameter terbaik bagi Algoritma Kunang-Kunang dalam menyelesaikan masalah penjadwalan dokter dan perawat. Analisis parameter Algoritma Kunang-Kunang dilakukan dengan melakukan sejumlah percobaan dengan input parameter yang berbeda-beda. Parameter yang digunakan adalah  $\beta_0$ , yaitu koefisien daya tarik awal,  $\gamma$  yaitu koefisien penyerapan cahaya, dan  $\alpha$  yaitu koefisien banyak ukuran Langkah. Untuk efisiensi, percobaan hanya dilakukan terhadap pembuatan jadwal dokter sehingga jadwal dokter yang dihasilkan optimal atau dengan kata lain tidak melanggar kendala. Indikator kendala yang digunakan pada percobaan dituliskan pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Kendala dan Keterangan

Kendala	Keterangan
a	Jumlah dokter yang mendapatkan lebih dari satu sif dalam satu hari.
b	Jumlah dokter yang mendapatkan lebih dari 2 sif kerja dalam satu minggu.
c	Jumlah dokter yang mendapatkan sif malam kemudian besoknya mendapatkan sif pagi.
d	Jumlah dokter yang tidak mendapatkan sif kerja dalam satu minggu.

Berikut adalah hasil percobaan yang dilakukan:

- Parameter  $\beta_0$  berbeda-beda dan parameter  $\gamma$  dan  $\alpha$  bernilai tetap.

**Tabel 3.5** Uji Coba Pengaruh  $\beta_0$

Parameter			Kendala				Waktu Komputasi (s)
$\beta_0$	$\gamma$	$\alpha$	a	b	c	d	
0,1	0,2	0,2	0	0	0	1	1,027852
0,3	0,2	0,2	1	0	0	1	1,050792
0,5	0,2	0,2	1	0	0	1	1,058111
0,8	0,2	0,2	1	1	0	1	1,077745
1	0,2	0,2	0	0	0	0	1,049872

Dari Tabel 3.5 diperoleh bahwa semakin tinggi nilai  $\beta_0$ , maka kendala yang dilanggar semakin banyak. Solusi optimal diperoleh pada saat  $\beta_0 = 1$ .

- Parameter  $\gamma$  berbeda-beda dan parameter  $\beta_0$  dan  $\alpha$  bernilai tetap.

**Tabel 3.6** Uji Coba Pengaruh  $\gamma$

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyyatul Khoiriyyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

$\beta_0$	Parameter		Kendala				Waktu Komputasi (s)
	$\gamma$	$\alpha$	a	b	c	d	
1	0,2	0,2	0	0	0	0	1,049872
1	0,5	0,2	0	0	0	0	1,099508
1	1	0,2	0	0	0	0	1,131972
1	3	0,2	0	0	0	0	1,132948
1	8	0,2	0	0	1	1	1,322842

Dari Tabel 3.6 diperoleh bahwa solusi optimal diperoleh untuk nilai parameter  $\gamma = 0,2$  sampai  $\gamma = 3$ .

- Parameter  $\alpha$  berbeda-beda dan parameter  $\beta_0$  dan  $\gamma$  bernilai tetap.

**Tabel 3.7** Uji Coba Pengaruh  $\alpha$

$\beta_0$	Parameter		Kendala				Waktu Komputasi (s)
	$\gamma$	$\alpha$	a	b	c	d	
1	0,2	0,2	0	0	0	0	1,049872
1	0,2	0,4	0	0	0	0	1,085776
1	0,2	0,6	0	0	0	0	1,096051
1	0,2	0,8	0	0	0	0	1,095468
1	0,2	1	0	0	1	1	1,145679

Dari Tabel 3.7 diperoleh bahwa solusi optimal diperoleh pada saat Parameter  $\alpha = 0,2$  sampai  $\alpha = 0,8$ .

### 3.4 Analisis Hasil Implementasi

Hasil analisis parameter menunjukkan bahwa perubahan nilai parameter Algoritma Kunang-Kunang berpengaruh pada solusi optimal yang diperoleh. Ini menunjukkan bahwa sebelum menggunakan Algoritma Kunang-Kunang, maka perlu dilakukan analisis parameter untuk mendapatkan nilai parameter terbaik yang dapat memberikan solusi optimal. Hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai parameter  $\beta_0$  yang sebaiknya diambil agar diperoleh solusi optimal adalah  $\beta_0 = 1$ . Hasil ini sesuai dengan rekomendasi sebagian besar penelitian terkait implementasi Algoritma Kunang-Kunang [18]. Penelitian ini juga merekomendasikan nilai parameter lainnya yang sebaiknya digunakan dalam penjadwalan dokter dan perawat, yaitu  $\alpha \in [0,2; 0,8]$  dan  $\gamma \in [0,2; 3]$ .

## 4. KESIMPULAN

Hasil menunjukkan bahwa Algoritma Kunang-Kunang berhasil diterapkan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan dokter dan perawat IGD di mana dokter dan perawat dapat *request* jadwal. Kinerja Algoritma Kunang-Kunang menunjukkan kemampuan yang baik karena mampu menghasilkan jadwal yang optimal, yaitu jadwal dengan tidak melanggar kendala dengan memenuhi sebagian besar *request* jadwal dari dokter dan perawat. Adanya fitur *request* jadwal

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Hullyyatul Khoiriyyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta

memungkinkan peningkatan kepuasan dokter dan perawat karena dapat mengatur waktu kerja sesuai dengan preferensi pribadi.

### REFERENSI

- [1] Agustin, R., 2015. Penerapan Firefly Algorithm (FA) untuk Menyelesaikan Uncapacitated Facility Location Problem (UFLP). Skripsi: Universitas Airlangga, Surabaya.
- [2] Alridha, A., Salman, A.M., Al-Jilawi, A.S., 2021. The Applications of NP-Hardness Optimizations Problem. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1818. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1818/1/012179>
- [3] Budiono, W.A., Suprajitno, H., Miswanto, 2013. Penyelesaian Airline Crew Scheduling Problem Bikriteria Menggunakan Firefly Algorithm. *Jurnal Matematika*.
- [4] Dini Maulidah, S., 2021. Implementasi Teknik Column Generation pada Penyelesaian Masalah Penjadwalan Perawat. Skripsi: Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [5] Duka, E., 2015e. Nurse Scheduling Problem. *European Scientific Journal*. Vol. 2, 53–63.
- [6] Er, M., Pranantha, D., Ulya, A., n.d. Penggunaan Algoritma Genetik dengan Pemodelan Dua Tingkat dalam Permasalahan Penjadwalan Perawat pada Unit Gawat Darurat Rumah Sakit Umum XYZ Surabaya. *SISFO-Jurnal Sistem Informasi*. 1–9.
- [7] Firdaus, A., Muklason, A., Supoyo, V.A., 2021. Perbandingan Metode Penyelesaian Permasalahan Optimasi Lintas Domain dengan Pendekatan Hyper-Heuristic Menggunakan Algoritma Reinforcement-Late Acceptance. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*. Vol. 8, 871–878. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2021853263>
- [8] Islami, D.R., 2022. Optimasi Penjadwalan Dokter Dan Perawat Igd Menggunakan Algoritma Kunang-Kunang (Firefly Algorithm). Skripsi: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- [9] Karmakar, S., Chakraborty, S., Chatterjee, T., Baidya, A., Acharyya, S., 2016. Meta-heuristics for Solving Nurse Scheduling Problem: A comparative Study. *Proceedings - 2016 International Conference on Advances in Computing, Communication and Automation (Fall), ICACCA 2016*. <https://doi.org/10.1109/ICACCAF.2016.7748951>
- [10] Kumar, V., Kumar, D., 2020. A Systematic Review on Firefly Algorithm: Past, Present, and Future. *Computational Methods in Engineering*. Vol. 28, 3269–3291. <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09498-y>
- [11] Legrain, A., Bouarab, H., Lahrichi, N., 2015. The Nurse Scheduling Problem in Real-Life. *Journal of Medical Systems*. Vol. 39. <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0160-8>
- [12] Mahariani, Y.R., 2022. Implementasi Firefly Algorithm Pada Penjadwalan Pasien Operasi. *JUPI (Jurnal Ilmu Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*. Vol. 7, 602–607. <https://doi.org/10.29100/jupi.v7i2.1671>
- [13] Mashhour, E.M., El Houbay, E.M.F., Wassif, K.T., Salah, A.I., 2020. A Novel Classifier Based on Firefly Algorithm. *Journal of King Saud University. - Computer and Information Sciences*. Vol. 32, 1173–1181. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.11.009>
- [14] Nurlina, D., Rifai, A., Jamaluddin, J., 2019. Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Kepuasan Pasien Instalasi Gawat Darurat Rumah Sakit TNI AD Tk Iv 02.07.04 Bandar Lampung Tahun 2017. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Vol. 8, 78–88. <https://doi.org/10.33221/jikm.v8i03.299>
- [15] Pordella, R., 2018. Optimasi Penjadwalan Staf Rumah Sakit dengan Menggunakan Metode Late-Acceptance Hill Climbing Hyper-Heuristic (Studi Kasus: RSIA Kendangsari Surabaya).

**JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI****Hulliyatul Khoiriyah<sup>1</sup>, Khusnul Novianingsih<sup>2</sup>, Al Azhary Masta**

Tugas Akhir: Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

- [16] Ramadhani, I.A., Rizal, Y., 2023. Optimasi Penjadwalan Perawat IGD RSUD Arosuka dengan Metode 0-1 Fuzzy Goal Programming. *Journal of Mathematics UNP*. Vol. 8, 81. <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v8i2.14441>
- [17] Udaiyakumar, K.C., Chandrasekaran, M., 2014. Application of Firefly Algorithm in Job Shop Scheduling Problem for Minimization of Makespan. *Procedia Engineering*. Vol. 97, 1798–1807. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.333>
- [18] Yang, X.S., 2014. Cuckoo Search and Firefly Algorithm: Overview and Analysis. *Studies in Computational Intelligence*. 1-26. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02141-6>
- [19] Yang, X.S., 2010. Nature-Inspired Metaheuristic Second Edition. Luniver Press, United Kingdom.