IMPLEMENTASI METODE *AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (ARIMA) DAN *FUZZY TIME SERIES* (FTS) UNTUK PREDIKSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)

KEVIN ANDRIAN
H1051211043

SKRIPSI

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

IMPLEMENTASI *METODE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (ARIMA) DAN *FUZZY TIME SERIES* (FTS) UNTUK PREDIKSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)

KEVIN ANDRIAN
H1051211043

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 Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Fuzzy Time Series* (FTS) Untuk Prediksi Pemakaian Daya Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT)
Nama Mahasiswa	:	Kevin Andrian
NIM	:	H1051211043
Jurusan/Program Studi	:	Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	:	15 Juli 2026
SK Pembimbing	:	No. 4055/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 13 Juli 2026
SK Penguji	:	No. 4106/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 13 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Suhardi, S.T., M.Eng.	Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198606182020121006	NIP. 198609222014041002

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Drs. Cucu Suhery, M.A.	Irma Nirmala, S.T., M.T.
NIP. 196108291989031002	NIP. 198404052019032015

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Suhardi, S.T., M.Eng.	Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198606182020121006	NIP. 198609222014041002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

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

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Kevin Andrian
NIM	: H1051211043
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 perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 10 Agustus 2026

Materai

Kevin Andrian
H1051211043

IMPLEMENTASI METODE *AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (ARIMA) DAN *FUZZY TIME SERIES* (FTS) UNTUK PREDIKSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)

ABSTRAK

Sering kali peralatan elektronik dibiarkan dalam keadaan menyala atau standby dalam waktu yang lama meskipun tidak sedang digunakan, sehingga menyebabkan pemborosan energi listrik yang tidak disadari. Meski telah dilakukan upaya penghematan, dalam praktiknya penghematan energi listrik dilakukan secara tidak konsisten. Hal ini menyebabkan pemakaian daya listrik menjadi fluktuatif dan sulit diprediksi. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk membuat sistem yang dapat mengolah data penggunaan listrik dengan menggunakan metode ARIMA dan FTS model Cheng menjadi informasi prediksi nilai tagihan listrik di masa yang akan datang berbasis *Internet of Things* (IoT). ESP32 akan mendeteksi jumlah penggunaan daya harian dengan sensor PZEM-004T untuk kemudian disimpan ke dalam basis data. Informasi ini nantinya akan diambil, diolah, dan diprediksi pada Raspberry Pi menggunakan metode ARIMA dan FTS. Hasil prediksi kemudian akan ditampilkan pada *website*. Hasil penelitian menunjukkan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang dihasilkan memiliki nilai yang sangat baik dikarenakan memiliki nilai error pada ruangan 2 dan 3 pengujian beban bervariasi sebesar 7,77% dan 7,6% dan pada ruangan 1, 2 dan 3 pengujian beban sama sebesar 8,70%. Penambahan metode FTS berhasil menurunkan MAPE pada ruangan 2 pengujian beban bervariasi serta ruangan 1, 2, dan 3 pengujian beban sama. Ruangan 1 pengujian beban bervariasi memiliki nilai error sebesar 32,01% dikarenakan data yang digunakan memiliki variasi fluktuasi yang besar sehingga memiliki nilai MAPE yang tinggi.

Kata Kunci: *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Fuzzy Time Series* (FTS) Cheng, *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Internet of Things* (IoT).

IMPLEMENTATION OF AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) AND FUZZY TIME SERIES (FTS) METHODS FOR PREDICTING ELECTRICITY CONSUMPTION BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IoT)

ABSTRACT

Electronic devices are often left on or in standby mode for long periods of time even when not in use, leading to unnoticed waste of electricity. Although efforts have been made to conserve energy, in practice, electricity conservation is not consistently implemented. This results in fluctuating and unpredictable electricity consumption. Therefore, this study was conducted to create a system that can process electricity usage data using the ARIMA and Cheng's FTS model methods to predict future electricity bills based on the Internet of Things (IoT). The ESP32 will detect the amount of daily power usage with the PZEM-004T sensor and then store it in a database. This information will then be retrieved, processed, and predicted on the Raspberry Pi using the ARIMA and FTS methods. The prediction results will then be displayed on the website. The research results show that the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) values obtained are excellent, with error rates of 7.77% and 7.6% in test rooms 2 and 3 (varying load tests), respectively, and 8.70% in test rooms 1, 2, and 3 (constant load tests). The addition of the FTS method successfully reduced the MAPE in test room 2 with varying loads as well as in test rooms 1, 2, and 3 with identical loads. Test room 1 with varying loads had an error value of 32,01% because the data used had large fluctuations, resulting in a high MAPE value.

Keywords: Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Fuzzy Time Series (FTS) Cheng, Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Internet of Things (IoT).

PRAKATA

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Implementasi metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Fuzzy Time Series* (FTS) Untuk Prediksi Pemakaian Daya Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT)" sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer pada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari segala dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik berupa bimbingan maupun arahan. Sebagai bentuk penghargaan, izinkanlah penulis untuk mengucapkan rasa 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.
2. Bapak Uray Ristian, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan masukan, motivasi, arahan, meluangkan waktu serta pikiran selama penulisan skripsi maupun selama masa perkuliahan.
3. Bapak Suhardi, S.T., M.Eng., selaku Kepala Laboratorium Pemrograman dan Komputasi, dan dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan masukan serta meluangkan waktu dan pikiran yang memberikan dorongan dalam bimbingan penulisan skripsi.
4. Bapak Tedy Rismawan, S. Kom., M. Cs., selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni, beserta dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan masukan serta meluangkan waktu dan pikiran yang memberikan dorongan dalam bimbingan penulisan skripsi.
5. Bapak Drs. Cucu Suhery, M.A., selaku dosen Penguji Pertama, yang telah memberikan kontribusi dengan memberikan masukan dan pertanyaan yang memperkaya isi dari tugas akhir ini.
6. Ibu Irma Nirmala, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Kedua yang telah memberikan masukan berupa saran dan pertanyaan untuk menjadikan skripsi ini lebih baik.

7. Kepada orang tua yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi, dan kasih sayang tanpa henti sepanjang perjalanan penulisan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa khususnya Sistem Komputer angkatan 2021 (Nemotic) yang telah memberikan semangat dan dukungan selama masa perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah membantu menyelesaian tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih memiliki kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Pontianak, 10 Agustus 2026

Kevin Andrian
H1051211043

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR KODE xvii
DAFTAR LAMPIRAN xviii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 5
1.3. Tujuan Penelitian 5
1.4. Batasan Masalah 5
1.5. Manfaat Penelitian 6
1.6. Sistematika Penulisan 6
BAB II LANDASAN TEORI 9
2.1. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 9
2.2. Alat 11
2.2.1. Raspberry Pi 11
2.2.2. NodeMCU ESP32 11
2.2.3. Sensor PZEM-004T 12
2.2.4. statsmodels 13

2.3. Data deret waktu 13
2.3.1. Data stasioner 15
2.3.2. Koefisien Autokorelasi dan Korelogram ACF 16
2.3.3. PACF 17
2.3.4. Data stasioner pada ragamnya 18
2.3.5. Data stasioner pada nilai tengahnya 19
2.4. Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) 21
2.4.1. *Autoregressive* Model (AR) 21
2.4.2. *Moving Average* (MA) 22
2.4.3. *Autoregressive Moving Average* (ARMA) 22
2.4.4. *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) 23
2.5. Diagnostik Model 24
2.6. Peramalan Dengan *Fuzzy Time series* 26
2.6.1. Logika *Fuzzy* 26
2.6.2. *Fuzzy Time series* 26
2.6.3. *Fuzzy Time Series* Cheng 27
2.7. Pemodelan *Hybrid* ARIMA-FTS 31
2.8. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) 32
BAB III METODE PENELITIAN 33
3.1. Studi Literatur 33
3.2. Analisis Kebutuhan 34
3.2.1. Kebutuhan Perangkat Keras 34
3.2.2. Kebutuhan Perangkat Lunak 34
3.3. Perancangan Sistem 35
3.3.1. Perancangan Sistem Keras 35
3.3.2. Perancangan Sistem Lunak 35

3.4. Implementasi 35
3.5. Pengujian 36
3.6. Kesimpulan dan Saran 36
BAB IV PERANCANGAN 37
4.1. Deskripsi Sistem 37
4.2. Perancangan Arsitektur Sistem 38
4.3. Perancangan Perangkat Keras 39
4.4. Perancangan Perangkat Lunak 41
4.4.1. Perancangan Sistem pada NodeMCU ESP32 41
4.4.2 Perancangan Sistem Proses *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) 42
4.4.3. Perancangan Sistem Proses *Fuzzy Time Series* (FTS) 44
4.4.4. Perancangan Sistem Proses *Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Fuzzy Time Series* (FTS) 45
4.5. Perancangan Basis Data 47
4.6. Perancangan Antarmuka 49
4.6.1. Perancangan Halaman *Log In* 49
4.6.2. Perancangan Halaman Beranda 50
4.6.3. Perancangan Halaman Prediksi 51
BAB V IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 53
5.1. Implementasi Sistem 53
5.1.1. Implementasi Antarmuka *Website* 54
5.2. Kode Program 61
5.3. Pengukuran Pemakaian Daya 68
5.4. Pengujian Sistem 108
5.5. Pembahasan 111

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 114
6.1. Kesimpulan 114
6.2. Saran 115
DAFTAR PUSTAKA 116
LAMPIRAN 120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Raspberry Pi..... 11

Gambar 2.2 NodeMCU ESP32..... 12

Gambar 2.3 Sensor PZEM-004T..... 13

Gambar 2.4 Pola data konstan..... 14

Gambar 2.5 Pola data *trend*..... 15

Gambar 2.6 Pola data *seasonal*..... 15

Gambar 2.7 Plot ACF stasioner..... 16

Gambar 2.8 Plot ACF tidak stasioner..... 17

Gambar 3.1 Diagram metode penelitian..... 33

Gambar 4.1 Arsitektur sistem monitoring dan prediksi penggunaan listrik..... 39

Gambar 4.2 Rancangan skema perangkat keras..... 40

Gambar 4.3 Perancangan sistem NodeMCU ESP32..... 41

Gambar 4.4 Perancangan proses *Autoregressive Integrated Moving Average* ... 43

Gambar 4.5 Perancangan proses *Fuzzy Time Series*..... 45

Gambar 4.6 Perancangan proses *hybrid* ARIMA-FTS..... 46

Gambar 4.7 Rancangan basis data..... 49

Gambar 4.8 Perancangan halaman *Log In*..... 50

Gambar 4.9 Perancangan halaman beranda..... 51

Gambar 4.10 Perancangan halaman prediksi..... 52

Gambar 5.1 Implementasi *prototype*..... 53

Gambar 5.2 Implementasi sistem pemantauan daya listrik..... 54

Gambar 5.3 Implementasi halaman *Log in*..... 55

Gambar 5.4 Implementasi halaman beranda..... 56

Gambar 5.5 Tampilan halaman beranda untuk data pada bulan sebelumnya 57

Gambar 5.6 Implementasi tampilan awal halaman prediksi..... 58

Gambar 5.7 Implementasi halaman hasil prediksi..... 59

Gambar 5.8 Tampilan grafik hasil prediksi pada ruangan 1..... 60

Gambar 5.9 Implementasi halaman pengaturan 61

Gambar 5.10 Grafik data pengujian setiap ruangan pengujian beban bervariasi 70

Gambar 5.11 Grafik data pengujian setiap ruangan pengujian beban sama..... 71

Gambar 5.12 plot ACF dan PACF ruangan 1 pengujian beban bervariasi..... 74

Gambar 5.13 plot ACF dan PACF ruangan 2 pengujian beban bervariasi..... 75

Gambar 5.14 plot ACF dan PACF ruangan 3 pengujian beban bervariasi..... 75

Gambar 5.15 plot ACF dan PACF ruangan 1,2 dan 3 pengujian beban sama 75

Gambar 5.16 Grafik perbandingan ruangan 1 pengujian beban bervariasi 88

Gambar 5.17 Grafik perbandingan ruangan 2 pengujian beban bervariasi 89

Gambar 5.18 Grafik perbandingan ruangan 3 pengujian beban bervariasi 89

Gambar 5.19 Grafik perbandingan ruangan 1, 2, dan 3 pengujian beban sama.. 89

Gambar 5.20 Grafik perbandingan *residual* ruangan 1 pengujian beban bervariasi 102

Gambar 5.21 Grafik perbandingan *residual* ruangan 2 pengujian beban bervariasi 103

Gambar 5.22 Grafik perbandingan *residual* ruangan 3 pengujian beban bervariasi 103

Gambar 5.23 Grafik perbandingan residual ruangan 1, 2, dan 3 pengujian beban sama..... 103

Gambar 5.24 Grafik perbandingan ARIMA dengan *hybrid* ruangan 1 pengujian beban bervariasi 107

Gambar 5.25 Grafik perbandingan ARIMA dengan *hybrid* ruangan 2 pengujian beban bervariasi 107

Gambar 5.26 Grafik perbandingan ARIMA dengan *hybrid* ruangan 3 pengujian beban bervariasi 108

Gambar 5.27 Grafik perbandingan ARIMA dengan *hybrid* ruangan 1,2, dan 3 pengujian beban sama 108

Gambar 5.28 Grafik prediksi penggunaan listrik 30 hari kedepan ruangan 1 pengujian beban bervariasi..... 110

Gambar 5.29 Grafik prediksi penggunaan listrik 30 hari kedepan ruangan 2 pengujian beban bervariasi..... 111

Gambar 5.30 Grafik prediksi penggunaan listrik 30 hari kedepan ruangan 3 pengujian beban bervariasi..... 111

Gambar 5.31 Grafik prediksi penggunaan listrik 7 hari kedepan ruangan 1,2, dan 3 pengujian beban sama 111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan penelitian terdahulu 9

Tabel 2.2 Nilai lambda dan bentuk transformasinya 18

Tabel 2.3 Kriteria tingkat akurasi 32

Tabel 4.1 Penggunaan pin ESP32 dengan modul PZEM-004T 40

Tabel 4.2 Basis data device 47

Tabel 4.3 Basis data pzem_data 47

Tabel 4.4 Basis data user 48

Tabel 4.5 Basis data prediction_results 48

Tabel 5.1 Data penggunaan daya tiap ruangan pengujian beban bervariasi 69

Tabel 5.2 Data penggunaan daya tiap ruangan pengujian beban sama 70

Tabel 5.3 Transformasi Box-Cox ruangan 3 pengujian beban bervariasi 71

Tabel 5.4 Hasil uji stasioner setiap ruangan pengujian beban bervariasi 74

Tabel 5.5 Hasil uji stasioner setiap ruangan pengujian beban sama 74

Tabel 5.6 Estimasi parameter ruangan 1 beban bervariasi 76

Tabel 5.7 Estimasi parameter ruangan 2 beban bervariasi 77

Tabel 5.8 Estimasi parameter ruangan 3 beban bervariasi 78

Tabel 5.9 Estimasi parameter ruangan 1, 2, dan 3 beban sama 78

Tabel 5.10 Perhitungan manual dan statsmodel ARIMA 80

Tabel 5.11 Nilai ACF *Residual* 83

Tabel 5.12 Perhitungan AD 83

Tabel 5.13 Hasil MAPE dan pengujian *residual* setiap ruangan pengujian beban bervariasi 86

Tabel 5.14 Hasil MAPE dan pengujian residual setiap ruangan pengujian beban sama 86

Tabel 5.15 Hasil ARIMA setiap ruangan pengujian beban bervariasi 86

Tabel 5.16 Hasil ARIMA setiap ruangan pengujian beban sama 88

Tabel 5.17 Data *residual* setiap ruangan pengujian beban bervariasi 90

Tabel 5.18 Data residual setiap ruangan pengujian beban sama 91

Tabel 5.19 Data frekuensi pada kelas 92

Tabel 5.20 Data frekuensi pada kelas setelah pembagian 93

Tabel 5.21 FLR 94

Tabel 5.22 FLRG berbobot 95

Tabel 5.23 FLRG berbobot yang terstandarisasi 95

Tabel 5.24 Defuzzifikasi peramalan 97

Tabel 5.25 Perhitungan manual adaptif FTS 98

Tabel 5.26 Hasil peramalan FTS setiap ruangan pengujian beban bervariasi 99

Tabel 5.27 Hasil peramalan FTS setiap ruangan pengujian beban sama 101

Tabel 5.28 Hasil kinerja FTS setiap ruangan pengujian beban bervariasi 102

Tabel 5.29 Hasil kinerja FTS setiap ruangan pengujian beban sama 102

Tabel 5.30 Hasil peramalan *hybrid* ARIMA-FTS pengujian beban bervariasi .. 104

Tabel 5.31 Hasil peramalan hybrid ARIMA-FTS pengujian beban sama 105

Tabel 5.32 Hasil kinerja ARIMA dan *hybrid* setiap ruangan pengujian beban bervariasi 106

Tabel 5.33 Hasil kinerja ARIMA dan hybrid setiap ruangan pengujian beban sama 106

Tabel 5.34 Data hasil prediksi 30 hari kedepan pengujian pengujian beban bervariasi 109

Tabel 5.35 Data hasil prediksi 7 hari kedepan pengujian beban sama 109

DAFTAR KODE

Kode Program 5.1 Pengecekan parameter d 61

Kode Program 5.2 *Training* model ARIMA 62

Kode Program 5.3 Prediksi model ARIMA 62

Kode Program 5.4 Menetapkan statistik 63

Kode Program 5.5 Menetapkan kelas awal 63

Kode Program 5.6 Pembagian kelas 64

Kode Program 5.7 Kelas setelah pembagian 65

Kode Program 5.8 Fuzzifikasi data 65

Kode Program 5.9 Pembentukan matrik FLRG 66

Kode Program 5.10 Perhitungan prediksi FTS 66

Kode Program 5.11 Prediksi model FTS Cheng 67

Kode Program 5.12 Prediksi adaptif model FTS Cheng 67

Kode Program 5.13 Hybrid ARIMA + FTS 67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program arima_model.py 120

Lampiran 2 Kode program config.py 125

Lampiran 3 Kode program cost_calculator.py 125

Lampiran 4 Kode program external_api.py 126

Lampiran 5 Kode program fuzzy_cheng.py 129

Lampiran 6 Kode program hybrid_model.py 135

Lampiran 7 Kode program main.py 140

Lampiran 8 Kode program preprocessing.py 142

Lampiran 9 Kode Program sql_transaction.py 142

Lampiran 10 Kode Program stationary_test.py 148

Lampiran 11 Kode program utils.py 149

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan modern saat ini, kebutuhan terhadap energi listrik tidak dapat dihindari. Hampir seluruh aktivitas domestik bergantung pada ketersediaan energi listrik untuk mengoperasikan berbagai perangkat digital maupun analog, seperti lampu penerangan, televisi, komputer, kipas angin, setrika, kulkas, dan mesin cuci. Perangkat-perangkat tersebut memiliki karakteristik konsumsi daya yang bervariasi, beberapa di antaranya memerlukan energi dalam jumlah besar untuk berfungsi secara optimal (Purba et al., 2024). Selain itu, tidak jarang peralatan elektronik dibiarkan dalam keadaan menyala atau *standby* dalam waktu yang lama meskipun tidak sedang digunakan, sehingga menyebabkan pemborosan energi listrik yang tidak disadari.

Kondisi ini secara langsung berdampak pada peningkatan konsumsi energi listrik rumah tangga yang berujung pada tingginya biaya tagihan bulanan. Di Indonesia, struktur tarif listrik rumah tangga ditentukan berdasarkan kapasitas daya terpasang (dalam *Volt-Ampere*) dan dihitung per *kilowatt*-jam (kWh). Menurut Perusahaan Listrik Negara (PLN), pada tahun 2025, pelanggan rumah tangga nonsubsidi dengan daya 1.300 VA atau lebih dikenakan tarif sebesar Rp 1.444,70 per kWh, sedangkan pelanggan dengan daya 900 VA nonsubsidi dikenakan tarif sebesar Rp 1.352 per kWh (PLN, 2025). Dengan demikian, semakin tinggi konsumsi listrik, maka semakin besar pula biaya yang harus dibayarkan setiap bulan.

Upaya untuk menekan biaya tagihan listrik dapat dilakukan melalui pengelolaan penggunaan energi yang efisien, seperti membatasi operasional perangkat listrik hanya saat diperlukan, serta memastikan alat-alat elektronik dimatikan sepenuhnya ketika tidak digunakan. Namun dalam praktiknya, pengelolaan konsumsi energi sering kali tidak dilakukan secara konsisten. Pengguna cenderung tidak memiliki informasi yang cukup tentang pola

penggunaan energi sehari-hari, sehingga pemakaian daya listrik tiap bulannya menjadi sulit diprediksi dan cenderung fluktuatif.

Untuk menjawab tantangan tersebut, hadir *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi pemantauan konsumsi energi secara real-time. IoT menghubungkan perangkat fisik dengan sensor, perangkat lunak, dan konektivitas jaringan, sehingga mereka dapat mengumpulkan dan berbagi data secara otomatis tanpa intervensi manusia (IBM, 2024). Greengard (2025) juga menyatakan bahwa dalam IoT memungkinkan koneksi antar perangkat fisik untuk komunikasi data waktu nyata. Misalnya, peralatan rumah tangga seperti kulkas atau lampu dapat dipasangi sensor yang mengirim informasi konsumsi listrik ke sistem terpusat. Dengan demikian, pengguna mendapatkan visibilitas langsung mengenai penggunaan energi tiap perangkat.

Namun, pemantauan data saja tidak cukup tanpa analisis yang mampu mengolah volume data besar dan mengidentifikasi pola konsumsi. Oleh karena itu digunakan pemodelan statistik untuk menganalisa dan mengenali pola kebiasaan. Dari pola tersebut, model dapat melakukan prediksi nilai tagihan listrik pada periode mendatang. Dengan demikian, integrasi IoT dan pemodelan statistik menciptakan sistem yang tidak sekadar reaktif (memantau), tetapi juga proaktif (memprediksi).

Dalam konteks sistem pemantauan dan prediksi konsumsi listrik, data historis penggunaan energi rumah tangga membentuk sebuah deret waktu (*time series*) yang dapat dianalisis untuk memperkirakan nilai konsumsi atau tagihan di masa depan. Untuk keperluan tersebut, salah satu metode yang banyak digunakan adalah *time series forecasting*. Teknik ini memungkinkan sistem untuk tidak hanya mengenali pola konsumsi dari waktu ke waktu, tetapi juga memprediksi tren ke depan berdasarkan fluktuasi yang telah terjadi sebelumnya (Dinevski, 2021).

Beberapa metode atau algoritma yang digunakan dalam prediksi deret waktu diantaranya adalah ARIMA dan *Fuzzy Time Series*. ARIMA atau *Autoregressive Integrated Moving Average* adalah gabungan dari model *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA) dengan penambahan *differencing*

pada data yang bersifat tidak stasioner (Juanda & Junaidi, 2011). Metode *Autoregressive* adalah model stasioner dari data deret waktu dimana nilai pengamatan waktu ke-t dipengaruhi oleh nilai pengamatan sebelumnya. Sedangkan metode *Moving Average* menunjukkan pengamatan pada waktu yang dipengaruhi sebelumnya (Halwa, 2023). Sedangkan FTS atau *Fuzzy Time Series* merupakan salah satu metode peramalan yang didasarkan pada prinsip *fuzzy* (Fitrotissa'diyah, 2025).

Dalam penelitian ini, model prediksi yang digunakan adalah model *hybrid Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) - *Fuzzy Time Series* Cheng (FTS Cheng). ARIMA bekerja menggunakan asumsi dasar bahwa data saat ini berhubungan secara linier dengan nilai dan kesalahan yang diamati di masa lalu (Swaraj et al., 2021). Model ARIMA merupakan model linear dan tidak dapat menangkap struktur data yang nonlinier, sehingga dimungkinkan residunya masih mengandung struktur non linier. Model FTS Cheng mampu mengatasi permasalahan nonlinearitas dalam *residual* model ARIMA.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya berjudul "*Sistem Pemantauan dan Kendali Penggunaan Daya Listrik pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things*" (Fratama et al., 2025). Sistem ini dibuat untuk memantau penggunaan daya listrik pada kamar kos menggunakan PZEM-004T untuk mendeteksi tegangan, arus, dan daya, secara real-time dengan menampilkannya di *website*. Pada penelitian terdahulu, tidak terdapat sistem prediksi. Oleh karena itu pada penelitian yang dilakukan, ditambahkan algoritma prediksi berbasis *time series* yang digunakan untuk memprediksi penggunaan listrik sehingga pola penggunaan listrik dapat diketahui.

Penelitian sebelumnya yang berjudul "*Penerapan Metode Arima Box-Jenkins Untuk Peramalan Konsumsi Listrik*" (Rahmawati et al., 2020). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) yang disebut juga sebagai metode *time series* Box-Jenkins. Dalam penelitian ini, data yang digunakan dalam merupakan data sekunder tahunan dari laporan statistik konsumsi listrik PLN di Indonesia dari periode 1990 hingga

2011. Pada penelitian terdahulu, tidak terdapat sistem pemantauan berupa IoT dan gabungan FTS untuk memprediksi pola non-linear. Oleh karena itu pada penelitian yang dilakukan, ditambahkan IoT untuk memantau penggunaan listrik dan mendapatkan data primer serta FTS untuk memprediksi pola non-linear.

Penelitian selanjutnya yang berjudul "*Perbandingan metode fuzzy time series Singh dan fuzzy time series Cheng untuk peramalan nilai tukar nelayan (NTN) di Indonesia*" (Fitrotissa'diyah, 2025). Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder bulanan NTN diperoleh dari *website* resmi Badan Pusat Statistik. Dengan data training dari Januari 2019 sampai Desember 2024. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan model Singh dan model Cheng, dibanding dengan penelitian yang dilakukan berfokusan pada prediksi pergabungan metode hybrid ARIMA dan FTS. Penelitian yang akan dilakukan mengimplementasikan metode hybrid ARIMA dan FTS pada proses prediksi penggunaan daya dan biaya tagihan listrik.

Penelitian lain yang pernah menggunakan Metode *Hybrid* ARIMA dan FTS berjudul "*Hibrida Autoregresiive Integrated Moving Average dan Fuzzy Time Series Cheng untuk Prediksi Harga Saham*" (Neyun et al., 2023). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Hybrid Autoregresive Integrated Moving Average* dan *Fuzzy Time Series* Cheng. Dalam penelitian ini, data yang digunakan merupakan data sekunder harian *closing price* saham PT. Telkom Indonesia Tbk tahun 2019, dengan data *training* dari Januari Hingga November sebanyak 226 dan Desember sebagai data testing sebanyak 19. Pada penelitian ini tidak melakukan pemantauan IoT dan mendapatkan data secara primer, maka dalam penelitian yang dilakukan akan ditambahkan IoT untuk mendapatkan data secara primer dengan kemampuan pemantauan langsung.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka akan dilakukan penelitian dengan judul "Implementasi Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Fuzzy Time Series* (FTS) Untuk Prediksi Pemakaian daya Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT)". Sistem ini dibangun untuk melakukan pemantauan terhadap penggunaan energi listrik dan mengolah data penggunaan tersebut dengan

menggunakan metode ARIMA dan FTS model Cheng menjadi informasi prediksi nilai tagihan listrik di masa yang akan datang. Hasil prediksi kemudian akan diukur dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengetahui kinerja dan akurasi model. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat membantu masyarakat dalam mengetahui penggunaan daya listrik dan biaya tagihan penggunaan listrik berikutnya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa masing masing metode (ARIMA dan *hybrid* ARIMA-FTS) dalam melakukan prediksi terhadap konsumsi listrik dengan menggunakan MAPE?
2. Bagaimana sistem dapat memprediksi penggunaan listrik berdasarkan data penggunaan listrik dari sensor PZEM-004T dengan menggunakan metode *hybrid* ARIMA-FTS Cheng?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisa terhadap performa masing masing metode (ARIMA dan *hybrid* ARIMA-FTS) dalam melakukan prediksi terhadap konsumsi listrik dengan menggunakan MAPE.
2. Mengetahui proses sistem memprediksi penggunaan listrik berdasarkan data penggunaan listrik dari sensor PZEM-004T dengan menggunakan metode *hybrid* ARIMA-FTS Cheng.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan berfokus pada penggunaan metode ARIMA dan FTS.
2. Model yang digunakan untuk metode FTS adalah model Cheng.

3. Penggunaan metode ARIMA dan FTS difokuskan untuk menganalisa pemakaian daya listrik setiap hari.
4. Tarif listrik per kWh yang digunakan adalah Rp. 1.444,70.
5. Sensor yang digunakan adalah sensor PZEM-004T untuk mengukur arus, tegangan, dan daya listrik.
6. NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroller yang mengatur pengiriman data dari PZEM-004T ke database.
7. Perangkat keras yang digunakan untuk pemrosesan data adalah Raspberry Pi yang dapat terhubung ke internet.
8. Sistem yang dibangun berbasis *website*.
9. Data yang digunakan merupakan data primer berjumlah 60 hari data untuk pengujian pertama dan berjumlah 7 hari data untuk pengujian kedua.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari adanya penelitian ini yaitu membuat sistem prediksi penggunaan listrik. Sistem ini menggunakan metode *hybrid* ARIMA dan FTS model Cheng sebagai model prediksinya untuk melihat tren konsumsi listrik lebih mudah. Sistem ini kemudian menampilkan hasilnya pada *website* untuk memudahkan pengguna memantau maupun memprediksi penggunaan dan tagihan listrik yang akan dibayarkan di bulan selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi 6 bab agar permasalahan dapat dijelaskan dan diuraikan untuk menyelesaikan penelitian ini. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang untuk menjelaskan tentang permasalahan perubahan biaya tagihan listrik yang fluktuatif dan kenapa penelitian ini dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab landasan teori berisi bahasan mengenai dasar teori pendukung yang digunakan dalam tugas akhir. Adapun landasan teori pada bab ini berupa Raspberry Pi, NodeMCU ESP32, Sensor PZEM-004T, statsmodels, data deret waktu, data stasioner, koefisien autokorelasi dan korelogram ACF, PACF, data stasioner pada nilai tengahnya, data stasioner pada ragamnya, *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Fuzzy Time Series* (FTS), Pemodelan *Hybrid* ARIMA-FTS, dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian adalah prosedur atau cara-cara yang dilakukan untuk mengumpulkan dan menganalisis data serta menjawab pertanyaan atau hipotesis yang telah ditetapkan dalam penelitian. Adapun isi dari metode penelitian yaitu diagram alir, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, kesimpulan dan saran.

BAB 4 PERANCANGAN

Bab perancangan berisi secara rinci tentang perancangan dan tahapan dalam pelaksanaan penelitian. Pada bab ini secara umum meliputi perancangan pada perangkat keras, perangkat lunak, basis data, dan antarmuka. Perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan sistem pada NodeMCU ESP32, perancangan sistem proses *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), perancangan sistem proses *Fuzzy Time Series* (FTS), dan perancangan sistem proses *hybrid Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Fuzzy Time Series* (FTS).

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab implementasi, pengujian, dan pembahasan membahas mengenai analisis dan implementasi sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Tahapan ini yaitu implementasi sistem, implementasi antarmuka *website*, implementasi kode program, pengukuran pemakaian daya, pengujian, dan pembahasan.

BAB 6 PENUTUP

Bab penutup merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran terhadap masalah yang belum terselesaikan untuk dapat diperbaiki dan dikembangkan pada penelitian berikutnya.