



Implementasi metode *radial basis function* untuk kendali lampu berdasarkan kebiasaan penghuni rumah

Gracella Andreni¹, Irma Nirmala^{2*}, Rahmi Hidayati³

^{1, 2, 3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

¹gracellaandreni@gmail.com, ^{2*}irma.nirmala@siskom.untan.ac.id, ³rahmihidayati@siskom.untan.ac.id

ABSTRAK

Lampu merupakan sumber cahaya yang sangat penting sebagai pengganti matahari. Saat ini, pengguna harus menekan tombol ON/OFF pada sakelar untuk mengendalikan lampu secara manual. Dikarenakan berbagai macam kegiatan yang dimiliki oleh pengguna, mengakibatkan pengguna lupa mematikan lampu saat meninggalkan rumah sehingga kendali secara manual ini seringkali menjadi tidak efisien. Otomatisasi menjadi salah satu solusi untuk dapat memberikan pencahayaan otomatis tanpa perlu menghidupkan dan mematikan lampu secara manual. Kendali otomatis berdasarkan kebiasaan menjadi solusi untuk dapat memberikan kemudahan dan kenyamanan dengan mengenali kebiasaan pengguna. Pada penelitian ini telah dibangun sebuah sistem kendali lampu berdasarkan kebiasaan penghuni rumah dengan mengimplementasikan metode *radial basis function*. Data penelitian ini diperoleh dari 6 lampu yang menghasilkan 620 data pelatihan yang dikumpulkan selama 15 hari dan juga menghasilkan 48 data hasil pengujian yang dilakukan selama 2 hari. Jaringan ini terdiri dari 1 neuron *input layer*, 6 neuron *output layer*, dan variasi jumlah neuron *hidden layer*. Berdasarkan pengamatan jumlah neuron *hidden layer*, semakin banyak neuron *hidden layer* maka tingkat akurasi cenderung semakin tinggi dan waktu pelatihan cenderung semakin lama. Hasil dari implementasi dengan menggunakan 30 neuron *hidden layer*, sistem menunjukkan keberhasilan pada pengujian dengan mencapai *precision* sebesar 98,413%, *recall* sebesar 95,384%, dan akurasi sebesar 97,222%.

Kata kunci: lampu, kebiasaan, *radial basis function*, *hidden layer*

ABSTRACT

Lamp is a crucial source of light as a substitute for the sun. Currently, users have to manually control the lights by pressing the on/off button on the switch. Due to various activities, users often forget to turn off the lights when leaving their homes, making this manual control frequently inefficient. Automation control provides a solution to offer automatic lighting without the need for manual switching. Habit-based automation becomes a solution to provide convenience and comfort by recognizing user habits. This research presents a lighting control system based on the habits of the occupants using the Radial Basis Function method. The research data consist of 620 training data points collected over 15 days from 6 lamps and 48 test data points obtained during a 2-day testing period. The network comprises 1 neuron in the input layer, 6 neurons in the output layer, and varying numbers of neurons in the hidden layer. Based on observations of the number of neurons in the hidden layer, increasing the number of hidden neurons tends to result in higher accuracy but longer training times. The implementation with 30 neurons in the hidden layer showed successful testing results with *precision* of 98.413%, *recall* of 95.384%, and *accuracy* of 97.222%.

Keywords: lamp, habit, *radial basis function*, *hidden layer*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi, baik dalam perangkat keras maupun perangkat lunak terus berkembang sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan kebutuhan pengguna [1]. Perkembangan teknologi telah memberikan pengaruh besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk lampu. Lampu memegang peranan penting sebagai sumber cahaya dalam menggantikan matahari [2]. Umumnya lampu dikendalikan secara manual oleh pengguna dengan menekan tombol yang terdapat pada sakelar. Dikarenakan berbagai macam kegiatan yang dimiliki oleh pengguna, mengakibatkan pengguna lupa mematikan lampu saat meninggalkan rumah sehingga kendali secara manual ini seringkali menjadi

tidak efisien. Kelalaian dalam mematikan lampu yang tidak dibutuhkan dapat menyebabkan peningkatan kebutuhan energi listrik dan cenderung boros [3].

Saat ini banyak terjadi inovasi di bidang teknologi dan satu diantaranya adalah *smarthome*. *Smarthome* adalah sebuah sistem yang dirancang untuk memfasilitasi berbagai proses di dalam rumah yang mencakup berbagai bidang, diantaranya yaitu pengendalian lampu rumah [4]. Sistem otomatisasi merupakan salah satu cara untuk memecahkan masalah penggunaan lampu yang tidak efisien apabila lupa mematikan lampu. Hal ini dapat memberikan pencahayaan otomatis tanpa menghidupkan atau mematikan lampu secara manual. Sistem otomatis berdasarkan kebiasaan menjadi solusi untuk dapat memberikan kemudahan dan kenyamanan dengan mengenali kebiasaan pengguna sehingga diperlukan sebuah metode klasifikasi untuk dapat menghidupkan dan mematikan lampu. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk klasifikasi adalah *radial basis function* (RBF). RBF adalah jenis jaringan syaraf tiruan yang terdiri dari tiga lapisan dan bersifat *feedforward* yang mampu menyelesaikan kasus klasifikasi [5]. Metode RBF menerapkan dua pendekatan, yaitu dengan menggunakan *supervised* dan *unsupervised*, dan telah memberikan tingkat akurasi klasifikasi yang tinggi dalam berbagai penelitian [6].

Saat ini telah ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan sistem lampu, seperti pada penelitian [7] yang menghasilkan tingkat keberhasilan 80% dalam memprediksi penggunaan lampu dalam aktivitas sehari-hari. Penelitian [8] menghasilkan sebuah sistem yang dapat menghidupkan dan mematikan lampu rumah secara manual dan otomatis dengan menggunakan aplikasi *website*. Penelitian lain yang mengimplementasikan metode RBF, seperti pada penelitian [6] menghasilkan klasifikasi daerah tertinggal di Indonesia dengan akurasi 93,48%, sensitivitas 81,10%, dan spesififikasi 97,43%. Selain itu, nilai F-Measure yang dihasilkan pada arsitektur RBF tersebut mencapai 85,36%. Penelitian selanjutnya yang mengimplementasikan metode RBF [9] menghasilkan klasifikasi serangan jaringan komputer dengan akurasi sebesar 97,9%. Penelitian [10] menghasilkan klasifikasi *malware* menggunakan RBF dengan menunjukkan hasil akurasi sebesar 98,41%.

Berdasarkan permasalahan yang telah ada pada penelitian sebelumnya, penelitian ini mengimplementasikan metode RBF untuk sistem kendali lampu berdasarkan kebiasaan penghuni rumah. Data *input* yang digunakan dalam penelitian ini berupa data waktu pada 6 ruangan dengan kelas berupa ON-OFF lampu. Penelitian ini diharapkan dapat menghidupkan dan mematikan lampu secara manual dan otomatis berdasarkan kebiasaan penghuni rumah melalui antarmuka aplikasi *website*.

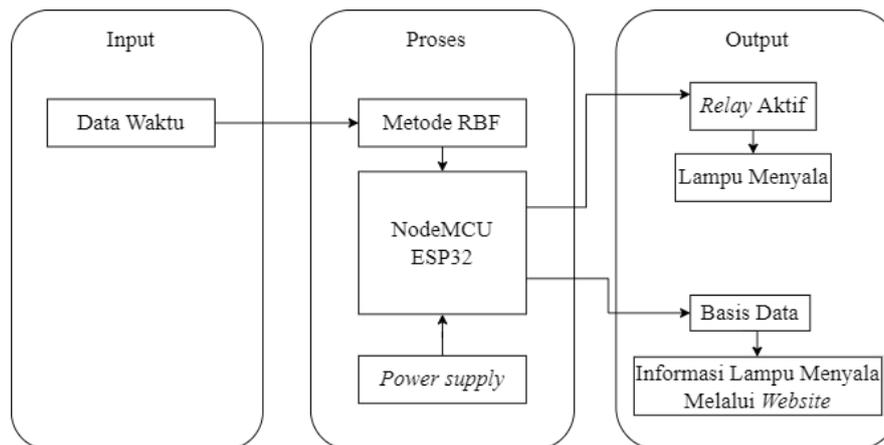
2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini melibatkan pencatatan waktu hidup dan mati 6 lampu selama periode 15 hari. Data tersebut diperoleh dengan cara menghidupkan dan mematikan lampu secara manual melalui *website* sesuai dengan kebiasaan penghuni rumah yang menghasilkan 620 data kebiasaan. Data yang telah dikumpulkan tersebut disimpan dalam basis data dan digunakan untuk proses pelatihan pada sistem yang dibangun.

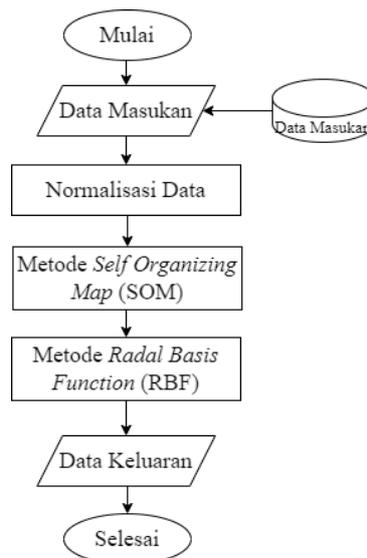
2.2 Perancangan Arsitektur Sistem

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang berperan dalam mengendalikan sistem kendali pada modul *relay*. Modul *relay* tersebut berfungsi sebagai alat yang bekerja sebagai sebuah sakelar/*switch* untuk menghidupkan dan mematikan 6 buah lampu. Data hasil dari sistem kendali akan dikirimkan melalui jaringan internet dan disimpan dalam basis data. Hasil pengiriman memungkinkan pengguna dapat membaca status kendali berupa manual maupun otomatis yang terdapat di NodeMCU ESP32 melalui *website*. Data kebiasaan yang diperoleh dengan cara menghidupkan dan mematikan lampu melalui kendali manual disimpan dalam basis data melalui jaringan internet, kemudian dilakukan proses pelatihan melalui *website*. Hasil dari proses pelatihan berupa bobot dan bias yang disimpan dalam basis data, selanjutnya digunakan dalam sistem kendali otomatis pada NodeMCU ESP32 untuk mengatur hidup dan matinya lampu secara otomatis. Sumber listrik untuk keseluruhan komponen dalam sistem menggunakan *power supply*. Perancangan arsitektur sistem kendali lampu berdasarkan kebiasaan penghuni rumah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perancangan arsitektur sistem kendali lampu

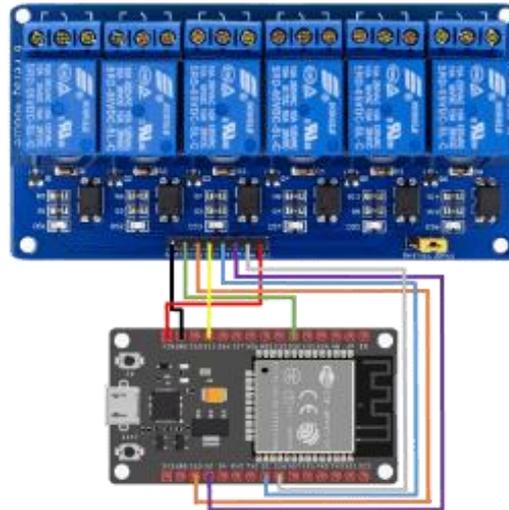
Tahapan penerapan metode pada penelitian ini melibatkan metode *self organizing map* (SOM) dan *radial basis function* (RBF). Penerapan metode dimulai dengan memperoleh data masukan dari penyimpanan basis data. Data yang digunakan terdiri dari pencatatan waktu hidup dan matinya 6 lampu selama periode 15 hari yang kemudian dilakukan proses normalisasi data. Hasil normalisasi data tersebut kemudian diterapkan pada metode SOM untuk mendapatkan nilai *center*. Nilai *center* dari proses metode SOM digunakan dalam proses metode RBF. Adapun diagram alir pada metode RBF dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pada metode RBF

2.3 Perancangan Perangkat Keras

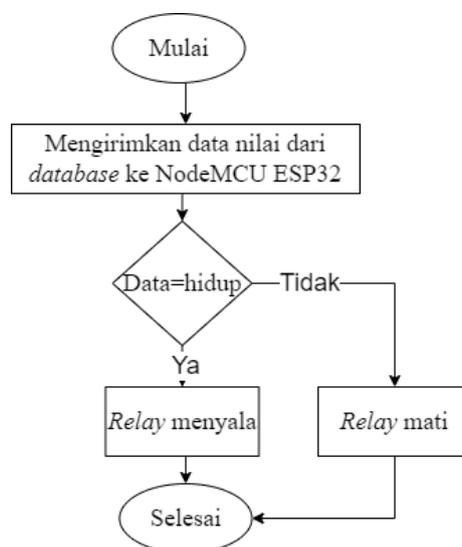
Sistem kendali lampu pada penelitian ini menggunakan modul *relay 6 channel* yang berfungsi sebagai sakelar untuk menghidupkan dan mematikan lampu dengan cara menyambungkan modul *relay* tersebut ke NodeMCU ESP32. NodeMCU ESP32 bertugas sebagai perangkat yang memberi nilai berupa *high* untuk memutus arus listrik dan *low* untuk menyambung arus listrik. Adapun perancangan sistem kendali modul *relay* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan sistem kendali modul *relay*

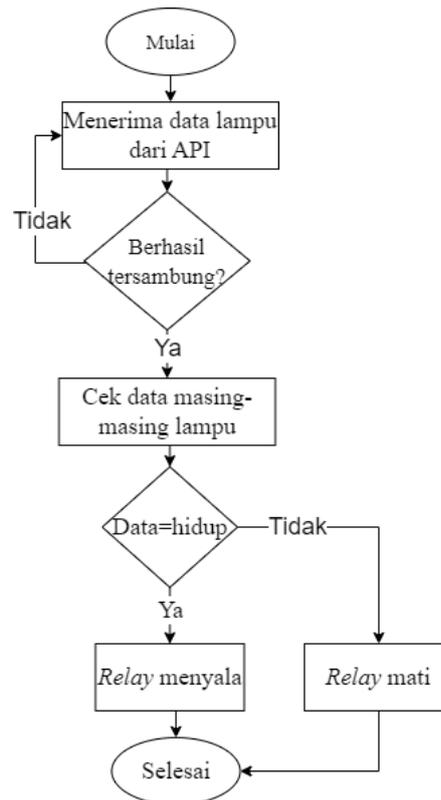
2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak terdapat dua rancangan, yaitu perancangan alir pengendalian sistem manual dan perancangan pengendalian sistem otomatis. Pada pengendalian sistem manual, sistem akan mengakses *database* untuk memperoleh nilai hidup atau mati yang akan digunakan untuk mengendalikan modul *relay*. Pengendalian manual memungkinkan pengguna untuk mengendalikan hidup atau mati lampu melalui *website*. Apabila data nilai yang diperoleh menunjukkan hidup maka sistem akan menyalakan *relay*, sedangkan jika data nilai yang didapat adalah mati, maka sistem akan mematikan *relay*. Adapun diagram alir pengendalian sistem manual dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pengendalian sistem manual

Pada pengendalian sistem otomatis, NodeMCU ESP32 akan menerima data dari sebuah *Application Programming Interface* (API) yang digunakan sebagai tahap pengujian metode RBF dengan masukan berupa waktu. Waktu dikirimkan secara *realtime* sesuai dengan pemanggilan dari API tersebut. Hasil klasifikasi hidup dan matinya lampu di 6 ruangan akan dikirimkan melalui *response* API. Setelah NodeMCU ESP32 berhasil mendapatkan *response* dari API, sistem akan memeriksa data dari setiap lampu untuk mendapatkan data hidup dan matinya lampu, kemudian sistem akan menyalakan dan mematikan *relay* sesuai dengan *response* dari API yang diterima. Adapun diagram alir pengendalian sistem otomatis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir pengendalian sistem otomatis

2.5 Self Organizing Map (SOM)

Pada tahun 1990-an, Teuvo Kohonen memperkenalkan algoritma SOM yang merupakan suatu metode dalam jaringan saraf tiruan (JST) dengan menggunakan pembelajaran tidak terawasi [11]. SOM terbentuk dari dua lapisan, yaitu lapisan *input* dan lapisan *output*. Setiap neuron dalam lapisan *input* memiliki koneksi langsung dengan setiap neuron dalam lapisan *output*. Neuron dalam lapisan *output* menggambarkan kelas dari *input* yang diberikan. Pada jaringan SOM, setiap neuron akan dibentuk berdasarkan nilai tertentu dari suatu *cluster*. Saat proses *clustering* berlangsung, bobot vektor yang paling sesuai dengan pola *input* akan menjadi pemenang [12]. Tahapan jaringan SOM adalah sebagai berikut [13]:

0. Menentukan nilai bobot awal secara acak, menentukan jumlah tetangga parameter, dan menentukan kecepatan pembelajaran.
1. Lakukan langkah 2 sampai 8 selama kondisi menghentikan proses pembelajaran belum terpenuhi.
2. Lakukan langkah 3 sampai 5 untuk setiap *input* x .
3. Hitung $D(j)$ menggunakan Persamaan 1.

$$D(j) = \sum (w_{ij} - x_i)^2 \quad (1)$$

Keterangan:

$D(j)$ = jarak antara dua titik

w_{ij} = bobot jaringan

x_i = data masukan

4. Menentukan *index* j yang memiliki nilai $D(j)$ minimum.
5. Memperbarui setiap bobot pada *index* j dengan menggunakan Persamaan 2.

$$w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) + \alpha [x_i - w_{ij}(\text{lama})] \quad (2)$$

6. Memperbarui kecepatan pembelajaran (α).
7. Pada waktu tertentu, kurangi radius lingkungan topologi
8. Tes apakah syarat untuk menghentikan proses terpenuhi.

2.6 Radial Basis Function (RBF)

Jaringan RBF adalah alternatif yang telah dikembangkan dari jaringan *multilayered feedforward neural* (MFN). Struktur dari jaringan RBF terdiri dari 3 layer yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*, dimana *hidden layer* terdiri dari 1 lapisan [9]. RBF menggunakan pendekatan jaringan syaraf tiruan dengan menerapkan fungsi aktivasi radial basis dan sering digunakan untuk menangani masalah klasifikasi. Algoritma pelatihan pada jaringan RBF terdiri dari *supervised learning* dan *unsupervised learning*. Tahapan pelatihan pada jaringan RBF sebagai berikut [14]:

1. Tahapan Clustering

Data *clustering* atau pengelompokan data adalah proses pengelompokan data berdasarkan kedekatannya, misalnya kedekatan antar titik data. Pusat data (*center*) ditentukan berdasarkan pengelompokan data tersebut. Jumlah neuron pada *hidden layer* yang digunakan bergantung pada jumlah *cluster* yang diinginkan. Ada dua cara untuk menentukan pusat data, yang pertama yaitu dengan menentukannya secara acak dari kelompok data dan yang kedua yaitu menggunakan algoritma *clustering*. Cara kedua ini lebih sulit, tetapi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan cara pertama.

2. Tahapan Pembaharuan Bobot

Pelatihan jaringan syaraf tiruan disimpan dalam bobot pada setiap neuron. Untuk memperbarui bobot pada tahap ini, dilakukan serangkaian perhitungan yang memerlukan data pelatihan (*supervised learning*). Langkah-langkah pada tahap ini sebagai berikut:

- a. Mengirimkan sinyal masukan ke *hidden layer* dan menghitung nilai dari fungsi aktivasi pada setiap *hidden layer* dengan menggunakan Persamaan 3.

$$\varphi(r) = \exp\left(-\frac{\|X_m - t_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

Keterangan:

$\varphi(r)$ = hasil fungsi aktivasi

m = 1, 2, 3, ... sesuai dengan jumlah *training pattern*

j = 1, 2, 3, ... sesuai dengan jumlah *hidden unit*

X = vektor *input*

t = vektor data yang dianggap sebagai *center*

σ = *spread*

- b. Membentuk matriks *Gaussian* dari hasil perhitungan pada langkah a dengan menggunakan Persamaan 4.

$$G = \begin{matrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \cdots & \varphi_{1C} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \cdots & \varphi_{2C} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \varphi_{M1} & \varphi_{M2} & \cdots & \varphi_{MC} \end{matrix} \quad (4)$$

- c. Menghitung bobot (W) dengan melakukan perkalian antara matriks *pseudoinverse* dari matriks G dan vektor target (d) dari data pelatihan menggunakan Persamaan 5.

$$W = (G^T G)^{-1} G^T d \quad (5)$$

- d. Menghitung nilai keluaran jaringan dengan menggunakan Persamaan 6.

$$y = \sum w. \varphi + b \quad (6)$$

Nilai σ (*spread*) dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 7 [15].

$$\sigma = \frac{d_{max}}{\sqrt{2M}} \quad (7)$$

Keterangan:

M = jumlah titik *center*

d_{max} = jarak maksimal antara vektor *input* dan *center*

Perhitungan jarak antara vektor *input* dan *center* neuron seringkali dilakukan dengan menggunakan rumus Euclidian, yaitu pada Persamaan 8 [16].

$$r_h = \|x - c_h\| = \sqrt{\sum_{i \in I} (x_i - c_{h,i})^2} \quad (8)$$

Keterangan:

x = vektor *input*

c_h = *center* neuron h

2.7 Confusion Matrix

Suatu cara untuk menilai kinerja suatu metode klasifikasi adalah melalui penggunaan *confusion matrix* [6]. *Confusion matrix* ini digunakan untuk memperoleh nilai *precision*, *recall*, dan *accuracy*. *Precision* adalah tingkat kesesuaian antara data yang diambil dengan hasil yang diperoleh oleh sistem. *Recall* adalah tingkat keberhasilan sistem dalam mendapatkan kembali suatu informasi, sedangkan *accuracy* adalah tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi dengan keadaan sebenarnya [17]. Perhitungan *confusion matrix* menggunakan Persamaan 9 sampai Persamaan 11.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (9)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} \times 100\% \quad (10)$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{Total\ Sample} \times 100\% \quad (11)$$

Keterangan:

TP = *True Positive*, data positif yang diprediksi dengan benar

TN = *True Negative*, data negatif yang diprediksi dengan benar

FP = *False Positive*, data negatif yang diprediksi sebagai data positif

FN = *False Negative*, data positif yang diprediksi sebagai data negatif

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

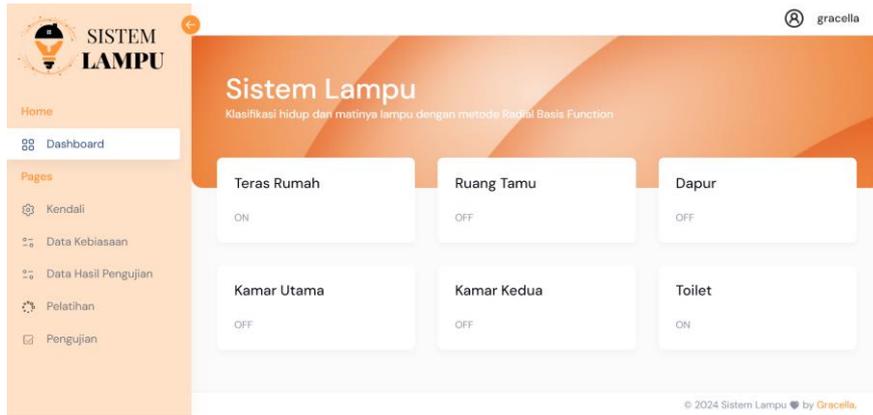
3.1 Hasil Implementasi

Hasil implementasi ini terdiri dari dua bagian, yakni implementasi perangkat keras dan perangkat lunak. Implementasi perangkat keras merupakan proses pemasangan komponen-komponen yang terhubung satu persatu sesuai dengan rancangan yang sudah dibuat. Implementasi perangkat keras pada sistem kendali lampu dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



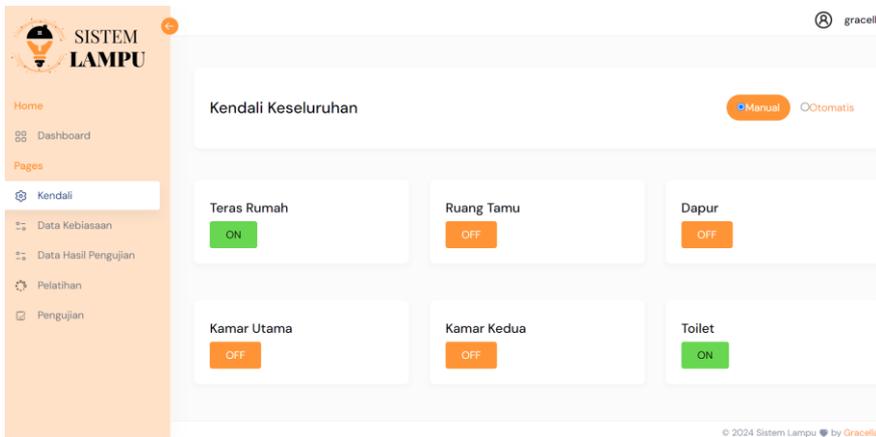
Gambar 6. Implementasi perangkat keras pada sistem kendali lampu

Implementasi perangkat lunak merupakan implementasi antarmuka halaman *website* yang telah dirancang sebelumnya. Halaman *website* saat pertama kali pengguna berhasil *login* yaitu halaman *dashboard* yang tampak pada Gambar 7. Pada halaman tersebut akan menampilkan informasi kondisi lampu dari 6 ruangan.



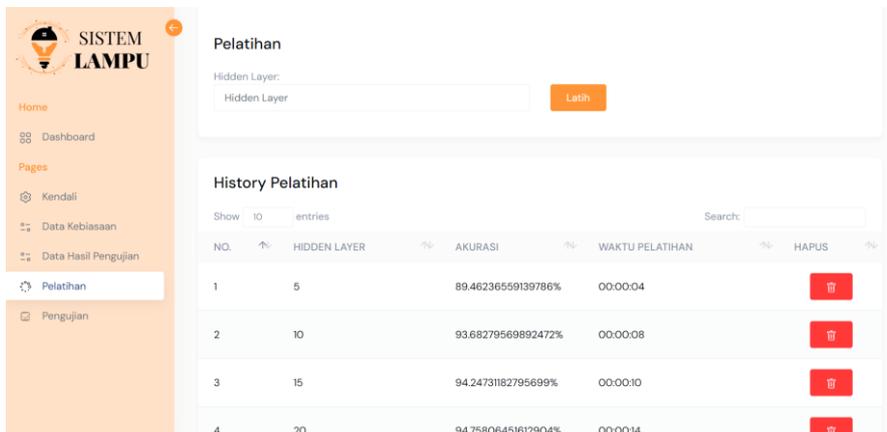
Gambar 7. Tampilan halaman dashboard

Pada halaman kendali, terdapat tombol pilihan manual atau otomatis yang dapat dipilih oleh pengguna dalam mengatur pengendalian lampu. Pada kendali manual terdapat tombol ON-OFF untuk menghidupkan atau mematikan lampu. Tampilan antarmuka halaman kendali dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan halaman kendali

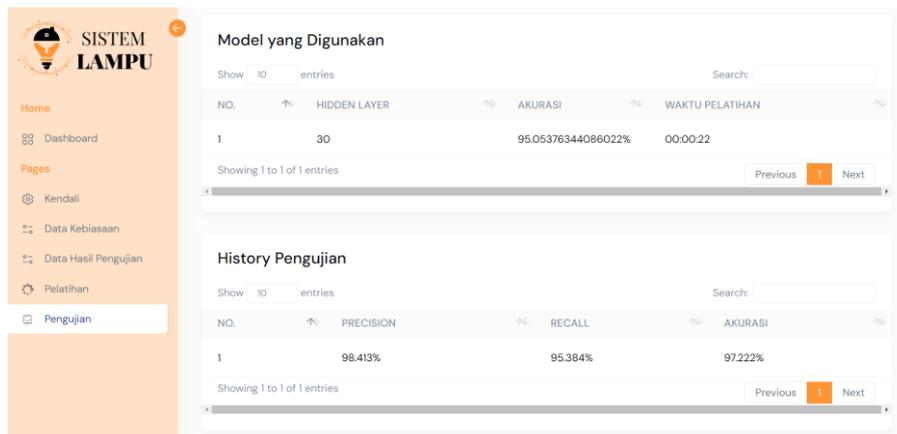
Pada halaman pelatihan terdapat proses untuk melatih data dan *history* pelatihan. Untuk melatih data terdapat masukkan berupa jumlah neuron *hidden layer* dan tombol "latih" yang berfungsi untuk memulai proses pelatihan. Hasil pelatihan akan ditampilkan dalam tabel *history* pelatihan. Tampilan antarmuka halaman pelatihan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan halaman pelatihan

Pada halaman pengujian, terdapat tabel model yang digunakan dan *history* pengujian. Pada tabel model yang digunakan, terdapat informasi seperti *hidden layer*, akurasi, dan waktu pelatihan. Pada

tabel *history* pengujian terdapat beberapa informasi, seperti *precision*, *recall*, dan akurasi. Tampilan antarmuka halaman pengujian dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan halaman pengujian

3.2 Hasil Pengujian

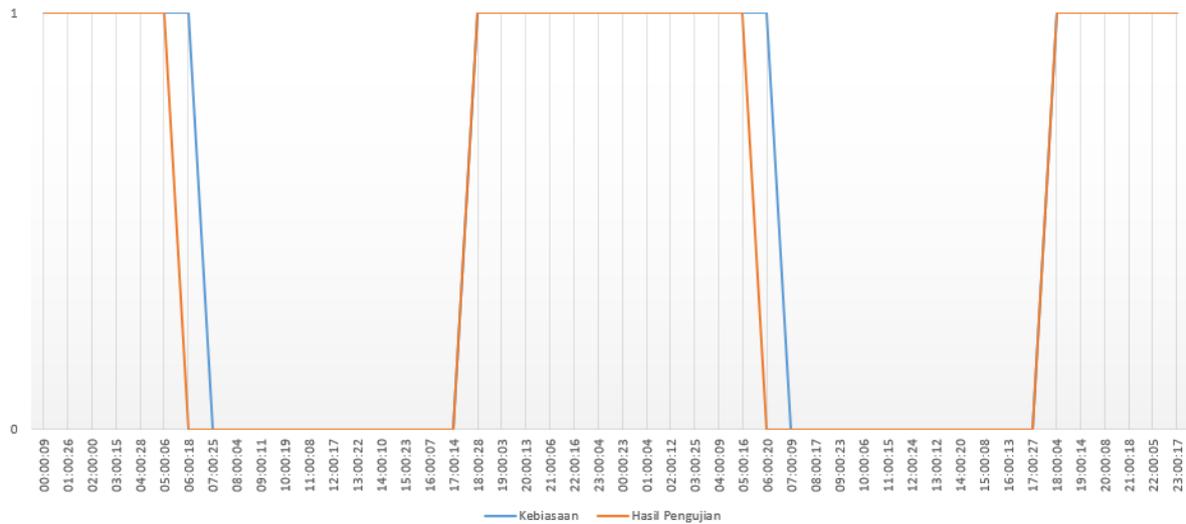
Proses pelatihan dilakukan menggunakan 1 neuron *input*, 6 neuron *output* dan variasi neuron *hidden layer*. Variasi jumlah neuron *hidden layer* pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap neuron *hidden layer* dengan nilai kelipatan 5 dengan maksimum neuron sebanyak 100. Berdasarkan variasi jumlah neuron pada *hidden layer* didapatkan bahwa semakin banyak neuron *hidden layer* yang digunakan maka tingkat akurasi cenderung semakin tinggi dan waktu proses pelatihan cenderung semakin lama. Pelatihan dengan variasi jumlah neuron *hidden layer* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pelatihan dengan variasi jumlah neuron *hidden layer*

No.	<i>Hidden Layer</i>	Akurasi	Waktu Pelatihan (detik)
1	5	89,462%	4
2	10	93,683%	8
3	15	94,247%	10
4	20	94,758%	14
5	25	94,543%	20
6	30	95,054%	22
7	35	95,645%	21
8	40	95,887%	27
9	45	95,887%	35
10	50	95,806%	39
11	55	96,048%	35
12	60	96,451%	41
13	65	96,021%	51
14	70	96,532%	49
15	75	96,667%	52
16	80	96,532%	58
17	85	96,613%	54
18	90	96,935%	59
19	95	96,989%	62
20	100	96,989%	65

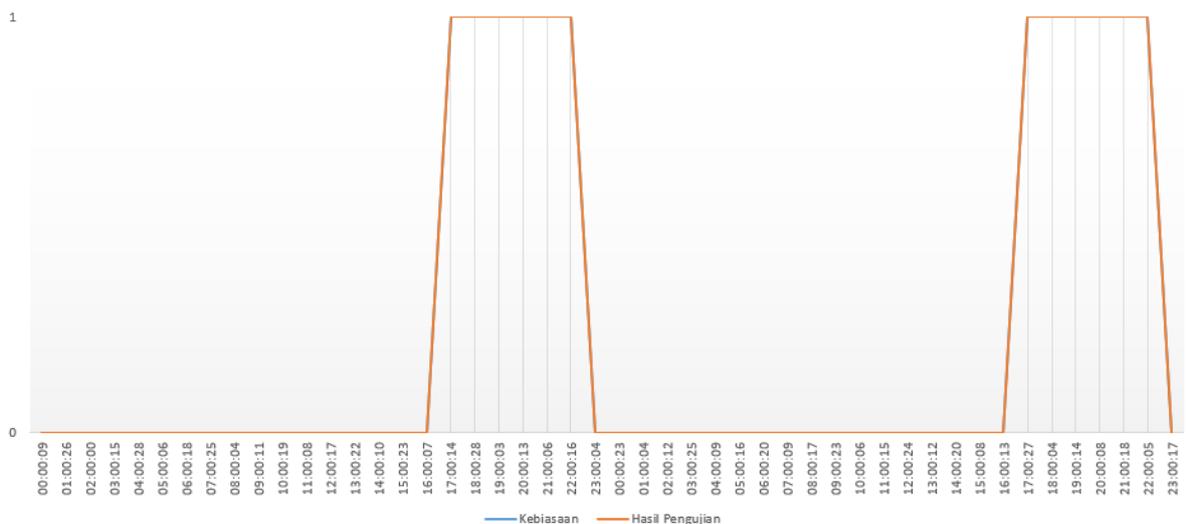
Pengujian sistem kendali otomatis pada metode RBF dengan menggunakan 30 neuron *hidden layer* memberikan hasil pengujian kecepatan waktu dalam menghidupkan dan mematikan lampu berkisar antara 2 hingga 4 detik. Pengujian dilakukan dengan pengambilan data setiap rentang 1 jam selama 2 hari dan menghasilkan 48 data pada setiap lampu ruangan. Hasil pengambilan data tersebut dibandingkan dengan data kebiasaan yang telah didapat selama 15 hari. Adapun pengujian sistem kendali otomatis dapat dilihat pada Gambar 11 sampai Gambar 16, dimana nilai 1 pada gambar menunjukkan kondisi lampu hidup dan nilai 0 menunjukkan kondisi lampu mati. Berdasarkan hasil

pengujian lampu teras, diketahui bahwa kesesuaian data kebiasaan dan hasil pengujian pada lampu teras yaitu berjumlah 46 data, sedangkan data yang tidak sesuai berjumlah 2, yaitu pada jam 06:00. Hasil pengujian lampu teras dapat dilihat pada Gambar 11.



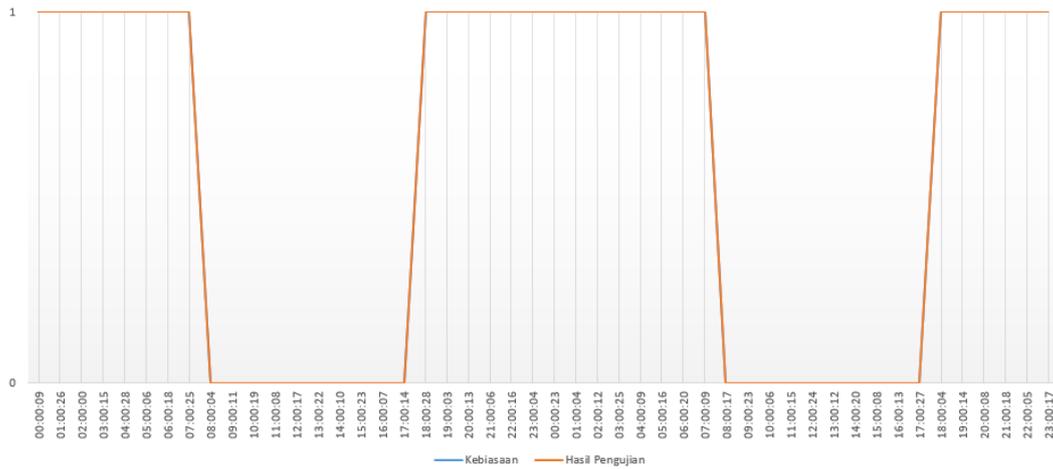
Gambar 11. Hasil pengujian lampu teras

Berdasarkan hasil pengujian lampu ruang tamu, diketahui bahwa kesesuaian antara data kebiasaan dan hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data benar dengan jumlah data sebanyak 48. Pada jam 17:00, lampu ruang tamu hidup dan mati kembali pada jam 23:00. Hasil pengujian lampu ruang tamu dapat dilihat pada Gambar 12.



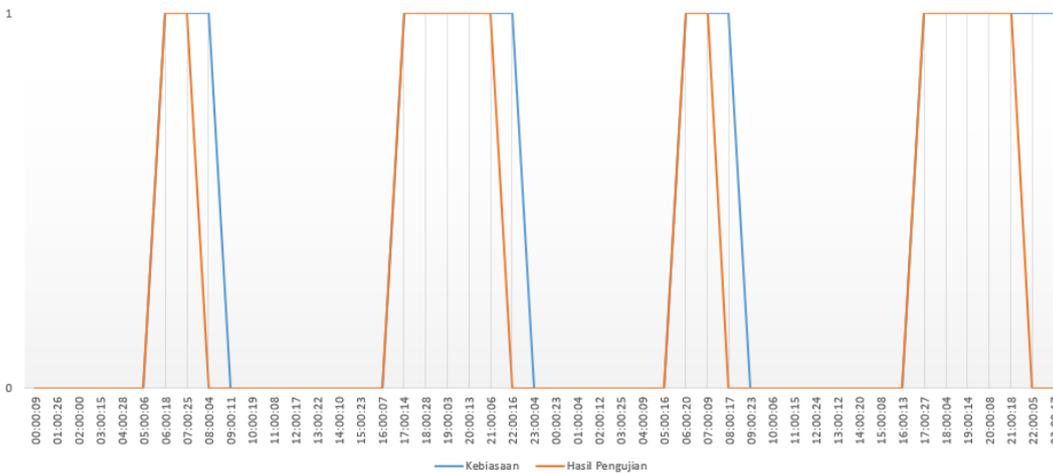
Gambar 12. Hasil pengujian lampu ruang tamu

Berdasarkan hasil pengujian lampu kamar utama, diketahui bahwa kesesuaian antara data kebiasaan dan hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data benar dengan jumlah data sebanyak 48. Pada jam 08:00, lampu kamar utama mati dan hidup kembali pada jam 18:00. Hasil pengujian lampu kamar utama dapat dilihat pada Gambar 13.



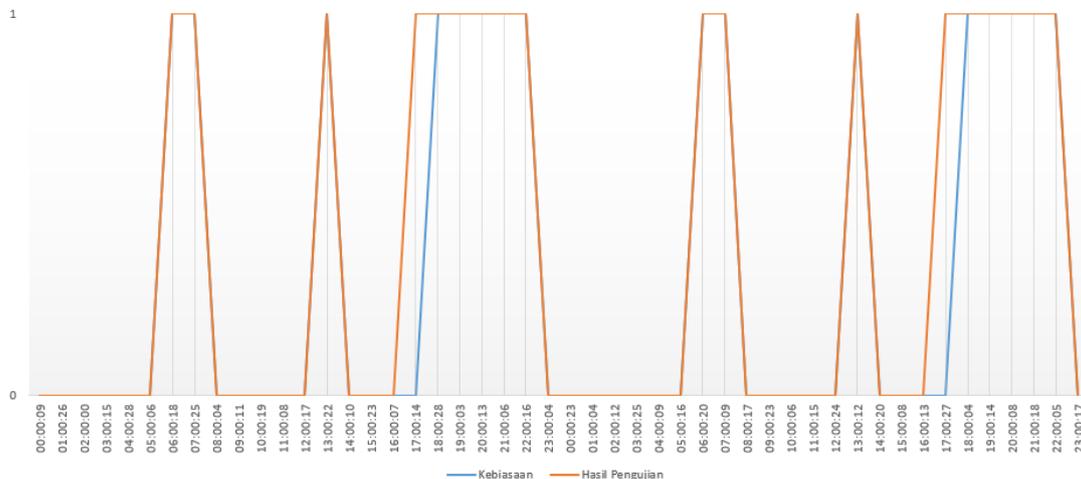
Gambar 13. Hasil pengujian lampu kamar utama

Berdasarkan hasil pengujian lampu kamar kedua, diketahui bahwa kesesuaian data kebiasaan dan hasil pengujian, yaitu berjumlah 44 data. Terdapat empat data yang tidak sesuai, yaitu pada jam 08:00 dan 22:00. Hasil pengujian lampu kamar kedua dapat dilihat pada Gambar 14.



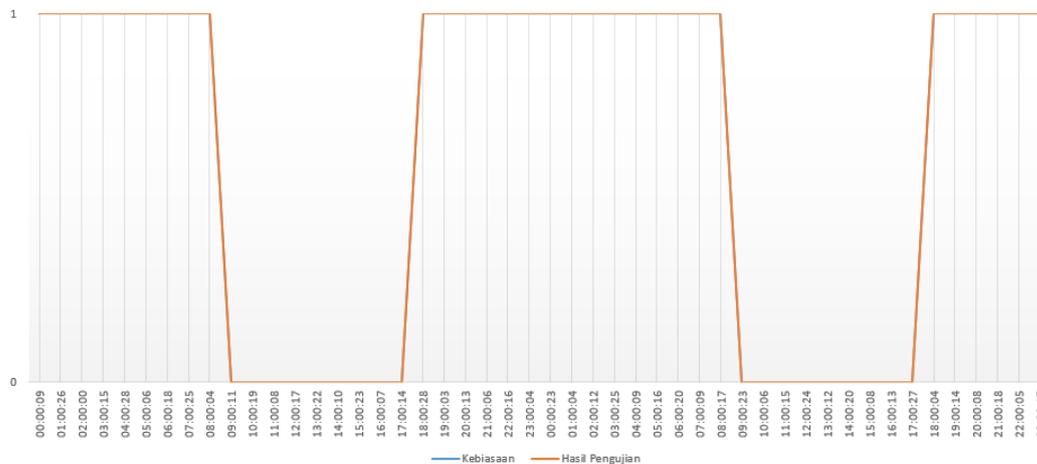
Gambar 14. Hasil pengujian lampu kamar kedua

Berdasarkan hasil pengujian lampu dapur, diketahui bahwa kesesuaian antara data kebiasaan dan hasil pengujian, yaitu berjumlah 46 data. Terdapat dua data yang tidak sesuai, yaitu pada jam 17:00. Hasil pengujian lampu dapur dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil pengujian lampu dapur

Berdasarkan hasil pengujian lampu toilet, diketahui bahwa kesesuaian antara data kebiasaan dan hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data benar dengan jumlah data sebanyak 48. Pada jam 09:00, lampu toilet mati dan hidup kembali pada jam 18:00. Hasil pengujian lampu toilet dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil pengujian lampu toilet

Setelah dilakukan perbandingan antara data kebiasaan dan hasil pengujian, dilakukan perhitungan nilai *precision*, *recall*, dan akurasi dengan menggunakan Persamaan 9 sampai Persamaan 11.

$$Precision = \frac{124}{124+2} \times 100\% = 98,413\%$$

$$Recall = \frac{124}{124+6} \times 100\% = 95,384\%$$

$$Akurasi = \frac{124+156}{124+2+6+156} \times 100\% = 97,222\%$$

3.3 Pembahasan

Dalam penelitian ini, metode *Radial Basis Function* diterapkan dengan menggunakan 1 neuron pada lapisan *input*, 6 neuron pada lapisan *output*, dan pengamatan terhadap jumlah neuron *hidden layer*. Proses pelatihan dilakukan dengan menggunakan 620 data kebiasaan yang telah didapat berdasarkan riwayat penggunaan lampu pada 6 ruangan selama 15 hari. Proses pelatihan tersebut dilakukan dengan menggunakan metode SOM untuk mendapatkan nilai *center* dan metode RBF untuk mendapatkan hasil klasifikasi hidup dan matinya lampu. Pada penelitian ini menggunakan maksimal iterasi pada jaringan SOM sebanyak 100 iterasi. Bobot akhir dari proses metode SOM tersebut akan digunakan sebagai nilai pusat pada jaringan RBF.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap neuron *hidden layer* pada jaringan RBF, yaitu neuron maksimum yang digunakan berjumlah 100 dengan kelipatan 5. Berdasarkan hasil pelatihan dengan menggunakan variasi neuron *hidden layer*, diperoleh hasil yang tertera pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar neuron *hidden layer* maka tingkat akurasi cenderung semakin tinggi dan waktu proses pelatihan cenderung lebih lama. Bobot dan bias dari hasil pelatihan tersebut digunakan untuk menghitung proses pengujian.

Pengujian sistem kendali otomatis dengan menggunakan metode *Radial Basis Function* dilakukan dengan mengumpulkan data hidup dan matinya lampu setiap jam selama 2 hari. Pengumpulan data tersebut dibandingkan dengan data kebiasaan yang telah didapat. Hasil implementasi metode *Radial Basis Function* (RBF) pada sistem kendali lampu berdasarkan kebiasaan penghuni rumah dengan menggunakan 30 neuron *hidden layer* memberikan hasil pengujian *precision* sebesar 98,413%, *recall* sebesar 95,384%, dan akurasi sebesar 97,222%.

4. KESIMPULAN

Hasil implementasi metode RBF pada sistem kendali lampu berdasarkan kebiasaan penghuni rumah dilakukan pengamatan terhadap neuron *hidden layer*. Berdasarkan pengamatan neuron *hidden layer* dengan nilai kelipatan 5 sampai dengan maksimum neuron sebanyak 100, semakin besar neuron *hidden layer* maka tingkat akurasi cenderung semakin tinggi dan waktu pelatihan cenderung lebih lama. Selain itu, hasil pengujian yang dilakukan selama dua hari menggunakan 48 data dengan 6 lampu ruangan menggunakan arsitektur jaringan RBF yaitu 1 neuron *input*, 30 neuron *hidden layer*, dan 6 neuron *output* menghasilkan *precision* sebesar 98,413%, *recall* sebesar 95,384%, dan akurasi sebesar 97,222%. Hasil penelitian ini menyajikan beberapa saran yang dapat dipertimbangkan sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, yaitu membangun aplikasi sistem kendali lampu berdasarkan kebiasaan penghuni rumah berbasis *mobile*. Selain itu juga dapat diterapkan sistem otomatis pada alat elektronik lainnya.

REFERENSI

- [1] A. Taufik, B. G. Sudarsono, A. Budiyantara, I. K. Sudaryana, and T. T. Muryono, "Pengantar Teknologi Informasi", Jawa Tengah: CV. PENA PERSADA, 2022.
- [2] B. Artono and R. G. Putra, "Penerapan Internet of Things (IoT) Untuk Kontrol Lampu Menggunakan Arduino Berbasis Web," *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 9-16, 2018.
- [3] R. H. Hardyanto and W. I. Hamzah, "Rancang Bangun Aplikasi Smart Room di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Yogyakarta," *Seri Prosiding Seminar Nasional Dinamika Informatika*, vol. 4, no. 1, pp. 213-217, 2020.
- [4] Z. Girsang and W. Ritonga, "Rancang Bangun Sistem Pengontrol Lampu Otomatis Berbasis Arduino UNO R3 dan Smartphone," *EINSTEIN e-JOURNAL*, vol. 7, no. 1, pp. 32-39, 2019.
- [5] E. Y. Puspaningrum, B. Nugroho and H. A. Manggala, "Penerapan Radial Basis Function Untuk Klasifikasi Jenis Tanah," *Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. XV, no. 1, pp. 46-49, 2020.
- [6] V. Wahyuningrum, "Penerapan Radial Basis Function Neural Network dalam Pengklasifikasian Daerah Tertinggal di Indonesia," *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, vol. 12, no. 1, pp. 37-54, 2020.
- [7] S. Zulaikha, A. Adria and A. Rahman, "Sistem Otomasi Lampu Rumah Adaptif Berbasis Artificial Neural Network," *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 68-75, 2018.
- [8] Suhardi, R. Hidayati and I. Nirmala, "Smart Lamp: Kendali dan Monitor Lampu Berbasis Internet Of Things (IoT)," *JUPITER (Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknik Komputer)*, vol. 14, no. 2-c, pp. 507-515, 2022.
- [9] I. Iskandar and E. Resdifa, "Penerapan Metode Radial Basis Function Dengan Jumlah Center Dinamis Untuk Klasifikasi Serangan Jaringan Komputer," *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 78-85, 2019.
- [10] B. A. Wibisono, D. Widiyanto and N. Falih, "Klasifikasi Malware Berdasarkan Fitur API Call dan Android Permission Menggunakan Radial Basis Function Network," *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, vol. 3, no. 2, pp. 133-140, 2022.
- [11] A. Hidayat and R. N. Shofa, "Self Organizing Maps (SOM) Suatu Metode Untuk Pengenalan Aksara Jawa," *Jurnal Siliwangi Seri Sains Dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 64-70, 2016.
- [12] Y. Anis and R. R. Isnanto, "Penerapan metode Self-Organizing Map (SOM)," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 1, pp. 48-57, 2014.
- [13] L. Fausett, "Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms and applications," Prentice Hall, 1994.
- [14] R. Mahadyanto, D. A. Prastiningtyas and F. E. Purwiantono, "Penerapan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function Untuk Identifikasi Jenis Mangga Berdasarkan Pola Daun," *J-INTECH (Journal of Information and Technology)*, vol. 7, no. 1, pp. 90-96, 2019.
- [15] S. Haykin, "Neural Networks A Comprehensive Foundation Second Edition," Prentice Hall, 1999.
- [16] D. Kriesel, "A Brief Introduction to Neural Networks," 2005.
- [17] R. I. Borman, I. Ahmad and Y. Rahmanto, "Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function," *Bulletin of Informatics and Data Science*, vol. 1, no. 1, pp. 6-13, 2022.

