

Analisis Penggunaan Energi Perangkat IOT Pada *Smart Home* Menggunakan Metode Model Analisis *Markov Chain*

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



DISUSUN OLEH :

Andika Fahrul Reza

09011382025120

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Penggunaan Energi Perangkat IOT Pada *Smart Home* Menggunakan Metode Model Analisis *Markov Chain*

**Skripsi
Program Studi Sistem Komputer
Jenjang S1**

**Oleh:
Andika Fahrul Reza
09011382025120**

Palembang, 3 November 2024


Ketua Jurusan Sistem Komputer

Dr. Ir. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir

Huda Ubaya, S.T., M.T.
NIP. 198106162012121003

AUTHENTICATION PAGE

**ENERGY USAGE ANALYSIS OF IOT DEVICES IN SMART
HOMES USING THE MARKOV CHAIN MODEL
ANALYSIS METHOD**

THESIS

Dept. of Computer System


Bachelor's Degree

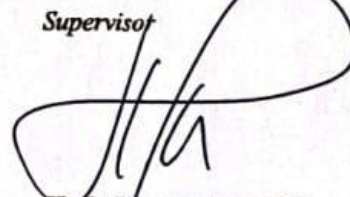
By:

Andika Fahrul Reza

09011382025120

Palembang, 12 November 2024

Head Of Computer Systems Department

Dr. Ir. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Supervisor

Huda Ubaya, S.T., M.T.
NIP. 198106162012121003

LEMBAR PERSETUJUAN

Telah di uji dan lulus pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 24 Oktober 2024

Tim Penguji :

1. Ketua : Aditya Putra Perdana Prasetyo, S.Kom., M.T.

2. Penguji : Kemahyanto Exaudi, S.Kom., M.T.

3. Pembimbing : Huda Ubaya, S.T., M.T.

Mengetahui, 24/10/24
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Andika Fahrul Reza
Nim : 09011382025120
Judul : Analisis Penggunaan Energi Perangkat IOT Pada *Smart Home* Menggunakan Metode Model Analisis *Markov Chain*

Hasil Pengecekan Software *Thenticate/Turnitin*: 6%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Palembang, November 2024



Andika Fahrul Reza
Nim. 09011382025120

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Motto”

“Research is formalized curiosity. It is poking and prying with a purpose”

- Zora Neale Hurston

“A single line that you have trouble getting out of your mind is worth more than a hundred books.”

- Osamu Dazai

Dengan segenap hati, skripsi ini dipersembahkan untuk :

- ❖ Allah SWT
- ❖ Diri Sendiri
- ❖ Kedua Orang Tua dan Keluarga
- ❖ Dosen Pembimbing
- ❖ Teman Seperjuangan
- ❖ Dosen, Pegawai, Dan Staf Fasilkom Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala Puji dan Syukur Panjatkan Kehadirat Allah SWT yang telah memberikan serta melimpahkan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyusun dan menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Penggunaan Energi Perangkat IOT Pada *Smart Home* Menggunakan Metode Model Analisis *Markov Chain***” dengan baik dan lancar.

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Komputer di jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya. Adapun sebagai bahan penulisan, penulis mengambil berdasarkan hasil penelitian serta observasi dari berbagai sumber literatur yang mendukung dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Atas selesainya Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan juga terima kasih kepada yang terhormat:

1. Kedua Orang Tua dan Keluarga tercinta yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan dan semangat yang besar selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Huda Ubaya, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah berkenan meluangkan waktu dalam membimbing penulis dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir
5. Bapak Iman Saladin B. Azhar, S.Kom., M.MSI., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Sari selaku Admin Jurusan Sistem Komputer yang telah membantu penulis dalam hal-hal administrasi.
7. Seluruh dosen, staff, serta karyawan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

8. Seluruh teman-teman seperjuangan Angkatan 2020 Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatuyang telah memberikan doa dan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
10. Almamater Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, segala saran dan kritik sangatla penting bagi penulis. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi Akademik.

Palembang, November 2024

Penulis,

Andika Fahrul Reza

NIM. 09011382025120

ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI PERANGKAT IOT PADA *SMART HOME* MENGGUNAKAN METODE MODEL ANALISIS *MARKOV CHAIN*

Andika Fahrul Reza (09011382025120)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : andhikafr0617@gmail.com

ABSTRAK

Internet of Things (IOT) adalah sebuah konsep yang terhubung dengan perangkat sebagai media komunikasi berbasis internet. Dengan adanya IoT, seorang pengguna dapat saling terhubung dan berkomunikasi untuk melakukan aktivitas tertentu, mencari, mengolah, dan mengirimkan informasi secara otomatis. Salah satu tempat sarana adanya *Internet of Things* adalah *Smart Home* yang dimana perangkat yang digunakan akan memakan banyak energi. Penelitian ini menganalisis penggunaan energi perangkat *Internet of Things (IoT)* dalam lingkungan smart home menggunakan metode analisis *Markov Chain*. Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi penggunaan perangkat IOT dan transisi antar keadaan yang memengaruhi konsumsi energi perangkat IOT. Melalui analisis data yang dilakukan, ditemukan bahwa prediksi penggunaan perangkat oleh pengguna dapat dilakukan dengan menggunakan model Markov. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna cenderung menggunakan perangkat dengan watt tinggi secara bersamaan yaitu sebesar 75%, yang menyebabkan peningkatan konsumsi energi yang signifikan. Dan terendah hanya sebesar 5% dari keadaan dengan watt tinggi menuju keadaan tanpa aktivitas.

Kata kunci : *Internet Of Things, Smart Home, Markov Chain, Prediksi, Energi.*

ENERGY USAGE ANALYSIS OF IOT DEVICES IN SMART HOMES USING THE MARKOV CHAIN MODEL ANALYSIS METHOD

Andika Fahrul Reza (09011382025120)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : andhikafr0617@gmail.com

ABSTRACK

The Internet of Things (IoT) is a concept involving the connection of devices as internet-based communication media. Through IoT, users can connect and communicate to perform specific tasks, search for, process, and transmit information automatically. One environment where the Internet of Things is commonly implemented is the Smart Home, where devices consume a substantial amount of energy. This study analyzes the energy consumption of IoT devices in a smart home environment using the Markov Chain analysis method. The goal of this research is to predict the usage patterns of IoT devices and the state transitions that influence their energy consumption. Through the data analysis conducted, it was found that predicting device usage by users can be achieved using a Markov model. The findings indicate that the majority of users tend to use high-wattage devices simultaneously, with a rate of 75%, which leads to a significant increase in energy consumption, while the lowest usage, with a rate of only 5%, occurs in transitions from high-wattage states to idle states.

Kata kunci : *Internet Of Things, Smart Home, Markov Chain, Prediction, Energy.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
<i>AUTHENTICATION PAGE</i>	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACK</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 <i>Internet Of Things</i>	18
2.3 <i>Smart Home</i>	19
2.4 Manajemen Energi pada <i>Smart Home</i>	20

2.5	Model Stokastik	20
2.6	Model Probabilistik	21
2.6.1	Markov Chain	21
2.6.2	Probabilitas Transisi	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1	Pendahuluan	24
3.2	Kerangka Kerja	24
3.3	Pengumpulan Data	25
3.4	Pengolahan Data	28
3.5	Analisa Data	29
3.5.1	<i>Markov Chain</i>	29
3.5.2	Hasil Perhitungan	31
3.6	Penggunaan Energi	31
3.7	Analisa Hasil	31
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....		32
4.1	Pendahuluan	32
4.2	Penggunaan perangkat IOT	32
4.3	Menghitung Matriks Probabilitas Transisi.....	36
4.4	Menghitung Prediksi Keadaan Di Masa Mendatang.....	37
4.4.1	Prediksi Keadaan Tidur	37
4.4.2	Prediksi Keadaan Aktif.....	38
4.4.3	Prediksi Keadaan Sangat Aktif.....	39
4.5	Hasil	40
4.6	Penggunaan Energi	42
4.7	Analisa Hasil	49
4.8	Identifikasi Perangkat IOT yang Digunakan	50

BAB V KESIMPULAN.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Algoritma Markov Chain [20]	22
Gambar 3. 1 Kerangka Kerja	25
Gambar 3. 2 Perangkat IOT Smart Plug	26
Gambar 3. 3 Perangkat IOT Smart Plug	26
Gambar 3. 4 Perangkat IOT Dual Smart Plug	27
Gambar 3. 5 Perangkat IOT Smart Bulb	27
Gambar 3. 6 Denah Rumah Penelitian	28
Gambar 3. 7 Diagram status dari keadaan perangkat IOT pengguna	30
Gambar 4. 1 Grafik Persentase Hasil.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Terkait	6
Tabel 2. 2 Matriks Kemungkinan Transisi [21].....	23
Tabel 3. 1 Deskripsi Keadaan Perangkat IOT [2].....	29
Tabel 4. 1 Perpindahan energi perangkat IOT	32
Tabel 4. 2 Faktor dan Perangkat IOT yang digunakan	33
Tabel 4. 3 Probabilitas Transisi.....	37
Tabel 4. 4 Prediksi keadaan Tidur	38
Tabel 4. 5 Prediksi keadaan Aktif.....	39
Tabel 4. 6 Prediksi Keadaan Sangat Aktif	39
Tabel 4. 7 Persentase Hasil Prediksi Keadaan untuk kejadian selanjutnya	40
Tabel 4. 8 Penggunaan Energi Minggu Pertama	42
Tabel 4. 9 Penggunaan Energi Minggu Kedua	43
Tabel 4. 10 Penggunaan energi minggu ketiga.....	45
Tabel 4. 11 Penggunaan energi minggu keempat	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Smart Home telah terbukti bermanfaat dalam kehidupan nyata masyarakat. *Smart Home* adalah rumah atau lingkungan tinggal yang dilengkapi dengan teknologi untuk mengizinkan perangkat IOT dan sistem dikendalikan secara otomatis. Awalnya, teknologi *Smart Home* digunakan untuk mengendalikan sistem dalam ruangan seperti pencahayaan dan pemanas, namun, dalam beberapa tahun terakhir, hampir setiap komponen listrik di rumah dapat dikendalikan. Mengingat bangunan tempat tinggal merupakan bagian besar dari total konsumsi energi global, teknologi *Smart Home* telah difokuskan pada peningkatan kenyamanan, kepraktisan, keamanan, dan hiburan di rumah sambil mengurangi penggunaan energi melalui pengelolaan energi rumah yang dioptimalkan.[1]

Manajemen energi untuk *smart home* telah menjadi area penelitian yang aktif dalam beberapa tahun terakhir. Memprediksi kebutuhan energi pengguna merupakan kunci untuk manajemen energi yang efisien, rentang konsumsi daya diestimasi berdasarkan probabilitas keadaan pengguna yang kemudian direvisi oleh status perangkat elektronik secara real-time melalui mekanisme umpan balik. Selanjutnya, sebuah algoritma konservasi energi mengurangi biaya listrik dengan mengoptimalkan penggunaan perangkat pintar di *smart home*, terutama ketika listrik memiliki tarif tinggi [2]. Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan terhadap penggunaan perangkat IoT untuk mengoptimisasi penggunaan energi secara berlebihan pada *smart home* dan dapat mengidentifikasi faktor – faktor yang menyebabkan naiknya penggunaan energi.

Dalam tahap pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan, langkah awalnya adalah melakukan observasi pada *smart home* dengan melakukan pengamatan. Setelah itu, pencarian perangkat IoT dilakukan untuk dianalisis penggunaan energinya. Prosedur berikutnya melibatkan model analisis *Markov Chain*. Langkah terakhir melakukan identifikasi dan optimisasi pada perangkat IoT yang

menggunakan energi secara berlebihan sehingga menyebabkan biaya yang dikeluarkan banyak.

Pada penelitian [3] membahas rancangan sistem manajemen energi yang dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan energi di lingkungan *smart home* menggunakan metode penelitian *Home Energy Management System (HEMS)* yang mana menggunakan teknologi IOT. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang integrasi teknologi IOT dalam mengelola sumber daya energi di *smart home*, dengan potensi membuka jalan menuju sistem rumah pintar yang lebih efisien dan cerdas. Dengan menggunakan model *Markov Chain* membantu untuk memprediksi dan mengelola perubahan dalam penggunaan energi secara lebih akurat dan adaptif berdasarkan probabilitas transisi.

Pada penelitian [4] membahas secara komprehensif tentang manajemen energi di bangunan dan *smart home* dengan menggunakan metode penelitian *Self-Managing Energy System (SES)*. Artikel ini mengeksplorasi solusi hipotetis untuk meningkatkan manajemen energi di lingkungan pintar, memberikan wawasan mendalam tentang kemungkinan langkah-langkah yang dapat diambil dalam mengatasi kendala-kendala yang ada. Isu terbuka dan tantangan dalam manajemen energi di bangunan dan rumah pintar juga dibahas secara rinci, menyediakan pemahaman yang lebih baik tentang hambatan-hambatan yang dihadapi dalam mengoptimalkan penggunaan energi di konteks ini.

Hasil analisis dari penelitian sebelumnya dapat digunakan untuk mengoptimalkan dan memprediksi penggunaan energi perangkat IOT sehingga bisa lebih hemat dalam penggunaan perangkat IOT tersebut. Dengan adanya studi analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam penggunaan energi IOT di masa mendatang.

Bedasarkan uraian diatas, maka dari itu akan dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Penggunaan Energi Perangkat IOT Pada *Smart Home* Menggunakan Metode Analisis *Markov Chain*”.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan penulisan latar belakang masalah yang ada. Adapun permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana prediksi penggunaan energi perangkat *Internet of Things* (IoT) pada *Smart Home*?
2. Bagaimana model *Markov Chain* efektif dalam mengidentifikasi dan menganalisis untuk mengetahui penggunaan energi pada perangkat IOT *Smart Home*?

1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah ruang lingkup masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini:

1. Perangkat IoT yang digunakan hanya *Smart plug* dan *Smart bulb*
2. Skala pengukuran yaitu hanya pada *Smart Home* cakupan tertentu
3. Model analisis yang digunakan hanya menggunakan *Markov Chain*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penulisan latar belakang dan rumusan masalah yang telah ditulis sebelumnya, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Prediksi penggunaan energi perangkat IOT dilakukan dengan menggunakan *Markov Chain*
2. Identifikasi dan Analisis penggunaan energi perangkat IOT dengan *Markov Chain* dilakukan dengan cara mengetahui penggunaan energi pada setiap interval waktu.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini yang dilakukan antara lain:

1. Dapat memahami mendalam tentang penggunaan energi.
2. Dapat mengoptimalkan penggunaan energi pada *smart home*
3. Dapat berkontribusi pada Pembangunan *smart home* yang ramah lingkungan.
4. Dapat meningkatkan kesadaran pengguna akan dampak penggunaan energi yang berlebihan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini akan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Tahap Pertama Studi Pustaka/Studi Literatur

Tahap ini dilakukan setelah masalah yang didapatkan telah sesuai untuk dipelajari, diteliti, atau dibaca tentang topik tugas akhir.

2. Tahap Kedua Perancangan Sistem

Pada Tahap ini menyiapkan *smart home* yang akan diobservasi, menghitung perangkat IoT yang akan diamati. Bertujuan untuk mengamati penggunaan perangkat IoT sehingga didapatkan nilai dan daya yang digunakan untuk dianalisis nantinya.

3. Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan cara menggunakan model analisis *Markov Chain* sehingga didapatkan perangkat IOT yang menggunakan energi secara berlebihan.

4. Analisa

Tahap ini dilakukan analisa dari perhitungan yang didapatkan pada tahap pengujian sehingga dapat mengoptimisasi penggunaan energi pada *smart home* tersebut.

5. Kesimpulan

Dalam langkah akhir ini, hasil dari semua langkah sebelumnya akan disusun menjadi kesimpulan.

1.7 Sistematika Penelitian

Proses penulisan penelitian ini dirancang untuk memberikan gambaran luas tentang penelitian yang sedang dilakukan. Berikut ini adalah struktur penelitian:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, masalah yang diidentifikasi, batasan masalah yang akan dibahas, tujuan dan keuntungan penelitian, asumsi metodologi, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini membahas teori dasar yang digunakan dalam penelitian ini dan aplikasi yang digunakan dalam penelitian; namun, bagian ini membahas teori dasar yang digunakan dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang objek dan jenis penelitian, data dan sumber data, teknik mengumpulkan data, dan skema pengerjaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Dalam bab ini, Anda akan menemukan hasil dari implementasi, pengujian, dan penjelasan tentang perencanaan yang telah dibuat sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk memastikan dan membuktikan bahwa hasil akhir sesuai dengan perkiraan, ekspektasi, dan fakta yang ada.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini menjelaskan hasil penelitian dan apakah tujuan penelitian telah tercapai. Ini juga menjelaskan sistem yang telah dibuat dan apa yang baik dan buruk. Ini juga memberi saran tentang apa yang dapat diperbaiki dan diperluas ke depannya, terutama terkait dengan kekurangan sistem yang belum diperbaiki.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Paredes-Valverde, G. Alor-Hernández, J. L. García-Alcaráz, M. del P. Salas-Zárate, L. O. Colombo-Mendoza, and J. L. Sánchez-Cervantes, “IntelliHome: An internet of things-based system for electrical energy saving in smart home environment,” *Computational Intelligence*, vol. 36, no. 1, pp. 203–224, 2020, doi: 10.1111/coin.12252.
- [2] M. Umair and G. A. Shah, “Energy Management of Smart Homes,” *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Smart Computing, SMARTCOMP 2020*, vol. 0, no. 1, pp. 247–249, 2020, doi: 10.1109/SMARTCOMP50058.2020.00054.
- [3] E. A. Affum, K. A. P. Agyekum, C. A. Gyampomah, K. Ntiamoah-Sarpong, and J. D. Gadze, “Smart Home Energy Management System based on the Internet of Things (IoT),” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 2, pp. 722–730, 2021, doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120290.
- [4] U. Mir, U. Abbasi, T. Mir, S. Kanwal, and S. Alamri, “Energy Management in Smart Buildings and Homes: Current Approaches, a Hypothetical Solution, and Open Issues and Challenges,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 94132–94148, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3092304.
- [5] B. Kul and M. Şen, “Energy saving IoT-based advanced load limiter,” *2017 26th International Scientific Conference Electronics, ET 2017 - Proceedings*, vol. 2017-Janua, pp. 1–5, 2017, doi: 10.1109/ET.2017.8124362.
- [6] B. Mataloto, J. C. Ferreira, and R. P. Resende, “Long Term Energy Savings Through User Behavior Modeling in Smart Homes,” *IEEE Access*, vol. 11, no. April, pp. 44544–44558, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3272888.
- [7] A. R. Al-Ali, I. A. Zualkernan, M. Rashid, R. Gupta, and M. Alikarar, “A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 63, no. 4, pp.

426–434, 2017, doi: 10.1109/TCE.2017.015014.

- [8] I. Machorro-Cano, G. Alor-Hernández, M. A. Paredes-Valverde, L. Rodríguez-Mazahua, J. L. Sánchez-Cervantes, and J. O. Olmedo-Aguirre, “HEMS-IoT: A big data and machine learning-based smart home system for energy saving,” *Energies*, vol. 13, no. 5, 2020, doi: 10.3390/en13051097.
- [9] S. Malik, K. T. Lee, and D. H. Kim, “Optimal Control Based on Scheduling for Comfortable Smart Home Environment,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 218245–218256, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042534.
- [10] M. S. Aliero, K. N. Qureshi, M. F. Pasha, and G. Jeon, “Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and services,” *Environmental Technology and Innovation*, vol. 22, p. 101443, 2021, doi: 10.1016/j.eti.2021.101443.
- [11] I. Ullah, R. Ahmad, and D. H. Kim, “A prediction mechanism of energy consumption in residential buildings using hidden markov model,” *Energies*, vol. 11, no. 2, pp. 1–20, 2018, doi: 10.3390/en11020358.
- [12] A. S. Shah, H. Nasir, M. Fayaz, A. Lajis, and A. Shah, “A review on energy consumption optimization techniques in IoT based smart building environments,” *Information (Switzerland)*, vol. 10, no. 3, 2019, doi: 10.3390/info10030108.
- [13] M. Li, W. Gu, W. Chen, Y. He, Y. Wu, and Y. Zhang, “Smart home : architecture, technologies and systems,” *Procedia Computer Science*, vol. 131, pp. 393–400, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.04.219.
- [14] B. L. Risteska Stojkoska and K. V. Trivodaliev, “A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 140, pp. 1454–1464, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.10.006.
- [15] E. Park, Y. Cho, J. Han, and S. J. Kwon, “Comprehensive Approaches to User Acceptance of Internet of Things in a Smart Home Environment,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 4, no. 6, pp. 2342–2350, 2017, doi:

10.1109/JIOT.2017.2750765.

- [16] C. Cooremans and A. Schönenberger, “Energy management: A key driver of energy-efficiency investment?,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 230, pp. 264–275, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.333.
- [17] D. Gariba and B. Pipaliya, “Modelling human behaviour in smart home energy management systems via machine learning techniques,” *2016 International Automatic Control Conference, CACS 2016*, pp. 53–58, 2017, doi: 10.1109/CACS.2016.7973883.
- [18] T. A. Cahyadi, Deka Citra Dinata, D. Haryanto, Hartono, I. Titisariwati, and R. Fahlevi, “Evaluasi Saluran Terbuka Engan Menggunakan Distribusi Gumbell Dan Model Thomas Fiering,” *Kurvatek*, vol. 5, no. 1, pp. 29–36, 2020, doi: 10.33579/krvtk.v5i1.1570.
- [19] J. L. Ramirez-Mendiola, P. Grünwald, and N. Eyre, “Residential activity pattern modelling through stochastic chains of variable memory length,” *Applied Energy*, vol. 237, pp. 417–430, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.01.019.
- [20] D. Divya and K. Sathiyasekar, “Modern real time electric meter for efficient energy management using Markov Chain Algorithm,” *Proceedings of 2016 International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies, ICACCCT 2016*, no. 978, pp. 473–476, 2017, doi: 10.1109/ICACCCT.2016.7831684.
- [21] A. Apriani, “Metode Markov Chains Untuk Analisa Perulangan Fasies Di Sub Basin Kiliran Jao Sumatra Barat,” *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.28989/angkasa.v8i1.128.