IMPLEMENTASI PEMROSESAN PARALEL MENGGUNAKAN *MULTIPROCESSING* PADA SISTEM PREDIKSI KONSUMSI LISTRIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

IKBAL VADEL
H1051211083

SKRIPSI

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

IMPLEMENTASI PEMROSESAN PARALEL MENGGUNAKAN *MULTIPROCESSING* PADA SISTEM PREDIKSI KONSUMSI LISTRIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

IKBAL VADEL
H1051211083

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Sistem Komputer

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Implementasi Pemrosesan Paralel Menggunakan *Multiprocessing* Pada Sistem Prediksi Konsumsi Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT)
Nama Mahasiswa	:	Ikbal Vadel
NIM	:	H1051211083
Jurusan/Program Studi	:	Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	:	30 Juli 2026
SK Pembimbing	:	No.4898/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 28 Juli 2026
SK Penguji	:	No.5088/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 31 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198609222014041002

Pembimbing II

Drs. Cucu Suhery, M.A.
NIP. 196108291989031002

Dosen Penguji

Ketua Penguji

Suhardi, S.T., M.Eng.
NIP. 198606182020121006

Anggota Penguji

Irma Nirmala, S.T., M.T.
NIP. 198404052019032015

Pimpinan Sidang
(merangkap anggota penguji)

Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198609222014041002

Sekretaris Sidang
(merangkap anggota penguji)

Drs. Cucu Suhery, M.A.
NIP. 196108291989031002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ikbal Vadel

NIM : H1051211083

Program Studi/ Jurusan : Rekayasa Sistem Komputer

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan peraturan perundangan-udang tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 7 April 2026



Ikbal Vadel

NIM. H1051211083

Implementasi Pemrosesan Paralel Menggunakan *Multiprocessing* Pada Sistem Prediksi Konsumsi Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Abstrak

Konsumsi energi listrik pada bangunan dengan banyak ruangan perlu dipantau dan diprediksi menggunakan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) agar penggunaan ke depan dapat diperkirakan sejak dini. Namun, proses prediksi yang dijalankan secara sekuensial menyebabkan waktu eksekusi terus bertambah seiring meningkatnya jumlah ruangan, karena setiap ruangan diproses satu per satu meskipun perangkat komputasi memiliki beberapa *core* prosesor yang tidak dimanfaatkan bersamaan. Pada penelitian ini menerapkan teknik *multiprocessing* pada Raspberry Pi untuk mempercepat proses prediksi konsumsi energi listrik dengan membagi proses berdasarkan ruangan, di mana setiap ruangan dijalankan sebagai *task* independen oleh *worker* pada *core* CPU berbeda, menggunakan data historis dari NodeMCU ESP32 dan sensor PZEM-004T. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata waktu eksekusi sekuensial sebesar 2,012 detik, sedangkan *multiprocessing* 2 *core*, 3 *core* dan 4 *core* berkisar 0,989–1,323 detik dengan *speedup* 1,521–2,033 kali. Penggunaan memori *multiprocessing* berkisar 107–122 MB, lebih rendah dibandingkan sekuensial 148–153 MB, karena beban kerja terdistribusi ke *worker* dengan ruang memori terpisah. Hasil ini menunjukkan *multiprocessing* lebih baik dalam kecepatan dan efisiensi memori, namun manfaatnya berkurang jika jumlah *core* melebihi jumlah ruangan yang diproses, sedangkan sekuensial waktu eksekusinya terus bertambah seiring banyaknya ruangan yang diproses. Konfigurasi 3 *core* memberikan kecepatan terbaik, sementara 4 *core* tidak signifikan karena *task* tersedia hanya tiga. Sistem menghasilkan prediksi 30 hari untuk tiga ruangan sebesar 65,61 kWh.

Kata kunci: *Internet of Things*, Raspberry Pi, *Multiprocessing*, Prediksi Energi Listrik, *Speedup*

Implementation of Parallel Processing Using Multiprocessing in an Internet of Things (IoT) Based Electricity Consumption Prediction System

Abstract

Electrical energy consumption in buildings with multiple rooms needs to be monitored and predicted using an Internet of Things (IoT)-based monitoring system so that future usage can be anticipated early. However, running the prediction process sequentially causes execution time to keep increasing as the number of rooms grows, since each room is processed one at a time even though the computing device has several processor cores that are not utilized simultaneously. This study applies multiprocessing techniques on a Raspberry Pi to accelerate the electrical energy consumption prediction process by dividing the process by room, where each room is run as an independent task by a worker on a different CPU core, using historical data from a NodeMCU ESP32 and PZEM-004T sensor. The test results show an average sequential execution time of 2.012 seconds, while multiprocessing with 2, 3, and 4 cores ranged from 0.989–1.323 seconds with a speedup of 1.521–2.033 times. Memory usage in multiprocessing ranged from 107–122 MB, lower than the 148–153 MB in sequential mode, since the workload is distributed across workers with separate memory spaces. These results indicate that multiprocessing performs better in terms of speed and memory efficiency, but its benefit diminishes when the number of cores exceeds the number of rooms being processed, whereas the sequential mode's execution time keeps increasing as the number of rooms grows. The 3-core configuration provided the best speed, while 4 cores showed no significant improvement since only three tasks were available. The system produced a 30-day prediction for three rooms totaling 65.61 kWh.

Keywords: Internet of Things, Raspberry Pi*, Multiprocessing, Electrical Energy Prediction, Speedup*

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Implementasi Pemrosesan Paralel Menggunakan *Multiprocessing* Pada Sistem Prediksi Konsumsi Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT)"** skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom.) pada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura Pontianak.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah memberikan motivasi serta arahan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.
2. Ibu Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Bapak Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Cucu Suhery, M.A., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Suhardi, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji Pertama yang telah memberikan kritik dan saran untuk penyempurnaan skripsi ini.
6. Ibu Irma Nirmala, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Kedua yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun.
7. Kepada kedua orang tua yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa sepanjang perjalanan penulisan tugas akhir ini.
8. Seluruh sahabat yang telah memberikan bantuan, motivasi, dan kebersamaan selama proses penyusunan skripsi ini.

9. Seluruh civitas akademika Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, khususnya angkatan Nemotic21, yang telah menemani dan mendukung penulis selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
10. Semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Pontianak, 27 Juli 2026



Ikbal Vadel

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... **ii**
Abstrak ..... **iv**
Abstract ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR PERSAMAAN ..... **xii**
DAFTAR KODE PROGRAM ..... **xiii**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 6
BAB 2 LANDASAN TEORI **7**
2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 7
2.2 *Multiprocessing* 9
2.3 Struktur *Multiprocessing* 10
2.4 Mekanisme *Multiprocessing* 10
2.5 NodeMCU ESP32 11
2.6 Prinsip Amdahl's Law dan Pengukuran Kinerja Sistem 12
2.7 Modul PZEM-004T 14
2.8 Raspberry Pi 14
2.9 Arduino IDE 15
2.10 PHP (*Hypertext Preprocessor*) 15
2.11 Balsamiq Wireframes 15
2.12 Diagram Alir (*Flowchart*) 16
BAB 3 METODE PENELITIAN **17**
3.1 Studi Literatur 17
3.2 Analisis Kebutuhan 18
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras 18
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 18
3.3 Perancangan Sistem 18
3.4 Implementasi Sistem 19
3.5 Pengujian Sistem 19
3.6 Kesimpulan dan Saran 20
BAB 4 PERANCANGAN **21**
4.1 Deskripsi Sistem 21
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 21
4.3 Perancangan Perangkat Keras 23
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 26

4.5 Perancangan Proses Sekuensial dan *Multiprocessing* 28
4.6 Perancangan Antarmuka Website 30
4.7 Perancangan Basis Data 32
BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 36
5.1 Implementasi Perangkat Keras 36
5.2 Implementasi Perangkat Lunak 37
5.2.1 Lingkungan dan library yang digunakan 37
5.2.2 Penentuan *Mode* Eksekusi 37
5.2.3 Implementasi *Mode* Sekuensial 38
5.2.4 Implementasi *Mode Multiprocessing* 39
5.2.5 Pengukuran Waktu Eksekusi 42
5.2.6 Implementasi Pengukuran Penggunaan RAM 42
5.2.7 Penyimpanan Hasil ke *Database* 45
5.2.8 Implementasi *Dashboard Website Monitoring* 46
5.2.9 Implementasi Halaman Prediksi & *Multiprocessing* 47
5.2.10 Pengujian Sistem 49
5.2.11 Pengujian Sekuensial 50
5.2.12 Pengujian *Multiprocessing* 51
5.2.13 Perbandingan Waktu Rata-rata Eksekusi Sistem 56
5.3 Pembahasan 61
BAB 6 PENUTUP 66
6.1 Kesimpulan 66
6.2 Saran 66
DAFTAR PUSTAKA 68
LAMPIRAN 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Multiprocessing* 9
Gambar 2.2 Struktur *multiprocessing* 10
Gambar 2.3 Mekanisme *multiprocessing* 11
Gambar 2.4 NodeMCU ESP32 12
Gambar 2.5 Modul PZEM-004T 14
Gambar 2.6 Raspberry Pi 15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 17
Gambar 4.1 Arsitektur Sistem *Monitoring* dan Prediksi Penggunaan Listrik 22
Gambar 4.2 Rancangan Blok Diagram Perangkat Keras 24
Gambar 4.3 Rancangan Perangkat Keras 25
Gambar 4.4 Perancangan Perangkat Lunak 27
Gambar 4.5 Proses Sekuensial 29
Gambar 4.6 Proses *Multiprocessing* 29
Gambar 4.7 Rancangan Halaman *Dashboard Monitoring* 31
Gambar 4.8 Rancangan Halaman Prediksi dan *Multiprocessing* 32
Gambar 4.9 Rancangan Basis Data 33
Gambar 5.1 Implementasi Rangkaian Perangkat Keras 36
Gambar 5.2 Halaman *Dashboard* 47
Gambar 5.3 Halaman prediksi & *Multiprocessing* 48
Gambar 5.4 Grafik Penggunaan Sekuensial 51
Gambar 5.5 Grafik Penggunaan RAM MP 2 *core* 53
Gambar 5.6 Grafik Penggunaan RAM MP 3 *Core* 54
Gambar 5.7 Grafik Penggunaan RAM *Multiprocessing* 4 *Core* 55
Gambar 5.8 Perbandingan Sekuensial dan *Multiprocessing* 56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 7
Tabel 2.2 Diagram alir 16
Tabel 4.1 Penggunaan Pin ESP32 dengan Modul PZEM-004T 25
Tabel 4.2 Basis data pzem_data 33
Tabel 4.3 Basis data prediksi_energi 34
Tabel 4.4 Basis data prediksi_*run* 34
Tabel 4.5 Basis data prediksi_ram_*timeline* 35
Tabel 5.1 Hasil Prediksi Konsumsi Energi Listrik per Ruangan 48
Tabel 5.2 Pengujian Sekuensial 50
Tabel 5.3 Pengujian *Multiprocessing* 2 *Core* 52
Tabel 5.4 Pengujian *Multiprocessing* 3 *core* 53
Tabel 5.5 Pengujian *Multiprocessing* 4 *Core* 54
Tabel 5.6 Waktu Eksekusi Sekuensial dan Rata-rata dari 30 *Run* 57
Tabel 5.7 Waktu Eksekusi *Multiprocessing* 2 *core* dan Rata-rata dari 30 *Run* 57
Tabel 5.8 Waktu Eksekusi *Multiprocessing* 3 *core* dan Rata-rata dari 30 *Run* 58
Tabel 5.9 Waktu Eksekusi *Multiprocessing* 4 *core* dan Rata-rata dari 30 *Run* 58
Tabel 5.10 Rata-rata Waktu Eksekusi dan *Speedup* 59

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Amdahl's Law……...12
Persamaan 2.2 Speedup……13
Persamaan 2.3 Estimasi Fraksi Parallel….……13
Persamaan 2.4 Rata-rata Waktu Eksekusi…….13

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Penentuan *Mode* Eksekusi 37
Kode Program 5.2 Penentuan *Mode* Sekuensial 38
Kode Program 5.3 Normalisasi *Mode* Eksekusi 39
Kode Program 5.4 Penentuan Jumlah Worker 39
Kode Program 5.5 Pembuatan Header Prediksi Run 40
Kode Program 5.6 Pembentukan *Task* untuk *Multiprocessing* 40
Kode Program 5.7 Inisialisasi dan Eksekusi Worker Pool 41
Kode Program 5.8 Pengukuran Waktu Eksekusi Pada *Mode Multiprocessing*... 42
Kode Program 5.9 Inisialisasi *ResourceMonitor* 43
Kode Program 5.10 Inisialisasi dan *Start ResourceMonitor* 43
Kode Program 5.11 Pengambilan data RAM 44
Kode Program 5.12 Pemanggilan Fungsi Penyimpanan ke *Database* 45
Kode Program 5.13 Penyimpanan Penggunaan RAM 46

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perumahan maupun indekos, konsumsi energi listrik telah menjadi bagian tak terpisahkan dari aktivitas sehari-hari. Peningkatan penggunaan berbagai peralatan listrik rumah tangga, seperti perangkat elektronik dan alat pendingin udara, serta gaya hidup digital menyebabkan kebutuhan listrik terus meningkat setiap tahun. Namun, kesadaran akan efisiensi energi masih rendah, dimana banyaknya ruangan tetap menyalakan lampu, *air conditioning* (AC), dan peralatan listrik lainnya pada siang hari meskipun tidak ada aktivitas di dalamnya (Kamil Amali et al., 2024).

Di sisi lain, pengawasan dan pengendalian konsumsi listrik secara manual masih memiliki keterbatasan dalam menggambarkan pola pemakaian listrik secara menyeluruh serta belum mendukung prediksi penggunaan ke depan. Permasalahan dalam sistem prediksi daya kerap diabaikan, padahal hal tersebut dapat mengurangi efisiensi dan keandalan distribusi energi listrik (Agus et al., 2024). Keterbatasan ini semakin terlihat pada lingkungan indekos atau rumah sewa multi-kamar, di mana pola penggunaan listrik setiap penghuni berbeda dan sering kali tidak dimonitor. Pada kondisi saat ini, sebagian besar rumah masih belum dilengkapi sistem keamanan listrik yang memadai, sehingga potensi risiko seperti pemakaian berlebih (Kautsar et al., 2024).

Selain itu, perkiraan konsumsi listrik yang dilakukan secara manual berdasarkan kebiasaan penggunaan umumnya masih belum memanfaatkan data historis hasil pengukuran sensor untuk setiap ruangan, sehingga sering kali terjadi penggunaan yang melebihi anggaran yang ditentukan (Aziz & Hidayat, 2023). Selain itu, meskipun metode prediksi berbasis data historis dapat digunakan untuk memperkirakan pola konsumsi listrik, proses prediksi yang dilakukan secara sekuensial untuk banyak ruangan, karena setiap proses dijalankan satu per satu meskipun perangkat komputasi yang digunakan memiliki beberapa *core* prosesor yang tidak dimanfaatkan secara bersamaan selama proses berlangsung.

Oleh karena itu, seiring bertambahnya jumlah titik pemantauan dan *volume* data, proses prediksi yang dijalankan secara sekuensial dimana semakin banyak ruangan akan semakin bertambah waktu prosesnya. Setiap proses prediksi membutuhkan waktu komputasi tersendiri, sehingga apabila seluruh ruangan diproses satu per satu, waktu eksekusi total akan terus bertambah seiring bertambahnya jumlah ruangan yang dipantau. Pemrosesan paralel mampu mempercepat proses analisis pada dataset berukuran besar yang sebelumnya dijalankan secara berurutan, karena pemrosesan secara linier cenderung memerlukan waktu lebih lama dan memberikan beban pada sumber daya sistem (Faturahman et al., 2023). Permasalahan ini bisa menjadi lebih signifikan apabila *mode*l prediksi dijalankan secara periodik atau ketika jumlah ruangan dan sumber data bertambah.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, diperlukan pendekatan yang mampu mempercepat proses prediksi dengan cara memanfaatkan kemampuan komputasi yang tersedia secara optimal. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah pemrosesan paralel menggunakan teknik *multiprocessing*, yaitu teknik pemrosesan yang memungkinkan beberapa tugas dijalankan secara bersamaan pada beberapa inti prosesor. Hal ini dimungkinkan dengan menggunakan dua *central processing unit* (CPU) atau lebih dalam sebuah sistem komputer (Engelbert & Kanigoro, 2020). Dengan demikian, proses prediksi untuk setiap titik atau ruangan dapat dieksekusi secara simultan, yang akan berdampak langsung terhadap efisiensi waktu komputasi dan kinerja sistem secara keseluruhan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan teknik *multiprocessing* pada Raspberry Pi untuk mempercepat proses prediksi konsumsi energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT). Selain membangun sistem monitoring dan prediksi energi listrik, penelitian ini juga melakukan evaluasi performa komputasi dengan membandingkan eksekusi sekuensial dan *multiprocessing* berdasarkan waktu eksekusi, penggunaan memori RAM, serta nilai *speedup* yang dihasilkan.

Penelitian yang berjudul *"Sistem Pemantauan dan Kendali Penggunaan Daya Listrik pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things"* (Fratama et al., 2025) merancang sistem berbasis NodeMCU ESP32 yang memungkinkan pemilik kos

memantau dan mengendalikan daya listrik kamar kos secara *real-time* melalui antarmuka *website*. Permasalahan utama yang diangkat adalah tingginya konsumsi daya akibat penghuni yang lupa mematikan perangkat elektronik serta keterbatasan pemilik dalam memantau listrik dari jarak jauh. Sistem ini mengintegrasikan sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter kelistrikan, serta sensor PIR dan ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan orang, sehingga aliran listrik dapat diputus otomatis melalui modul *relay* ketika kamar terdeteksi kosong. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pengukuran tinggi, yaitu 99,88% untuk tegangan, 97,28% untuk arus, dan 99,63% untuk daya, dengan data pemakaian listrik dan status keberadaan penghuni ditampilkan secara informatif melalui *website*. Pada pengujian selama tiga hari, sistem terbukti efektif meningkatkan efisiensi penggunaan listrik dan memberikan kemudahan pemantauan bagi pemilik indekos. Namun, penelitian ini berfokus pada akurasi pengukuran dan kendali otomatis, serta belum membahas aspek pemrosesan paralel maupun efisiensi waktu komputasi ketika jumlah titik pemantauan bertambah.

Penelitian lainnya yang berjudul "*Optimizing as Review Simulations: A Generic Multiprocessing Solution for 'Light-data' and 'Heavy-data' Users*" (Romanov et al., 2024) merancang sebuah arsitektur komputasi paralel untuk mempercepat proses simulasi dalam tinjauan sistematis berbasis pembelajaran aktif. Permasalahan yang diangkat adalah lamanya waktu eksekusi ribuan simulasi ketika dilakukan secara sekuensial. Untuk mengatasinya, penelitian ini mengusulkan penggunaan pendekatan *multiprocessing* berbasis *container* Docker yang dikelola dengan Kubernetes dan dijalankan pada lingkungan cloud. Dengan membagi perintah simulasi menggunakan sistem antrian pesan RabbitMQ, eksekusi dapat dilakukan secara paralel oleh banyak *worker*. Hasil pengujian terhadap 1.140 simulasi menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu mengurangi waktu komputasi secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Meskipun pendekatan *'bare metal'* memiliki efisiensi lebih tinggi, penggunaan *container* menawarkan keunggulan dalam hal keamanan dan isolasi proses. Arsitektur ini disediakan secara terbuka dan diharapkan dapat dimanfaatkan oleh peneliti lain dalam menjalankan studi simulasi berskala besar secara efisien. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan *container* masih memiliki keterbatasan efisiensi dibandingkan *bare*

metal, sehingga *trade-off* antara isolasi proses dan kecepatan komputasi menjadi pertimbangan bagi penelitian selanjutnya yang menerapkan *multiprocessing* pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti Raspberry Pi

Penelitian terkait lainnya yang berjudul *"*Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Daya Listrik Berbasis IoT*"* (Aska et al., 2025) merancang sistem berbasis NodeMCU ESP8266 dan sensor PZEM-004T yang memungkinkan pemilik rumah memantau serta mengendalikan konsumsi daya listrik tiap ruangan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk, guna mengidentifikasi beban listrik yang boros dan meningkatkan efisiensi energi. Sistem ini juga dilengkapi modul *relay* untuk memutus-sambung aliran listrik sesuai kendali pengguna, dan dikembangkan menggunakan metode *prototype development*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengirim dan menampilkan data pemakaian listrik dari tiga ruangan secara akurat dan responsif, sehingga memberikan solusi praktis bagi pengelolaan konsumsi listrik rumah tangga berbasis IoT. Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada aspek *monitoring real-time* dan belum mengimplementasikan kemampuan prediksi maupun pemrosesan paralel untuk mempercepat analisis data pada banyak ruangan

Berdasarkan latar belakang dan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan pemrosesan paralel menggunakan teknik *multiprocessing* pada sistem prediksi konsumsi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT). Dengan pendekatan tersebut, proses prediksi diharapkan dapat dijalankan lebih cepat sehingga waktu eksekusi menjadi lebih singkat serta pemanfaatan sumber daya komputasi dapat lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar peningkatan kecepatan eksekusi yang dihasilkan oleh implementasi *multiprocessing* pada Raspberry Pi dibandingkan dengan metode sekuensial dalam sistem prediksi konsumsi listrik berbasis IoT?
2. Bagaimana pengaruh konfigurasi jumlah *core* pada proses *multiprocessing* yang dijalankan pada Raspberry Pi terhadap waktu eksekusi dan penggunaan

memori RAM dibandingkan dengan konfigurasi lainnya pada sistem prediksi konsumsi energi listrik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem ditujukan untuk *monitoring* dan prediksi konsumsi listrik di beberapa ruangan.
2. Jumlah ruangan yang digunakan sebanyak tiga ruangan.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 untuk pengambilan data dari sensor.
4. Pusat pemrosesan data dan prediksi menggunakan satu unit Raspberry Pi.
5. Sensor yang digunakan adalah PZEM-004T untuk membaca arus, tegangan, daya, dan energi listrik.
6. Metode pemrosesan paralel yang diimplementasikan berbasis Python *multiprocessing*.
7. Pengukuran waktu eksekusi dan penggunaan memori RAM pada proses sekuensial dan paralel.
8. Menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman perangkat keras.
9. Sistem pemantauan menggunakan basis data MySQL untuk menyimpan data.
10. Data yang diprediksi adalah kWh harian.
11. ARIMA dan FTS digunakan sebagai representasi beban komputasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan arsitektur *multiprocessing* untuk memanfaatkan multi-*core* Raspberry Pi dalam mempercepat proses prediksi konsumsi listrik.
2. Membandingkan waktu eksekusi serta penggunaan memori RAM pada setiap konfigurasi jumlah *core* untuk mengetahui konfigurasi yang paling optimal dalam sistem prediksi konsumsi energi listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk membantu pemilik atau pengelola ruangan dalam memantau dan memprediksi konsumsi energi listrik pada masing-masing ruangan dalam satuan *kilowatt-hour* (kWh), sehingga dapat memperkirakan

penggunaan listrik di masa mendatang. Selain itu, penerapan teknik *multiprocessing* pada penelitian ini diharapkan dapat mempercepat proses prediksi konsumsi energi listrik dengan memanfaatkan pemrosesan paralel pada *multicore* Raspberry Pi, sehingga sistem dapat menyelesaikan proses prediksi untuk beberapa ruangan secara bersamaan. Pada pemrosesan sekuensial, waktu eksekusi akan bertambah seiring dengan meningkatnya jumlah ruangan yang dipantau. Dengan teknik *multiprocessing*, beban komputasi dapat didistribusikan ke beberapa *core* secara paralel, sehingga sistem diharapkan dapat lebih cepat dalam menghasilkan informasi prediksi yang dibutuhkan pengguna.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dalam enam bab yang saling berkaitan untuk menjelaskan proses penelitian secara sistematis, yaitu sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang untuk menjelaskan tentang permasalahan konsumsi energi listrik, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini meliputi konsep *multiprocessing*, arsitektur dan mekanismenya, prinsip Amdahl's Law, serta komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, serta metode pengujian sistem.

BAB 4 PERANCANGAN

Menjelaskan perancangan arsitektur sistem, perangkat keras, perangkat lunak, basis data, antarmuka sistem, serta perancangan proses prediksi paralel menggunakan teknik *multiprocessing*.

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Membahas implementasi sistem dan hasil pengujian, khususnya perbandingan antara eksekusi sekuensial dan *multiprocessing*.

BAB 6 PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.