

PENERAPAN JARINGAN SARAF TIRUAN MODEL MCCULLOCH-PITTS PADA SISTEM PENGENDALIAN LAMPU TAMAN OTOMATIS

Adiel Kevin Kharisty S.^{1*}, Ruli Gunawan²

¹²Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang

*Email : satriawanadiel@gmail.com

Abstrak— Penggunaan energi listrik pada fasilitas umum seperti lampu taman sering terjadi pemakaian tidak efektif akibat kelalaian manusia dalam mematikan sakelar atau ketergantungan pada sensor tunggal yang kurang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan Jaringan Saraf Tiruan (JST) model McCulloch-Pitts sebagai sistem pengambil keputusan biner pada sistem pengendalian lampu taman otomatis. Sistem ini menggunakan kombinasi input dari sensor intensitas cahaya (LDR) dan sensor gerak (PIR), serta dilengkapi dengan tombol manual override sebagai fungsi inhibisi. Model McCulloch-Pitts dikonfigurasi menggunakan fungsi aktivasi threshold keras untuk menentukan status output berupa lampu taman (menyala atau mati). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model McCulloch-Pitts mampu mengklasifikasikan kondisi lingkungan dengan akurasi 100% berdasarkan nilai ambang batas (threshold) yang ditentukan, memberikan solusi komputasi yang ringan, hemat energi, dan responsif untuk sistem tertanam (embedded system).

Kata kunci: Jaringan Saraf Tiruan; McCulloch-Pitts; Lampu Taman Otomatis; LDR; PIR.

I. PENDAHULUAN

Efisiensi penggunaan energi listrik menjadi salah satu fokus utama dalam pengembangan infrastruktur cerdas modern. Penerangan luar ruangan, seperti lampu taman, sering kali menyala tanpa efisiensi akibat sistem yang masih manual atau hanya mengandalkan sensor cahaya tunggal, yang rentan memicu lampu tetap menyala saat mendung tebal padahal tidak ada aktivitas di sekitar taman.

Untuk meningkatkan kecerdasan sistem kendali, penerapan Jaringan Saraf Tiruan (JST) menjadi salah satu solusi yang efektif. Model McCulloch-Pitts adalah salah satu bentuk JST paling awal dan sederhana, namun sangat kuat dalam memproses logika biner. Model ini bekerja menyerupai cara kerja neuron biologis, di mana ia menerima beberapa input berbobot dan menghasilkan output biner (0 atau 1) berdasarkan nilai ambang batas (threshold).

Penelitian ini memanfaatkan kesederhanaan komputasi McCulloch-Pitts agar dapat ditanamkan pada mikrokontroler dengan spesifikasi rendah, guna mengendalikan lampu taman secara real-time, akurat, dan hemat daya.

II. STUDI PUSTAKA

A. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (artificial neural network) atau disingkat JST adalah sistem komputasi dimana arsitektur dan operasinya diadopsi dari pengetahuan sel saraf biologi di dalam otak [1]. Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba mensimulasikan proses pembelajaran pada otak

manusia tersebut. Istilah buatan di sini digunakan karena jaringan saraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran [2].

B. McCulloch-Pitts

Model Neuron McCulloch-Pitts merupakan model jaringan saraf tiruan pertama yang diperkenalkan oleh Warren McCulloch dan Walter Pitts pada tahun 1943. Model ini meniru cara kerja neuron biologis dengan menggunakan konsep logika biner, di mana keluaran neuron hanya memiliki dua keadaan, yaitu 1 (aktif) atau 0 (tidak aktif). Neuron menerima beberapa masukan (input), kemudian setiap masukan dikalikan dengan bobot (weight). Hasil perkalian tersebut dijumlahkan dan dibandingkan dengan nilai ambang (threshold). Apabila jumlah masukan lebih besar atau sama dengan nilai ambang, neuron akan menghasilkan keluaran 1, sedangkan jika lebih kecil dari nilai ambang maka keluarannya adalah 0 [3].

1) Persamaan Matematis

Jumlah masukan dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Net} = \sum x_i.w_i, i = 1 \dots n \quad (1)$$

dengan Net = total masukan (input), x_i = nilai input ke- i , w_i = bobot input ke- i , dan n = jumlah input.

Kemudian fungsi aktivasi threshold dinyatakan sebagai:

$$y = 1, \text{ jika } \text{Net} \geq \theta; y = 0, \text{ jika } \text{Net} < \theta \quad (2)$$

dengan y = keluaran neuron dan θ = nilai ambang (threshold).

2) Karakteristik Model McCulloch-Pitts

Karakteristik umum model McCulloch-Pitts meliputi beberapa hal sebagai berikut [4]:

1. Menggunakan input dan output biner (0 atau 1).
2. Memiliki bobot (weight) pada setiap input.
3. Menggunakan fungsi ambang (threshold).
4. Tidak memiliki proses pembelajaran (learning); bobot ditentukan sebelumnya.
5. Cocok digunakan untuk merepresentasikan gerbang logika seperti AND, OR, dan NOT.

C. Sensor Cahaya LDR

Sensor Light Dependent Resistor (LDR) adalah sensor yang bekerja berdasarkan perubahan nilai hambatan (resistansi) akibat perubahan intensitas cahaya. Semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima, maka nilai resistansi LDR semakin kecil. Sebaliknya, pada kondisi gelap nilai resistansinya meningkat sehingga sensor dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi terang atau gelap [5].

LDR dapat dipasang pada aneka rangkaian elektronika untuk memutuskan dan menyambungkan aliran listrik berdasarkan cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenai LDR, maka nilai resistansinya akan menurun. Semakin sedikit cahaya yang mengenai LDR, maka nilai resistansinya akan meningkat.

D. Sensor Gerak PIR

Sensor Passive Infrared (PIR) merupakan sensor yang mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia atau objek hidup [6]. Sensor ini bersifat pasif karena tidak memancarkan sinyal inframerah sendiri, melainkan hanya menerima perubahan radiasi inframerah dari lingkungan. PIR banyak digunakan pada sistem keamanan, lampu otomatis, dan aplikasi smart home [7].

Sensor PIR bekerja dengan cara menangkap pancaran infra red, kemudian pancaran infra red yang tertangkap akan masuk melalui lensa Fresnel dan mengenai sensor pyroelektrik. Sinar infra red mengandung energi panas yang dapat membuat sensor pyroelektrik menghasilkan arus listrik. Arus listrik inilah yang akan menimbulkan tegangan dan dibaca secara analog oleh sensor. Kemudian komparator akan membandingkan sinyal yang sudah diterima dengan tegangan referensi tertentu berupa keluaran sinyal 1-bit.

Sensor PIR hanya akan mengeluarkan logika 0 dan 1. Logika 0 saat sensor tidak mendeteksi adanya perubahan pancaran infra red dan 1 saat sensor mendeteksi infra red. Sensor PIR hanya dapat mendeteksi pancaran infra red dengan panjang gelombang 8–14 mikrometer. Manusia memiliki suhu badan yang dapat menghasilkan pancaran infra red dengan panjang gelombang antara 9–10 mikrometer. Panjang gelombang tersebut dapat terdeteksi oleh sensor PIR sehingga membuat sensor ini sangat efektif digunakan sebagai human detector. Sensor PIR hanya akan mendeteksi jika objek bergerak atau secara teknis saat terjadi adanya perubahan pancaran infra red.

E. Google Colab

Google Colab (Google Colaboratory) adalah layanan berbasis cloud yang dikembangkan oleh Google untuk menjalankan notebook Jupyter secara daring. Google Colab mendukung bahasa pemrograman Python, menyediakan akses ke CPU, GPU, dan TPU tanpa perlu instalasi perangkat lunak di komputer pengguna, serta terintegrasi dengan Google Drive sehingga memudahkan penyimpanan, berbagi, dan kolaborasi dalam pengembangan program maupun analisis data. Karena bersifat gratis dan mudah diakses melalui peramban web, Google Colab banyak dimanfaatkan dalam pembelajaran pemrograman, machine learning, deep learning, dan penelitian berbasis kecerdasan buatan [8].

III. METODE/DESAIN

A. Metode Penelitian

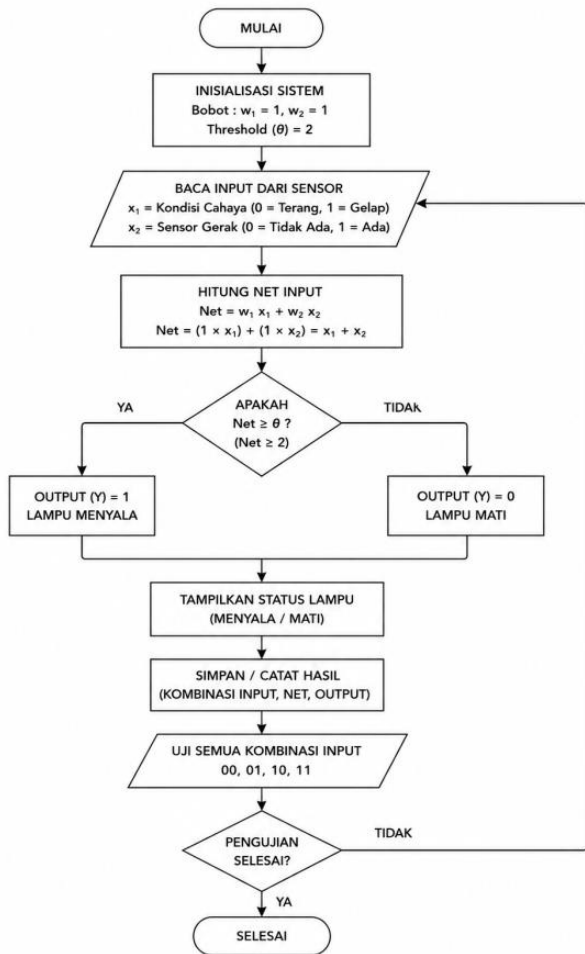
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (experimental research) dengan menerapkan Model Neuron McCulloch-Pitts sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengendalikan lampu taman otomatis. Sistem dirancang menggunakan dua variabel masukan, yaitu kondisi cahaya lingkungan dan keberadaan gerakan di area taman.

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai jaringan saraf tiruan, khususnya model neuron McCulloch-Pitts. Selanjutnya dilakukan identifikasi kebutuhan sistem berupa penentuan variabel input dan output. Variabel input terdiri dari sensor cahaya (LDR) yang menghasilkan nilai biner x_1 (0 = terang, 1 = gelap) dan sensor gerak (PIR) yang menghasilkan nilai biner x_2 (0 = tidak ada gerakan, 1 = ada gerakan). Sedangkan output berupa kondisi lampu, yaitu 0 = lampu mati dan 1 = lampu menyala.

Pada tahap implementasi digunakan bobot masing-masing input sebesar $w_1 = 1$ dan $w_2 = 1$, serta nilai ambang (threshold) sebesar $\theta = 2$. Nilai masukan dihitung menggunakan persamaan (1), kemudian hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai ambang menggunakan fungsi aktivasi pada persamaan (2). Hasil keluaran kemudian diuji pada seluruh kombinasi kondisi lingkungan untuk memastikan sistem bekerja sesuai fungsi logika AND, yaitu lampu hanya menyala ketika kondisi lingkungan gelap dan terdapat aktivitas di area taman.

B. Tahapan Penelitian

1. Studi literatur mengenai Jaringan Saraf Tiruan dan Model McCulloch-Pitts.
2. Analisis kebutuhan sistem.
3. Menentukan variabel input dan output.
4. Menentukan bobot dan nilai threshold.
5. Mengimplementasikan persamaan McCulloch-Pitts.
6. Melakukan simulasi seluruh kombinasi input.
7. Menganalisis hasil keluaran.
8. Menarik kesimpulan.



Gambar 1. Langkah penelitian.

C. Arsitektur Sistem

Sistem ini menggunakan dua parameter input utama yang dikonversi menjadi logika biner sebelum diproses oleh neuron McCulloch-Pitts:

- Input 1 (x_1): Sensor Intensitas Cahaya (LDR). Bernilai 1 jika kondisi lingkungan gelap/malam, bernilai 0 jika terang/siang.
- Input 2 (x_2): Sensor Gerak (PIR). Bernilai 1 jika terdeteksi adanya manusia/aktivitas di taman, bernilai 0 jika sebaliknya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Berdasarkan Teori

Berdasarkan bobot dan nilai ambang yang telah ditentukan, nilai net input untuk seluruh kombinasi kondisi lingkungan (tanpa adanya intervensi dari tombol override) dapat dilihat pada Tabel 4.1.

B. Pengujian Menggunakan Google Colab

Melalui simulasi data pada Gambar 2, sistem McCulloch-Pitts berhasil mengimplementasikan fungsi logika AND dengan sempurna. Lampu hanya akan menyala jika kondisi benar-benar malam hari dan terdapat aktivitas di area taman. Hal ini secara signifikan memangkas konsumsi listrik saat malam hari ketika taman sedang tidak digunakan.

Tabel 1. Tabel Pengujian

Kondisi Lingkungan	x1	x2	Net	Y	Status Lampu
Siang-Sunyi	0	0	0	0	Mati
Siang-Aktivitas	0	1	1	0	Mati
Malam-Sunyi	1	0	1	0	Mati
Malam-Aktivitas	1	1	2	1	Menyala

SIMULASI KENDALI LAMPU TAMAN DENGAN NEURON MCCULLOCH-PITTS

Kondisi Lingkungan	x1	x2	Net	Output Y	Status Lampu
Siang - Sunyi	0	0	0	0	Lampu Mati
Siang - Ada Aktivitas	0	1	1	0	Lampu Mati
Malam - Sunyi	1	0	1	0	Lampu Mati
Malam - Ada Aktivitas	1	1	2	1	LAMPU MENYALA

Gambar 2. Hasil Google Colab

Keunggulan utama dari model ini adalah efisiensi memorinya. Karena tidak memerlukan proses training (pembelajaran) yang rumit seperti algoritma Backpropagation, algoritma ini dapat dieksekusi oleh mikrokontroler murah dalam hitungan mikrodetik, menjadikannya sangat andal untuk embedded system.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan simulasi melalui Google Colab, dapat disimpulkan beberapa poin utama sebagai berikut.

1. Keberhasilan Model: Model JST McCulloch-Pitts berhasil diimplementasikan sebagai algoritma pengambil keputusan pada sistem pengendalian lampu taman otomatis dengan tingkat akurasi 100%.
2. Efisiensi Energi: Melalui kombinasi logika gerbang AND, lampu hanya menyala pada kondisi malam hari yang memiliki aktivitas, mengoptimalkan penghematan energi listrik.
3. Fungsi Inhibisi Sempurna: Fitur inhibitory input bekerja dengan validitas penuh; tombol manual override mampu mematikan sistem lampu secara mutlak demi keselamatan operasional saat perawatan, meskipun kondisi lingkungan gelap dan terdapat gerakan.

REFERENSI

- [1] N. D. Sidiq, "Analisa Listrik Kos," Kaggle, 2026. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/nauvaldhonandsidiq/analisa-listrik-kos>
- [2] F. Dudek, "Multilayer Perceptron for Short-Term Load Forecasting: From Global to Local Approach," Neural Computing and Applications, vol. 32, no. 10, pp. 3695–3707, 2020, doi: 10.1007/s00521-019-04130-y.
- [3] F. Baskoro, F. Alamsyah, B. Suprianto, and W. Ariwibowo, "Peramalan Beban Listrik Harian Menggunakan Artificial Neural Network," Jurnal Teknik Elektro, vol. 10, no. 1, pp. 203–209, 2021, doi: 10.26740/jte.v10n1.p203-209.
- [4] P. V. Matrenin, V. Z. Manusov, A. I. Khalyasmaa, D. V. Antonenkov, S. A. Eroshenko, and D. N. Butusov, "Improving Accuracy and Generalization Performance of Small-Size Recurrent Neural Networks Applied to Short-Term Load

- Forecasting," *Mathematics*, vol. 8, no. 12, p. 2169, 2020, doi: 10.3390/math8122169.
- [5] Z. Hamad and I. Abdulrahman, "Deep Learning-Based Load Forecasting Considering Data Reshaping Using MATLAB/Simulink," *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 853–869, 2022, doi: 10.1007/s40095-022-00480-x.
- [6] Y. Chen and D. Zhang, "Theory-Guided Deep Learning for Electrical Load Forecasting (TgDLF) via Ensemble Long Short-Term Memory," *Advances in Applied Energy*, vol. 1, p. 100004, 2021, doi: 10.1016/j.adapen.2020.100004.