Sistem Penjadwalan Perangkat Listrik Dengan Metode Algoritma Genetika Berbasis Website

Electrical Device Scheduling System Website-Based Using Genetic Algorithm

1st Adinda Ophelia Putri Sakinah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
adindaops@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Casi Setianingsih
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
setiacasie@telkomuniversity.ac.id

3rd Burhanuddin Dirgantoro
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
burhanuddin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Penggunaan listrik di Indonesia semakin meningkat, hal ini disebabkan karena penambahan jumlah penduduk setiap tahun dengan adanya peningkatan jumlah rumah, gedung, lembaga pendidikan, bisnis, dan industri yang setiap hari membutuhkan perangkat listrik. Pemakaian energi listrik sudah menjadi masalah yang cukup serius dalam masyarakat, permintaan energi listrik pada global telah berlipat ganda sepanjang 40 tahun kebelakang dan diperkirakan akan berlipat ganda kembali pada tahun 2030. Penelitian tugas akhir ini membahas sistem penjadwalan perangkat listrik yang diterapkan dengan mengoptimalkan perangkat listrik dalam suatu ruangan. Dengan penjadwalan perangkat listrik dapat membatasi biaya pemakaian perangkat listrik. Dalam menentukan prioritas perangkat listrik pengguna menentukan dan akan diteruskan ke dalam algoritma optimasi, untuk efesiensi sistem digunakan metode Algoritma Genetika (AG) dan *database* untuk menyimpan data perangakt listrik pengguna. Untuk memperoleh nilai fitness yang optimal didapatkan dengan mutation rate sebesar 0,05-0,5, *crossover* rate sebesar 0,3-1 dan persentase evaluasi sebesar 8% didapatkan hasil fitness terbaik yaitu 89.542 pada generasi ke 70.

Kata kunci— algoritma genetika, perangkat listrik, penjadwalan, website.

Abstract—The use of electricity in Indonesia is increasing, this is due to the increase in population every year with an increase in the number of homes, buildings, educational institutions, businesses, and industries that require electrical devices every day. The use of electrical energy has become a serious problem in society, the global demand for electrical energy has doubled over the past 40 years and is expected to double again in 2030. This final project research discusses the electrical device scheduling system implemented by optimizing electrical devices in a room. Optimizing the use of electrical devices can reduce the duration of the use of used electrical devices. In determining the priority of the electrical device, the user determines and will be forwarded to the optimization algorithm, for system efficiency, the Genetic Algorithm (AG) method and a database to store the user's electrical device data are used. Obtain the optimal fitness value obtained with a mutation rate of 0.05-0.5, a crossover rate of 0.3-1, and an evaluation percentage of 8%, the best fitness results are 89,542 in the 70th generation.

Keywords— electrical devices, Genetic algorithms, scheduling, websites.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan listrik di Indonesia semakin meningkat, hal ini disebabkan karena penambahan jumlah penduduk setiap tahun dengan adanya peningkatan jumlah rumah, gedung, lembaga pendidikan, bisnis, dan industri yang setiap hari membutuhkan perangkat listrik [1]. Pemakaian energi listrik sudah menjadi masalah yang cukup serius dalam masyarakat, permintaan energi listrik pada global telah berlipat ganda sepanjang 40 tahun kebelakang dan diperkirakan akan berlipat ganda kembali pada tahun 2030. Penggunaan energi listrik yang boros dan berlebihan juga akan berdampak pada kerusakan lingkungan, sehingga diperlukan untuk menghemat konsumsi listrik [2][3].

Penelitian tentang penjadwalan perangkat listrik yang sudah dilakukan, diantaranya “Smart Scheduling of a Batch Manufacturer’s Operations by Utilization of a Genetic Algorithm to Minimize Electrical”. Sorotan utama dari penelitian tersebut, yaitu penggunaan profil permintaan konsumsi energi listrik secara terukur, untuk mencatat konsumsi energi peralatan yang terpakai. Skenario yang diselidiki dengan menggunakan Algoritma Genetika (AG) untuk menentukan penjadwalan yang optimal [4].

Dalam penelitian riset penjadwalan perangkat listrik ini dapat lebih dikembangkan. Dengan

merancang suatu sistem untuk menjadwalkan pemakaian perangkat listrik, agar pemakaian perangkat listrik dapat lebih efisien, serta tagihan listrik bulanan tidak berlebih. Sistem yang akan dibuat berupa *software* berbasis *website* yang dapat memantau, mengelola, dan mengontrol penggunaan perangkat listrik secara langsung oleh pengguna. Dengan menggunakan AG untuk memperoleh optimasi penggunaan perangkat listrik, yang kemudian hasil optimasi penggunaan perangkat listrik tersebut akan dikirimkan ke Antares.

II. KAJIAN TEORI

A. Energi Listrik

Listrik adalah salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Hal tersebut juga dapat disebabkan oleh fakta bahwa energi listrik merupakan salah satu energi yang mudah disalurkan serta diolah menjadi energi lain [1]. Sejalan dengan pertumbuhan penduduk semakin meningkat, kenaikan dalam produksi, penggunaan perangkat listrik dengan skala banyak, dan permintaan konsumsi energi yang meningkat pesat [5]. Konsumsi listrik pada tempat tinggal ditentukan dengan dua faktor, yaitu jumlah serta jenis perangkat listrik yang digunakan, dan juga penggunaan perangkat listrik itu sendiri. Energi listrik adalah salah satu penyumbang konsumsi energi utama dalam kehidupan masyarakat sehari-hari [3][6].

B. SQL

SQL (*Structured Query Language*) merupakan bahasa pemrograman berstandar ANSI (*American National Standards Institute*). Fungsi dari SQL ini dapat gunakan sebagai query di berbagai sistem pada *database*, baik *database* relasional tradisional mapupun sistem *Big Data* modern [7].

C. MySQL

MySQL merupakan program *database* berorientasi layanan. Aplikasi layanan tidak memerlukan antarmuka pengguna di desktop. MySQL dapat digunakan dalam mode Teks, Command prompt, atau PHPMyAdmin [8]. Pada MYSQL didalamnya terdapat sistem manajemen *database* yang bersifat relational [9]. MySQL juga merupakan suatu *Database Management System* (DBMS) atau suatu sistem manajemen berbasis data yang mempunyai fitur *multi- user* dan *multithread*. MySQL mempunyai sifat *open-source* yang cukup populer di salah satu DBMS [10].

D. XAMPP

XAMPP merupakan software yang didalamnya sudah terdapat banyak fungsi, sifat dari perangkat lunak XAMPP ini adalah open-source, yang artinya dapat mendukung banyak sistem operasi, penggabungan dari beberapa program, dan bisa berfungsi sebagai server lokal atau yang biasa disebut dengan localhost [11].

E. Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang berfokus kepada kode. Python ini berfungsi sebagai pengembangan web, tidak ada deklarasi tipe variabel, parameter, fungsi, atau metode dalam penggunaan Python. File sumber Python menggunakan ekstensi ".py" dan disebut "modul" [12].

F. Flask

Flask merupakan sebuah kerangka kerja aplikasi untuk web ringan, dengan menggunakan Python dan baseband pada toolkit WSGI dan mesin template jinja2, flask menjadi fleksibel digunakan. Flask dapat digunakan ketika sudah di-import ke dalam Python dengan ini dapat menghemat waktu dalam membangun aplikasi web [12].

G. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) merupakan salah satu algoritma pencarian dengan menggunakan prinsip-prinsip seleksi alam dan juga genetika yang berasal dari proses evolusi organisme biologis. Di alam, individu dalam suatu populasi bersaing satu sama lain untuk sumber daya seperti makanan, air, dan tempat tinggal [13]. Hal tersebut merupakan prinsip dasar yang diterapkan untuk mencari solusi dari suatu masalah dengan mengoptimalkan serta memberikan hasil yang terbaik untuk setiap iterasi, sampai mendekati nilai yang optimal. Perancangan AG didasarkan pada proses-proses yang terjadi pada organisme di alam, seperti inisialisasi populasi, evaluasi kromosom, seleksi kromosom, *crossover*, dan mutasi [14].

1. Inisialisasi Populasi

Inisialisasi populasi merupakan teknik dalam implementasi AG yang paling awal, dengan cara menginisialisasikan kromosom yang telah diacak ke dalam populasi. Inisialisasi populasi adalah suatu metode dalam menetapkan panjang dan jumlah kromosom dalam satu populasi yang kemudian akan digunakan [2][15].

2. Evaluasi Kromosom

Evaluasi kromosom merupakan teknik untuk menghitung nilai *fitness* yang didapatkan dari menjumlahkan nilai dari kromosom pada inisialisasi populasi. Nilai *fitness* merupakan definisi dari fungsi tujuan [15].

3. Seleksi Kromosom

Seleksi kromosom merupakan teknik untuk mendapatkan parents dari kromosom terbaik untuk proses selanjutnya [14][16]. Metode yang digunakan adalah *Roulette Wheel Selection*, metode ini menyeleksi setiap kromosom berdasarkan

probabilitas. Kromosom yang di dalam berisi gen yang bervariasi namun sesuai dengan nilai *fitness*.

4. ***Crossover***

Tujuan utama melakukan *crossover*, yaitu untuk memastikan bahwa gen yang dibagikan serta gen anak-anak mewarisi dari gen orang tua. Langkah ini memungkinkan tercipta solusi berita dengan pertukaran gen antar individu dan induk yang baik secara inheren akan menghasilkan keturunan yang lebih baik lagi [15]. Untuk melakukan *crossover*, pertama memilih secara acak dua individu menggunakan operator *crossover*. Kemudian, gen yang berada di tempat *crossover* ditukarkan, sehingga membangun keturunan atau individu yang benar-benar baru [16].

5. Mutasi

Mutasi biasanya digunakan dalam satu individu untuk menukar nilai gen tunggal secara acak dalam AG, dengan probabilitas tertentu. Operator mutasi menggantikan gen dengan gen tetangga dalam kromosom yang sama. Operator mutasi membantu populasi untuk mencapai keragaman [12].

H. Antares

Antares merupakan salah satu platform pemrosesan yang memiliki biaya dan daya yang cukup rendah, platform Antares ini berukuran kecil, namun dengan kemampuan kinerja yang maksimal. Platform Antares digunakan untuk merancang suatu sistem berbasis internet, khusus pada sistem yang bergerak pada bidang Platform IoT. Semua komunikasi yang dilakukan menggunakan platform Antares akan ditransmisikan pada jalur terenkripsi [17][18]. Antares mempunyai sistem akuisisi data, sistem ini bekerja dengan menggunakan skema *all-data-to-shore* [19].

I. Daftar Tarif Listrik Menurut Golongan

Daftar tarif listrik untuk per kWh yang sudah ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) serta golongannya. ESDM membuat daftar tarif listrik ini agar masyarakat dapat menyesuaikan tarif harga per kWh dengan golongan gedung atau bangunan, serta dapat mendistribusikan subsidi listrik sesuai dengan sasaran. Berikut merupakan daftar tarif harga listrik resmi yang ditetapkan oleh ESDM dan PLN menurut golongannya [20].

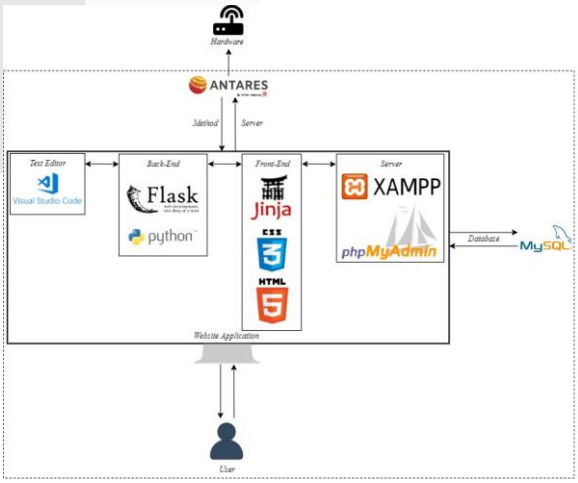
TABEL 1
GOLONGAN TARIF LISTRIK.

Golongan tarif listrik	Batas daya	Biaya pemakaian
R-1/TR	901 – 1.300 VA	Rp1.444,70/kWh
R-1/TR	1.301 – 2.200 VA	Rp1.444,70/kWh
R-2/TR	3.500 VA – 5.500 VA	Rp1.444,70/kWh
R-3/TR	> 6.600 VA	Rp1.444,70/kWh
B-1/TR	1.301 – 5.500 VA	Rp1.100/kWh
B-2/TR	6.600 VA – 200 kVA	Rp1.444,70/kWh
B-3/TM	> 200 kVA	Rp1.114,74/kWh
I-1/TR	1.301 – 2.200 VA	Rp960/kWh
I-1/TR	3.500 – 14.000 VA	Rp1.112/kWh
I-2/TR	14.001 – 200 kVA	Rp972/kWh
I-3P/TM	> 200 kVA	Rp1.114,74/kWh
I-3/TM	> 200 kVA	Rp1.114,74/kWh
I-4/TT	> 30.000 kVA	Rp996,74/kWh
P-1/TR	6.600 – 200 kVA	Rp1.444,70/kWh
P-2/TM	> 200 kVA	Rp1.114,74/kWh
P-3/TR		Rp1.444,70/kWh
L/TR, TM, TT		Rp1.644,52/kWh

III. METODE

A. Arsitektur Aplikasi

Dalam arsitektur aplikasi ini *user* mengakses *website* yang dibuat menggunakan *text edior* vscode, dengan bahasa pemrograman *back-end* yang digunakan, yaitu bahasa pemrograman python dan *framework* yang dipakai untuk menyambungkan *back-end* menggunakan flask, setelah itu *front-end* dan UI yang digunakan adalah jinja2,CSS, dan HTML. Kemudian untuk server pada *website* penjadwalan perangkat listrik ini menggunakan *local host* server yang memakai aplikasi XAMPP yang didalamnya terdapat PHPMyAdmin. Pada sistem ini *database* yang digunakan terhubung pada MySQL, kemudian MySQL akan mengirim kembali data ke *website.* Selanjutnya data akan diteruskan ke Antares dan antares akan mengirim data kembali untuk ditampilkan pada *website* agar *user* dapat memonitring durasi penggunaan listrik, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



GAMBAR 1
ARSITEKTUR APLIKASI.

B. Analisa Kebutuhan Sistem

Berdasarkan dengan penjelasan gambaran umum sistem di atas, dapat diketahui bahwa sistem penjadwalan listrik ini membutuhkan beberapa aspek yang dapat mendukung implementasi sistem dalam bentuk *website*. Aspek yang dibutuhkan, yaitu Data, Perangkat Lunak, dan Kebutuhan Pengguna.

1. Kebutuhan Data

Berikut merupakan data yang dibutuhkan agar sistem dapat berjalan dengan baik:

a. Data perangkat elektronik yang digunakan oleh pengguna, berisi nama perangkat, daya perangkat, jumlah perangkat, prioritas, dan nama gedung yang nantinya akan disimpan kedalam *database*.
b. Data nominal tagihan listrik yang diinginkan oleh pengguna dalam satu bulan yang telah ditentukan, kemudian akan disimpan kedalam *database*.

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat perancangan model, *website*, dan simulasi untuk sistem menggunakan spesifikasi sebagai berikut:

a. Sistem operasi Windows 10 64-bit
b. Web server Apache
c. MySQL
d. Visual Studio Code
e. Flask (Python)

3. Kebutuhan Pengguna

Kebutuhan pengguna yang akan menggunakan sistem penjadwalan perangkat listrik ini, harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

a. Memiliki kemampuan dalam menggunakan komputer.
b. Memiliki kemampuan dalam menggunakan *browser* dengan jenis apapun.

C. Perancangan Sistem

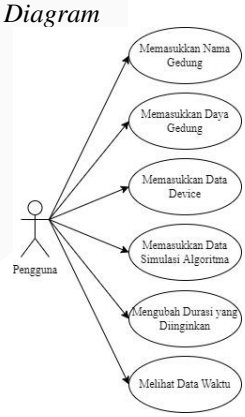
Perancangan sistem merupakan gambaran dari sistem penjadwalan perangkat listrik yang akan dirancang. Dalam perancangan sistem ini terdapat gambaran diagram alir sistem, *activity diagram*, *use case diagram*, *Sequence diagram*, *entity relationship diagram*, dan *flowchart* AG.

1. Diagram Alir Sistem

GAMBAR 2
DIAGRAM ALIR SISTEM.

Diagram alir sistem pada gambar 3.3 menunjukkan alur kerja dari sistem penjadwalan perangkat listrik. Langkah awal sistem ini dengan mengambil beberapa data dari pengguna, seperti data gedung, data *device*, dan data tagihan listrik yang diinginkan dalam waktu 30 hari. Setelah mendapatkan data-data mengenai perangkat listrik dari pengguna, selanjutnya AG akan mengoptimasi data tersebut, kemudian hasil optimasi sistem akan ditampilkan pada *website*. Hasil optimasi tersebut berupa rekomendasi durasi penggunaan perangkat listrik untuk setiap harinya, serta total tagihan listrik tidak melebihi biaya yang dimasukkan oleh pengguna dalam 30 hari. Hasil dari rekomendasi tersebut kemudian akan dikirim ke Antares, serta ditampilkan kembali pada *website*.

2. *Use Case Diagram*



GAMBAR 3
USE CASE DIAGRAM.

Berdasarkan *use case diagram* pada gambar 3, dapat diketahui sebagai berikut:

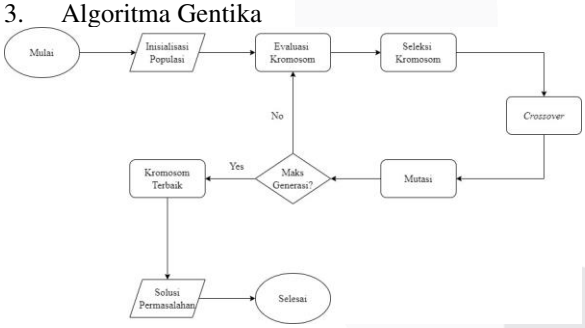
TABEL 2
USE CASE DIAGRAM AKTOR.

No	Aktor	Deskripsi
1	Pengguna	Aktor yang akan menggunakan *website* penjadwalan perangkat listrik ini.

TABEL 3
USE CASE DIAGRAM DESKRIPSI SISTEM.

No	Tipe Devinisi	Deskripsi
1	Nama	Memasukkan nama gedung
	Proses	Data masukan berupa *char* berisikan nama gedung.
	Kondisi akhir	Data ditampilkan pada tabel data gedung.
2	Nama	Memasukkan daya gedung
	Proses	Data masukan berupa *integer* berisikan daya gedung.
	Kondisi akhir	Data ditampilkan pada tabel data gedung.
3	Nama	Memasukkan data *device*
	Proses	Data masukan berupa *integer, drop down list* dan *char* berisikan nama *device*, daya *device*, jumlah *device*, memilih nama gedung, dan prioritas.
	Kondisi akhir	Data ditampilkan pada tabel data *device*.
4	Nama	Memasukkan data simulasi algoritma
	Proses	Data masukan berupa *integer* dan *drop down list* berisikan memilih nama gedung, durasi (hari), *budget*, dan memilih metode algoritma, kemudian data diolah menggunakan AG.
	Kondisi akhir	Data rekomendasi durasi ditampilkan pada tabel data *device*.
5	Nama	Mengubah durasi yang diinginkan
	Proses	Data durasi diubah sesuai dengan yang diinginkan oleh *user*.
	Kondisi akhir	Data yang telah diubah dapat ditampilkan pada tabel data *device*.
6	Nama	Melihat data waktu
	Proses	Data rekomendasi dikurangi dengan durasi pemakaian *device* oleh *user*.
	Kondisi akhir	Data ditampilkan pada tabel monitor penggunaan.

3. Algoritma Gentika



GAMBAR 4
FLOWCHART ALGORITMA GENETIKA.

Metode AG digunakan dalam perancangan sistem penjadwalan perangkat listrik ini. Metode AG digunakan dalam penentuan nilai prioritas pada suatu masalah, permasalahan tersebut untuk melakukan optimasi penjadwalan perangkat listrik. Pencarian nilai kromosom terjadi ketika hasil dari suatu proses mutasi merupakan nilai paling maksimum dan sesuai dengan permasalahan, maka nilai tersebut merupakan nilai yang optimal dan proses akan selesai. Namun, apabila nilai permasalahan belum maksimum, maka akan diproses kembali sampai mendapatkan nilai yang paling optimal.

a. Inisialisasi Populasi

Pada inisialisasi populasi, kromosom diisi oleh bilangan acak, tetapi dengan ketentuan berdasarkan prioritas yang sudah dimasukkan pada setiap perangkat listrik. Inisialisasi populasi akan dimasukkan nilai acak, nilai acak tersebut terdapat pada setiap kromosom dengan ketentuan sebagai berikut:

1. *Device* kelas *High* = nilai acak mulai dari 17 sampai dengan 24
2. *Device* kelas *Mid* = nilai acak mulai dari 9 sampai dengan 16
3. *Device* kelas *Low* = nilai acak mulai dari 1 sampai dengan 8

b. Evaluasi Kromosom

Di bagian evaluasi kromosom, dilakukan perhitungan threshold yang digunakan untuk membatasi penggunaan daya perhari, dengan biaya maksimal yang digunakan Rp.2.700.000,00 dalam sebulan.

$$kWh\ per\ bulan = \frac{2.700.000}{1.444,7}$$

$$kWh\ per\ bulan = 1.868,9 \text{ kWh}$$

Perhitungan *threshold* dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Threshold = \frac{kWh\ per\ bulan}{Hari} \quad \ldots (3.1)$$

$$Threshold = \frac{1.868,9}{30}$$

$$Threshold = 62,2 \text{ kWh}$$

Dibulatkan menjadi:

Threshold = 62 kWh/hari

Pada tahap evaluasi kromosom jika total kWh pada kromosom melebihi penggunaan kWh/hari(*threshold*), akan dilakukan pengurangan 10% disetiap gen pada kromosom.

c. Perhitungan Algoritma Genetika

Pada tahap perhitungan manual dari AG yang akan dimulai dari inisialisasi populasi, evaluasi kromosom, seleksi kromosom, *crossover*, dan mutasi. Nilai input yang akan digunakan sebagai berikut:

TABEL 4
INPUT DEVICE.

Device	Nama *Device*	Daya	Jumlah	Kelas	Golongan
D1	Kulkas	150 Watt	1	*High*	1.444,7
D2	Dispenser	350 Watt	1	*High*	1.444,7
D3	Water Heater	350 Watt	1	*High*	1.444,7
D4	Kipas	80 Watt	6	*High*	1.444,7
D5	Lampu	5 Watt	25	*Mid*	1.444,7
D6	AC	450 Watt	3	*Mid*	1.444,7
D7	Rice Cooker	450 Watt	1	*Mid*	1.444,7
D8	TV	100 Watt	5	*Mid*	1.444,7
D9	Komputer	450 Watt	1	*Low*	1.444,7
D10	Pompa Air	450 Watt	1	*Low*	1.444,7
D11	Mesin Cuci	100 Watt	1	*Low*	1.444,7
D12	Printer	20 Watt	1	*Low*	1.444,7

d. Inisialisasi Populasi

Pada tahap inisialisasi populasi untuk membangkitkan jumlah populasi awal kromosom yang digunakan, yaitu 12 kromosom yang tiap kromosom terdapat 12 *device*, sehingga gen yang digunakan sebanyak 144 gen. Berikut adalah gambaran untuk populasi awal:

```
[19 18 18 20 23 18 22 21 20 23 20 22]
[17 24 18 19 22 21 23 18 18 23 19 23]
[24 18 17 17 23 23 17 22 17 23 20 19]
[21 23 20 21 19 22 23 21 23 22 19 17]
[12 10 13  9 16 16 13 14 13 13 15 14]
[12 10 15 10 13 16 14  9 11 13 14 13]
[11 15 13  9 11 10 15 11 10 13 11 11]
[13 10 11 14 11 14 15 13 12 10 15 15]
[1 4 7 1 2 6 3 8 4 2 3 4]
[3 6 2 4 3 6 3 8 2 6 5 2]
[5 1 4 7 5 5 1 3 7 2 4 3]
[6 8 1 8 2 4 5 3 2 3 2 5]
```

GAMBAR 5
INISIALISASI POPULASI.

e. Evaluasi Kromosom

Setelah mendapatkan nilai dari populasi awal, setiap kromosom akan dilakukan perhitungan nilai *fitness* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Fitness(i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{H(i) \times W(i) \times Jumlah\ Device(i)}{1000} \ldots (3.2)$$

Keterangan:
H(i) = Durasi ke-i
W(i) = Watt ke-i

$$Fitness(1) = \frac{22 \times 150 \times 1}{1000} + \frac{21 \times 350 \times 1}{1000} + \frac{22 \times 350 \times 1}{1000} + \frac{17 \times 80 \times 6}{1000} + \frac{11 \times 5 \times 25}{1000} + \frac{11 \times 450 \times 3}{1000} + \frac{13 \times 450 \times 1}{1000} + \frac{10 \times 100 \times 5}{1000} + \frac{3 \times 450 \times 1}{1000} + \frac{6 \times 450 \times 1}{1000} + \frac{1 \times 100 \times 1}{1000} + \frac{4 \times 20 \times 1}{1000}$$

$$Fitness(1) = 57{,}815$$

Pada tahap evaluasi kromosom jika total kWh pada kromosom melebihi penggunaan kWh/hari (*threshold*), akan dilakukan pengurangan 10% disetiap gen pada kromosom. Perhitungan diatas merupakan perhitungan kromosom pertama, selanjutnya proses ini akan dilakukan terhadap setiap kromosom.

f. Seleksi Kromosom

Pada tahap seleksi kromosom ini menggunakan Roulette Wheel Selection, metode ini akan menghitung terlebih dahulu total *fitness* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Total\ fitness = \sum_{i=1}^{n} Fitness(i) \ldots (3.3)$$

$$Total\ fitness = 57{,}815 + 58{,}715 + 55{,}78 + 59{,}805 + 60{,}8 + 60{,}33 + 58{,}845 + 61{,}575 + 60{,}38 + 61{,}295 + 59{,}87 + 61{,}3$$

$$Total\ fitness = 716{,}51$$

Setelah mendapatkan Total *fitness*, setiap kromosom akan dilakukan perhitungan nilai *Fitness Relative* dan *Fitness Cummulative* untuk setiap kromosomnya. Untuk menghitung *Fitness Relative* digunakan rumus sebagai berikut:

$$Fitness\ Relative(i) = \frac{Fitness(i)}{Total\ Fitness} \ldots (3.4)$$

$$Fitness\ Relative(1) = \frac{57{,}815}{716{,}51}$$

$$Fitness\ Relative(1) = 0{,}081$$

Berikut merupakan tabel nilai *Fitness Relative* dan *Fitness Cummulative*:

Tabel 5 *Fitness Relative* dan *Fitness Cumulative*.

Kromosom	*Fitness Relative*	*Fitness Cummulative*
1	0,081	0 – 0,081
2	0,082	0,081 – 0,163
3	0,078	0,163 – 0,241
4	0,083	0,241 – 0,324
5	0,085	0,324 – 0,409
6	0,084	0,409 – 0,493
7	0,082	0,493 – 0,575
8	0,086	0,575 – 0,661
9	0,084	0,661 – 0,745
10	0,086	0,745 – 0,831
11	0,084	0,831 – 0,915
12	0,086	0,915 – 1,001

Seletaln mendapatkan nilai *Fitness Relative* dan *Fitness Cummulative,* selanjutnya kromosom diseleksi dengan cara memunculkan nilai secara acak dari jarak seluruh nilai *fitness* yang berasal dari populasi hasil uji.

g. Crossover

Pada tahap *crossover* dilakukan pemilihan secara acak dua individu menggunakan operator seleksi dan operator *crossover*. Kemudian, dibangkitkan nilai acak, jika nilai acak pada satu pasangan kurang dari nilai probabilitas *crossover* (PC), maka empat gen terakhir akan ditukar dengan gen pada kromosom pasangan, sehingga membangun keturunan atau individu yang benar-benar baru.

TABEL 6
CROSSOVER.

Pasangan 1												
-	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
K7	18	21	20	22	13	9	15	13	6	8	6	2
K5	17	24	18	20	10	14	9	9	3	7	2	4
Hasil												
K7	18	21	20	22	13	9	15	13	3	7	2	4
K5	17	24	18	20	10	14	9	9	6	8	6	2

Pada proses *crossover* tidak hanya dilakukan satu kali saja, namun dilakukan secara terus menerus hingga nilai acak yang dibangkitan lebih kecil dari probabilitas *crossover*, dan probabilitas *crossover* yang digunakan adalah 0.5. Selanjutnya ketika proses *crossover* selesai, akan dilakukan pengecekan terhadap setiap kromosom untuk memastikan kWh yang digunakan dalam kromosom tidak melebihi *threshold.* Jika kromosom melebihi *threshold*, maka nilai gen kromosom akan dilakukan pengurangan 10% disetiap gen pada kromosom.

h. Mutasi

Pada tahap mutasi dilakukan proses secara otomatis oleh sistem dengan mengoptimalkan nilai pada gen yang ada, dengan menukar antar gen di kromosom yang sama. Sama seperti *crossove*r, proses mutasi tidak hanya dilakukan satu kali saja, namun dilakukan secara terus menerus hingga nilai acak yang dibangkitan lebih kecil dari probabilitas mutasi, dan probabilitas mutasi yang digunakan adalah 0,15.

TABEL 7
MUTASI.

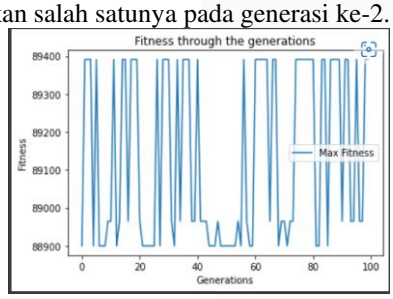
Before												
-	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
K1	17	20	17	18	16	16	9	9	5	4	8	8
After												
K1	18	17	20	17	9	16	9	16	5	4	8	8

Selanjutnya proses mutasi selesai, akan dilakukan pemeriksaan terhadap setiap kromosom untuk memastikan berat kromosom tidak melebihi threshold. Namun ketika kromosom melebihi *threshold*, maka nilai gen kromosom tersebut akan dilakukan pengurangan 10% disetiap gen pada kromosom, hingga kWh total yang didapat sama atau lebih ringan dari *threshold*.

```
[20, 21, 17, 21, 12, 13, 14, 14, 3, 3, 1, 5]
[20, 19, 17, 21, 9, 10, 9, 14, 1, 4, 7, 8]
[18, 18, 18, 18, 14, 13, 10, 14, 3, 5, 4, 2]
[20, 18, 17, 23, 13, 11, 10, 12, 4, 2, 7, 2]
[17, 17, 17, 18, 12, 14, 12, 10, 7, 2, 4, 1]
[22, 23, 19, 17, 14, 13, 11, 15, 4, 2, 3, 5]
[21, 21, 21, 20, 12, 12, 12, 9, 2, 6, 2, 3]
[21, 18, 22, 21, 14, 9, 11, 13, 8, 8, 3, 3]
[17, 18, 19, 18, 14, 14, 9, 12, 6, 6, 5, 4]
[19, 17, 24, 21, 12, 12, 11, 13, 1, 3, 5, 6]
[18, 21, 20, 21, 10, 12, 10, 15, 2, 3, 5, 2]
[18, 24, 18, 23, 10, 10, 15, 10, 4, 6, 1, 8]
================================
61.63
[20, 21, 17, 21, 12, 13, 14, 14, 3, 3, 1, 5]
```

Gambar 6 *Fitness* terbaik generasi 1.

Jumlah generasi yang sebelumnya 20 ketika dinaikan sampai 100, nilai *fitness* optimal yang didapatkan salah satunya pada generasi ke-2.



GAMBAR 7
GRAFIK GENERASI.

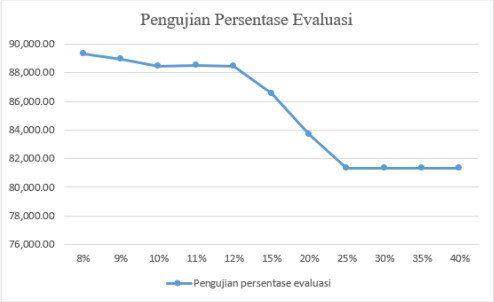
E. Time Remaining

Pada tahap time remaining ini dilakukan pengurangan durasi dari data rekomendasi pada tahap AG. Pengurangan durasi ini dilakukan saat *user* menggunakan *device*. *Device* yang digunakan pada tahap ini berupa *virtual device*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Nilai Persentase Evaluasi

Pengujian nilai persentase evaluasi dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *fitness* terbaik berdasarkan persentase evaluasi dari 5% sampai dengan 40%.

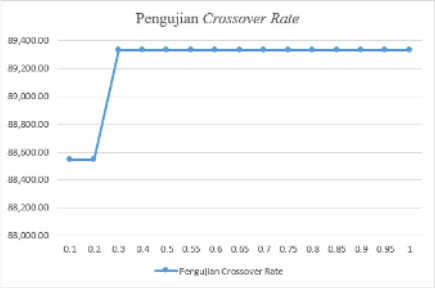


GAMBAR 8
GRAFIK PENGUJIAN PERSENTASE EVALUASI.

Pengujian persentase evaluasi pada grafik, dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase evaluasi semakin kecil nilai *fitness* terbaik yang didapatkan sehingga semakin tidak bagus untuk diimplementasikan ketika persentase evaluasi-nya semakin besar.

B. Pengujian Nilai *Crossover Rate*

Pengujian nilai *crossover rate* dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *fitness* terbaik berdasarkan nilai *crossover rate* dari 0.1 sampai dengan 1.

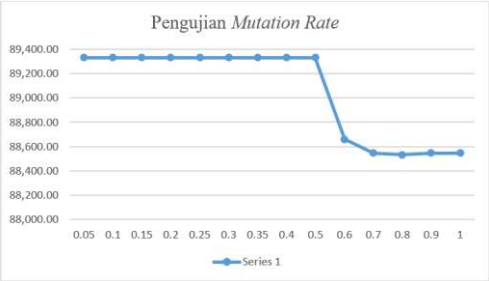


GAMBAR 9
GRAFIK PENGUJIAN NILAI *CROSSOVER RATE.*

Pengujian *crossover rate* pada grafik, dapat disimpulkan bahwa nilai *crossover rate* yang menghasilkan nilai *fitness* terbaik terdapat pada nilai 0.3 sampai dengan 1.

C. Pengujian Nilai *Mutation Rate*

Pengujian nilai *mutation rate* dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *fitness* terbaik berdasarkan nilai *mutation rate* dari 0.05 sampai dengan 1.



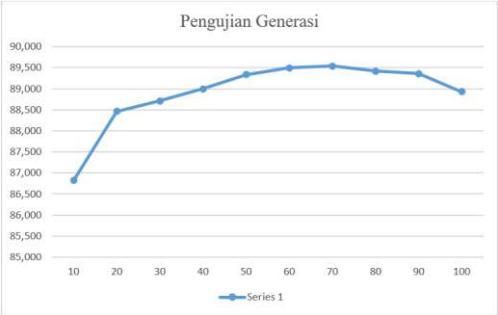
GAMBAR 10
GRAFIK PENGUJIAN NILAI *MUTATION RATE.*

Pengujian *mutation rate* pada grafik, dapat disimpulkan nilai *mutation rate* yang menghasilkan

nilai *fitness* terbaik terdapat pada nilai 0.05 sampai dengan 0.5.

D. Pengujian Generasi

Pengujian generasi ini dilakukan dengan cara mencari nilai *fitness* terbaik pada kromosom yang optimal pada pengujian generasi. Pengujian ini dilakukan dengan manaikkan batas generasi yang awalnya 10 generasi dengan interval 10 kenaikkan hingga 100 generasi. Berikut merupakan grafik hasil dari pengujian generasi yang dilakukan:

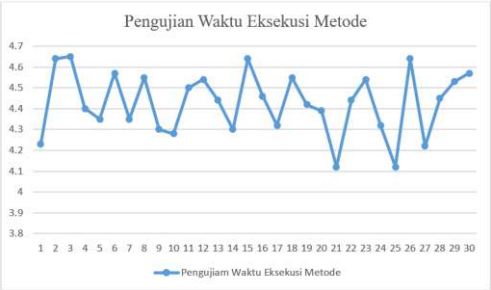


GAMBAR 11
GRAFIK PENGUJIAN GENERASI.

Berdasarkan grafik di atas, nilai *fitness* yang paling optimal didapatkan pada generasi ke 70, hal tersebut dikarenakan terjadi penurunan pada generasi ke 80.

E. Pengujian Waktu Eksekusi Metode

Pengujian waktu eksekusi mempunyai tujuan untuk mengetahui respon pengguna dalam kecepatan sistem. Pengujian respon dilakukan dengan menerima dan mengirim data pada *database* dan *website* sistem penjadwalan perangkat listrik, untuk mendapat respon yang akurat dicapai dengan melakukan pengujian sebanyak 30 kali. Berikut merupakan grafik hasil pengujian waktu eksekusi metode:



GAMBAR 12
GRAFIK PENGUJIAN WAKTU EKSEKUSI METODE.

Pada pengujian gambar 12, didapatkan hasil rata-rata eksekusi waktu sebesar 4,42 detik. Eksekusi waktu yang didapatkan dari *website* yang sudah dirancang untuk setiap perhitungan output akan menampilkan waktu proses dari perhitungan. Gambaran perhitungan waktu eksekusi pada *website* terlampir pada lampiran A.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, maka dapat disimpulkan pada pengujian performansi AG, didapatkan hasil pengujian presentasi evaluasi terbaik pada 8%, pengujian *crossover rate* terbaik pada nilai 0,3-1, pengujian *mutation rate* terbaik pada nilai 0,05-0,5, dan pengujian generasi terbaik pada generasi 70, dengan nilai *fitness* 98.542.

REFERENSI

[1] D. Prihatmoko, "Pemanfaatan Raspberry Pi Sebagai Server Web Untuk Penjadwalan Kontrol Lampu Jarak Jauh," *J. INFOTEL*, vol. 9, no. 1, p. 84, Feb. 2017, doi: 10.20895/infotel.v9i1.159.

[2] G. May, B. Stahl, M. Taisch, and V. Prabhu, "Multi-objective genetic algorithm for energy-efficient job shop scheduling," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 53, no. 23, pp. 7071–7089, 2015, doi: 10.1080/00207543.2015.1005248.

[3] A. Baharuddin and I. Ismail, "Southeast Asian Journal of technology and Science Development of energy saving conservation for educational institution Corresponding Author," *Southeast Asian J. Technol. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 54–58, 2020, doi: 10.29210/81064100.

[4] P. Brimley, D. Machalek, and K. M. Powell, "Smart scheduling of a batch manufacturer's operations by utilization of a genetic algorithm to minimize electrical demand," *Smart Sustain. Manuf. Syst.*, vol. 3, no. 2, pp. 53–67, 2019, doi: 10.1520/SSMS20190018.

[5] B. N. Getu and H. A. Attia, "Electricity audit and reduction of consumption: Campus case study," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 11, no. 6, pp. 4423–4427, 2016.

[6] A. J. Abid and A. H. Ali, "Smart Monitoring of the Consumption of Home Electrical Energy Smart Monitoring of the Consumption of Home Electrical Energy," *Int. J. Comput. Trends Technol.*, vol. 47, no. 2, pp. 142–148, 2017.

[7] R. Amornchewin, "The Development of SQL Language Skills in Data Definition and Data Manipulation Languages Using Exercises with Quizizz for Students' Learning Engagement," *IJIE (Indonesian J. Informatics Educ.*, vol. 2, no. 2, p. 83, 2018, doi: 10.20961/ijie.v2i2.24430.

[8] B. Rawat, S. Purnama, and M. Mulyati, "MySQL Database Management System (DBMS) On FTP Site LAPAN Bandung," *Int. J. Cyber IT Serv. Manag.*, vol. 1, no. 2, pp. 173–179, 2021, doi: 10.34306/ijcitsm.v1i2.47.

[9] M. Saed Novendri, A. Saputra, and C. Eri Firman, "APLIKASI INVENTARIS BARANG PADA MTS NURUL ISLAM

DUMAI MENGGUNAKAN PHP DAN MYSQL," *Lentera Dumai*, vol. 10, no. 2, pp. 46–57, 2019.

[10] "Pengertian MySQL | EduChannel Indonesia." https://educhannel.id/blog/artikel/pengertian-mysql.html (accessed Jun. 22, 2022).

[11] "XAMPP Installers and Downloads for Apache Friends." https://www.apachefriends.org/index.html (accessed Jun. 22, 2022).

[12] F. Armash Aslam, H. Nabeel Mohammed, J. Musab Mohd. Munir, and M. Aaraf Gulamgaus, "Efficient Way Of Web Development Using Python And Flask," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 54–57, 2015.

[13] M. Tabassum, "a Genetic Algorithm Analysis Towards Optimization Solutions," *Int. J. Digit. Inf. Wirel. Commun.*, vol. 4, no. 1, pp. 124–142, 2014, doi: 10.17781/p001091.

[14] L. Haldurai, T. Madhubala, and R. Rajalakshmi, "A Study on Genetic Algorithm and its Applications Related papers Effect of Genet ic Algorit hm on Art ificial Neural Net work for Int rusion Det ect ion Syst em IJCSE Edit or A review: accuracy opt imizat ion in clust ering ensembles using genet ic algori," *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 04, no. 10, pp. 139–143, 2016, [Online]. Available: www.ijcseonline.org

[15] F. A. Zainuddin and M. F. A. Samad, "A review of crossover methods and problem representation of genetic algorithm in recent engineering applications," *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 6, pp. 759–769, 2020.

[16] T. Alam, S. Qamar, A. Dixit, and M. Benaida, "Genetic algorithm: Reviews, implementations and applications," *Int. J. Eng. Pedagog.*, vol. 10, no. 6, pp. 57–77, 2021, doi: 10.3991/IJEP.V10I6.14567.

[17] C. Setianingsih, F. Azmi, and M. Solehman, "Web-Based Flood Warning System USING DECISION TREE METHOD," *Int. Conf. Mechatronics Autom. Mechatronics, Intell. Manuf. Ind. Autom.*, pp. 0–5, 2019.

[18] T. Nugroho, M. Nasrun, and C. Setianingsih, "Smart Lamp Control Based on User Behavior for Two Lamps Using K-Nearest Neighbour," *Int. Conf. Adv. Mechatronics, Intell. Manuf. Ind. Autom. ICAMIMIA 2019 - Proceeding*, pp. 123–128, 2019, doi: 10.1109/ICAMIMIA47173.2019.9223423.

[19] C. Kopper, "The Antares caomputing model," *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip.*, vol. 725, pp. 126–128, 2013, doi: 10.1016/j.nima.2012.12.076.

[20] "Daftar Tarif Listrik Terbaru Kementerian ESDM April – Juni 2021." https://lifepal.co.id/media/daftar-tarif-listrik-terbaru/?utm_campaign=MEDIA_tagihan-listrik_begini-lho-cara-menghitung-tarif-listrik-benar&utm_source=media&utm_medium=in article_text&utm_content=begini-lho-cara-menghitung-tarif-listrik-benar. (accessed Jun. 22, 2022).