

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Smart lighting merupakan sebuah inovasi yang produknya sudah ada di pasaran, umumnya dalam bentuk bohlam Wi-Fi yang terhubung ke Internet sehingga menjadi bagian dari konsep Internet of Things (IoT). Dengan menggabungkan kemampuan IoT dan lampu light emitting diode (LED) *smart lighting* mempunyai beberapa kemampuan, antara lain, kendali lewat aplikasi *smartphone*, kendali warna, kendali keredupan, perintah suara, dan penjadwalan. Arah utama penelitian *smart lighting* adalah penghematan energi, di mana salah satu penyebabnya adalah besarnya proporsi energi yang dikonsumsi oleh sistem pencahayaan [1] [2]. Penerapan peredupan otomatis pada *smart lighting*, dengan memanfaatkan sensor cahaya, dapat memberikan penghematan hingga 25% [3] [4].

Di sisi lain, keluhan pengguna mungkin muncul ketika strategi efisiensi energi diterapkan pada sistem yang ditargetkan karena kualitas pencahayaan yang buruk [5]. Hal ini dapat dimaklumi karena menurut prinsip hemat energi, semakin sering lampu diredupkan, semakin baik [6]. Fenomena ini bertentangan dengan kebutuhan manusia akan penerangan yang memadai untuk menjalankan aktivitas sehari-hari dengan produktif [7] [8]. Beberapa penelitian telah menekankan pentingnya menjaga *user comfort* saat mengejar efisiensi lewat *smart lighting* [9] [10] [11].

Machine learning adalah metode yang menangani masalah kompleks dan secara otomatis menghasilkan solusi dalam model [12]. Beberapa sistem *smart lighting* telah menerapkan teknik *machine learning*, misalnya, kontrol *smart lighting* yang canggih menggunakan *convolutional neural network* (CNN) dan *computer vision* [13], kemudian *reinforcement learning* untuk *smart lighting* yang adaptif [14]. Ada kemungkinan bahwa *machine learning* dapat menjadi solusi terhadap masalah kompleks dalam menjaga kenyamanan pengguna dan efisiensi energi. Terutama karena Gartner mengatakan bahwa *intelligence* adalah salah satu dari enam faktor mendorong teknologi *smart lighting*.

Berdasarkan tiga kata kunci tersebut: *smart lighting*, *user comfort*, dan *machine learning*, maka dilakukan penelusuran paper dengan metode *systematic literature review* (SLR), dengan membaca 332 paper mengenai *machine learning* pada *smart lighting* untuk meningkatkan *user comfort*. Hasil studi memperlihatkan beberapa penelitian state-of-the-art (SoTA) telah menerapkan *machine learning* untuk mengontrol *smart lighting* berdasarkan *user activity*, umumnya disebut *activity recognition*. Dai *et al.* [15] menerapkan *activity recognition* pada *smart lighting* dengan menggunakan lima kamera, Chun *et al.* [16] menggunakan *depth camera* (Kinect) untuk *activity recognition* dalam *smart lighting*, *activity recognition* dari Lupion *et al.* [17] melibatkan *multi-device*, termasuk *smartwatch* dan *real time location system* (RTLS). Penelitian-penelitian tersebut adalah *activity recognition* yang melibatkan perangkat kompleks dan tidak terjangkau.

Selanjutnya, beberapa penelitian lain menerapkan *smart lighting* berbasis *activity recognition* dengan sensor *passive infrared* (PIR) yang terjangkau. Jin *et al.* [18] menggunakan sensor PIR dan temporal sequential-artificial neural network (TS-ANN) dengan akurasi kendali 97%, Putrada *et al.* [19] menggunakan PIR sensor dengan *hierarchical hidden Markov model* (HHMM) dengan akurasi 87,6%, Fakhrudin *et al.* [20] menggunakan PIR sensor dengan *principal component analysis* (PCA) dengan *k-nearest neighbor* (KNN) dengan akurasi 94%. Penelitian dengan PIR sensor menunjukkan akurasi yang masih dapat ditingkatkan. *Research gap* dari penelitian-penelitian tersebut adalah bagaimana memanfaatkan sensor PIR yang terjangkau dan namun akurasinya optimum.

Beberapa penelitian menggunakan *moving average* pada *time-series data* untuk meningkatkan kinerja dari fitur-fitur dataset mereka dalam *machine learning* [21] [22] [23] [24] [25]. Terdapat *research opportunity* untuk menerapkan *moving average* pada data PIR sensor untuk meningkatkan kinerja fitur tersebut untuk mendapatkan metode *machine learning* untuk mendapatkan metode *machine learning* yang akurasi nya lebih optimum dari penelitian-penelitian SoTA.

Lebih lanjut, penerapan *machine learning* pada *smart lighting* dapat meningkatkan *computational time*. Apalagi kalau *machine learning* dijalankan di *cloud server* maka terdapat *communication delay*. Di sisi lain, *smart lighting* adalah *real-time system*, di mana *processing time* menjadi *constraint*. Salah satu solusi optimasi *processing time* adalah menerapkan *edge computing*, yaitu memindahkan sebagian komputasi dalam IoT dari *cloud server* ke *edge device*, sehingga menghilangkan *communication delay* antara perangkat dan *cloud*. Permasalahan selanjutnya adalah bahwa *edge device* biasanya mempunyai *computational resource* terbatas sedangkan *machine learning model* mempunyai kompleksitas tinggi.

Metode memampatkan *machine learning model* untuk dapat berjalan pada *edge device* dinamakan *model compression*, di mana teknik-teknik yang populer adalah *pruning*, *quantization*, dan *knowledge distillation* [26]. Penelitian Dai *et al.* [27] dan Yu *et al.* [28] mengompresi DNN dengan metode *pruning* yang novel, masing-masing dengan akurasi terbaik yaitu 91% dan 94%. Prakash *et al.* [29], mengompresi DNN dengan metode novel pembelajaran gabungan dengan *quantization* dan *pruning* (GWEP), menggunakan kombinasi *pruning* dan *quantization*. Akurasi terbaik GWEP adalah 99%. Matsubara *et al.* [30] mengompresi DNN menggunakan *knowledge distillation* dengan akurasi terbaik yaitu 78% pada model ResNet.

Selanjutnya, Divya *et al.* [31] melakukan *model compression* pada CNN dengan cara *pruning* dengan akurasi terbaik yaitu 99%. Mills *et al.* [32] melakukan *model compression* pada CNN dengan metode novel yang disebut *communication-efficient federated learning using averaging* (CE-FedAvg), bersama dengan *quantization* dengan target akurasi terbaik yaitu 99% pada model MNIST-CNN. Metode novel oleh Wang *et al.* [33] disebut *quantified similarity between feature maps* (QSFM), di mana akurasi nya menggunakan ResNet-56 model adalah 93%. Metode novel oleh Zawish *et al.* [34] disebut *deep reinforcement learning-based pruning* (DRLP), di mana metode tersebut mempunyai akurasi terbaik yaitu 94% dengan model ResNet-32. Terakhir, Jang *et al.* [35] menggunakan *knowledge distillation* di DQN. *Research gap* nya adalah bagaimana

menerapkan *model compression* pada metode *machine learning* dalam *smart lighting* dengan arsitektur *edge computing* sehingga mendapatkan *processing time* yang optimal.

Terakhir, setelah *machine learning model* yang novel didapatkan, harus diukur apakah *user comfort* pada *smart lighting* meningkat. Beberapa paper telah mencoba mengukur *user comfort* menggunakan *smart lighting* yang mereka usulkan. Park *et al.* [36] mengukur *user comfort* dengan menggunakan kuesioner. Wang *et al.* [37] menerapkan *multivariate analysis of variance* (MANOVA) untuk melihat keterkaitan *color colerated temperature* (CCT) lampu berkaitan dengan *user comfort*. Pocu *et al.* [38] menggunakan MANOVA untuk melihat signifikansi *lighting* sebagai factor dalam *user comfort* saat menikmati siaran TV. Saad [39] mengatakan bahwa kenyamanan erat kaitannya dengan penerimaan pengguna. Paper dia adalah tentang *technology acceptance model* (TAM). TAM terdiri dari tiga *construct*: *Perceived ease of use* (PEOU), *Perceived usefulness* (PU), dan *behavioral intention* (BI). Sprenger *et al.* [40] membandingkan PEOU, PU, dan BI dari empat teknologi pembelajaran digital yang berbeda untuk melihat teknologi mana yang paling diterima oleh pengguna. Ada *research opportunity* untuk menggunakan perbandingan tiga *construct* TAM antara *smart lighting* tanpa AI dan *smart lighting* dengan AI untuk mengukur kenyamanan pengguna.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan *research gap* yang telah dibahas di subbab sebelumnya dirumuskanlah beberapa *research question* (RQ) yang dapat menjadi *research opportunity* ke depan nya. Beberapa RQ tersebut tertuang dalam rumusan permasalahan di bawah (masing-masing RQ diberi kode yang tertulis di dalam kurung):

1. Apa strategi paling efektif untuk meningkatkan akurasi *activity recognition* berbasis sensor PIR pada *smart lighting*? (RQ1)
2. Bagaimana pengaruh arsitektur novel *smart lighting* berbasis *edge computing* pada *processing time* dibandingkan dengan *cloud* dan *fog computing*? (RQ2)

3. Apakah metode *machine learning* novel mempunyai pengaruh signifikan bagi *user comfort* pada *smart lighting* sebagaimana diperlihatkan oleh perbandingan TAM? (RQ3)

1.3 Tujuan dan Hipotesis

1.3.1 Tujuan

Masing-masing rumusan permasalahan dapat dipetakan menjadi tujuan penelitian atau *research objective* yang menjadi arahan dari disertasi ini. Berikut adalah tujuan penelitian dari disertasi ini:

1. Menemukan strategi paling efektif untuk meningkatkan akurasi *activity recognition* berbasis sensor PIR pada *smart lighting*
2. Mengevaluasi pengaruh arsitektur novel *smart lighting* berbasis *edge computing* pada *processing time* dibandingkan dengan *cloud* dan *fog computing*
3. Mengevaluasi signifikansi metode *machine learning* novel pada *smart lighting* dengan *user comfort* melalui perbandingan TAM.

1.3.2 Hipotesis

Sebuah hipotesis harus diberikan kepada masing-masing *research objective*. Hipotesis sangat penting dalam sebuah disertasi karena merupakan inti dari riset yang dilakukan. Berikut adalah hipotesis untuk masing-masing *research objective*, beserta dengan premis nya:

1. Hipotesis 1:

Premis 1:

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa *moving average* dapat meningkatkan korelasi antara data *independent variable time-series* dengan *dependent variable* nya, kemudian data *dependent variable* yang mempunyai korelasi tinggi dengan *dependent variable* nya dapat memberikan prediksi yang akurat [21], [22], [23], [24], [25].

Premis 2:

Data pergerakan dari PIR adalah data *time-series*, agar klasifikasi aktifitas dari data pergerakan mempunyai kinerja bagus dibutuhkan korelasi yang tinggi antara data pergerakan dengan jenis aktifitas nya.

Hipotesis:

Penerapan *moving average* pada data pergerakan dapat meningkatkan korelasi antara data pergerakan dengan jenis aktifitas sehingga klasifikasi aktifitas dari data pergerakan akan mempunyai kinerja lebih dari 90%.

2. Hipotesis 2:

Premis 1:

Crocioni *et al.* [26] membuktikan bahwa penerapan *model compression* pada model *machine learning* dapat memperkecil ukuran *machine learning* nya sehingga dapat di-*embed* dalam mikrokontroler yang ada pada *end-device*. Meng-*embed* model pada *end-device* mengurangi *delay* yang diakibatkan komunikasi antara *end-device* dengan IoT *platform* dan *processing time* dapat menjadi optimal.

Premis 2:

Model klasifikasi novel pada *PIR sensor-based activity recognition* pada *smart lighting* menggunakan model KNN yang adalah salah satu tipe *machine learning*.

Hipotesis:

Penerapan *model compression* di model klasifikasi novel untuk *PIR sensor-based activity recognition* pada *smart lighting* dapat mengurangi ukuran model sehingga model dapat di-*embed* di *end-device*, akibatnya adalah *delay* total menjadi berkurang dan *processing time* menjadi optimal.

3. Hipotesis 3:

Premis 1:

Sprenger *et al.* [40] membandingkan TAM pada empat teknologi berbeda untuk melihat jenis pembelajaran digital mana yang lebih diterima oleh *user*. Sedangkan, Porcu *et al.* [38] mengatakan bahwa MANOVA dapat digunakan untuk membuktikan signifikansi dari sebuah faktor yang berbeda dalam dua teknologi yang diujikan ke *user*.

Premis 2:

Smart lighting dengan CIMA dan *smart lighting* tanpa CIMA adalah dua teknologi yang berbeda. Kemudian, CIMA dan tanpa CIMA adalah faktor yang berbeda dalam dua teknologi yang diujikan ke *user*.

Hipotesis:

Perbandingan TAM dapat digunakan untuk melihat *smart lighting* mana yang lebih diterima oleh *user*, di mana CIMA dan tanpa CIMA menjadi factor yang berbeda dalam dua teknologi yang diujikan ke *user*.

1.4 Kontribusi Penelitian

Sejauh pengetahuan penulis, belum pernah ada penelitian yang mengusulkan metode *PIR sensor-based activity recognition* yang novel pada *smart lighting* untuk meningkatkan *user comfort*. Dalam list kontribusi disertasi ini, metode-metode dan arsitektur novel sudah dikembangkan sebagaimana berikut:

1. *Classification-integrated moving average* (CIMA), metode *activity recognition* berbasis sensor PIR yang novel dengan peningkatan akurasi yang signifikan dan solusi berbiaya rendah dengan tetap menjaga efisiensi energi.
2. *Shuffle-split edited nearest neighbor* (SSENN), metode *model compression* novel dengan konsep pruning untuk KNN dalam kontrol *smart lighting*.

SSENN menggabungkan *random sampling* dan *edited nearest neighbor* (ENN).

3. *Quantized 8-bit k-nearest neighbor* (Q8KNN), *model compression* novel dengan konsep *quantization* untuk KNN dalam kontrol *smart lighting*.
4. *Distilled KNN* (DistilKNN), *model compression* novel dengan konsep *knowledge distillation* untuk KNN dalam kontrol *smart lighting*. DistilKNN menggunakan *deep neural network* (DNN) untuk *teacher model* dan regresi KNN untuk *student model*.
5. *Edge computing-based smart lighting* (EdgeSL), arsitektur *edge computing* novel untuk kontrol *smart lighting* dengan *processing time* optimal.
6. *Smart lighting technology acceptance model* (SLTAM), ekstensi novel dari TAM, memberikan *construct* novel terkait *user comfort* dalam teknologi *smart lighting*.
7. *Predictive TAM constructs* (PTC), *metric user comfort* novel yang dibuat dengan *QoE predictions* untuk memprediksi PEOU, PU, dan BI dalam TAM berdasarkan *true positive rate* (TPR) dari kendali status *smart lighting*.

1.5 Batasan Masalah dan Sistematika Disertasi

1.5.1 Batasan Masalah

Batasan masalah merupakan komponen penting dalam sebuah disertasi karena membantu mengarahkan penelitian agar tetap fokus dan terkendali. Batasan masalah membantu peneliti untuk menetapkan ruang lingkup penelitian mereka. Berikut ini adalah variabel-variabel pokok, lokasi, kerangka waktu, dan justifikasi disertasi ini:

1. *User comfort* dalam *smart lighting* yang dimaksud pada disertasi ini adalah *user comfort* terhadap keputusan kendali status lampu (lampu menyala atau lampu mati) bukan terhadap keputusan kendali lampu yang lain.
2. *Smart lighting* yang dirancang ditujukan untuk ruang kantor.

3. Teknologi *smart lighting* diimplementasikan menggunakan satu meja kerja.
4. 53 orang dilibatkan dalam survei TAM dalam penelitian ini.
5. Raspberry Pi 4 digunakan sebagai server *cloud* untuk sistem *smart lighting*.
6. Pada survei TAM, tirai ditutup untuk mendapatkan pencahayaan penuh dari pencahayaan buatan tanpa cahaya alami.
7. Pemrograman pada penelitian disertasi ini umumnya menggunakan Python dengan Google Colab sebagai lingkungan pengembangannya.

1.5.2 Sistematika Disertasi

Sistematika disertasi ini mengikuti runut sebagai berikut: Bab II melaporkan *systematic literature review* (SLR) yang telah dilakukan untuk mengidentifikasi literatur yang terkait dengan judul disertasi, memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang topik penelitian, melakukan sintesis kuantitatif maupun kualitatif dari berbagai paper dengan cara yang obyektif, dan mengidentifikasi tren, pola, dan celah dalam penelitian yang ada. Dari kegiatan ini, kami membentuk *mind map* dari metode-metode *machine learning* dalam *smart lighting*, melakukan perbandingan penelitian-penelitian *activity recognition* dalam *smart lighting*, membahas metrik-metrik terkait *user comfort*, dan menentukan *research opportunities*.

Bab III menjawab RQ1, yaitu “Apa strategi paling efektif untuk meningkatkan akurasi *activity recognition* berbasis sensor PIR pada *smart lighting*?” Disertasi ini mengusulkan metode model CIMA yang novel untuk memecahkan masalah dalam RQ ini. *Moving average* untuk meningkatkan korelasi fitur sensor gerak dengan kehadiran manusia, sedangkan *classification model* untuk kendali *smart lighting* berdasarkan fitur tersebut. Disertasi ini melatih model klasifikasi yang diusulkan dengan KNN, *support vector machine* (SVM), *decision tree*, dan naïve Bayes. Disertasi ini juga menggunakan metode *ensemble learning* seperti *ensemble voting* (EV) untuk meningkatkan kinerja *classical machine learning*. Sistem IoT dibangun di lingkungan test-bed untuk mengambil data pergerakan dari sensor PIR. Pada *end-device layer*, mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU. Disertasi ini membangun server Node-Red di Raspberry

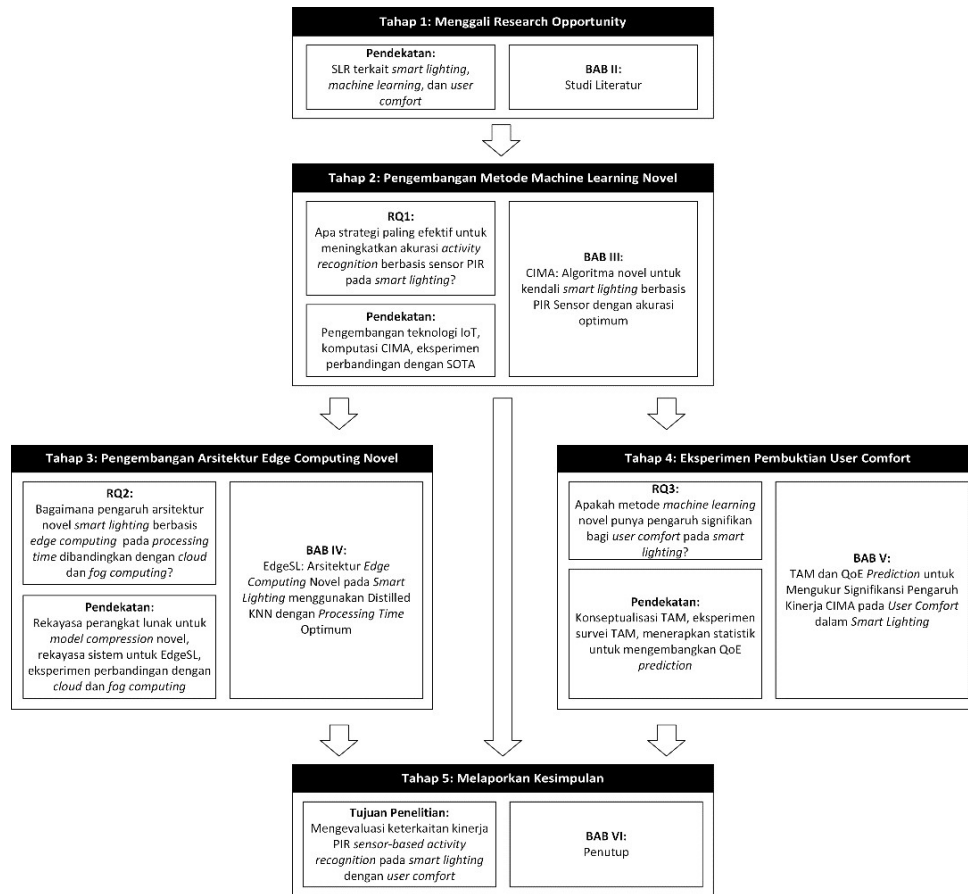
Pi di *platform layer*. Sistem tersebut menyimpan log data pergerakan dalam file *comma separated value* (CSV). Disertasi ini menggunakan parameter pengujian seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* untuk menemukan model klasifikasi yang optimal. Selain itu, untuk memeriksa *robustness* model digunakan metode *cross-validation*.

Bab IV menjawab RQ2, yaitu “Bagaimana pengaruh arsitektur novel *smart lighting* berbasis *edge computing* pada *processing time* dibandingkan dengan *cloud* dan *fog computing*?”. Sebelum membangun *smart lighting* dengan konsep *edge computing*, disertasi ini lebih dulu membuat tiga metode novel untuk melakukan *model compression* pada CIMA dengan KNN memanfaatkan tiga konsep: *pruning*, *quantization*, dan *knowledge distillation*. KNN dengan *pruning* yang kami usulkan adalah SSEN, metode *model compression* novel dengan menggabungkan *random sampling* dan ENN. KNN dengan *quantization* adalah Q8KNN, model *compression* novel dengan mengubah tipe data data latih dalam model KNN, dari 64-bit *floating point* menjadi 8-bit *integer*. KNN dengan *knowledge distillation* adalah DistilKNN, *model compression* novel dengan menggunakan DNN untuk *teacher model* dan regresi KNN untuk *student model*.

Selanjutnya, untuk menjawab RQ2, disertasi ini ini mengusulkan arsitektur *edge smart lighting* (EdgeSL), sebuah arsitektur *edge computing* untuk kendali *smart lighting* CIMA yang punya *processing time* optimum. Kami pertama-tama mengeksplorasi alasan dan apa yang dimaksud dengan *edge computing* sebagai tahap pekerjaan terkait. Kemudian pada langkah selanjutnya, kami merancang kontrol cerdas novel untuk *smart lighting* berdasarkan CIMA. Kemudian kami mengimplementasikan arsitektur *fog* dan *cloud computing*. Kami membandingkan SSEN, Q8KNN, dan DistilKNN. Terakhir, kami membandingkan evaluasi *processing time* dari *edge*, *fog*, dan *cloud computing*. Dalam evaluasi kami, kami menggunakan beberapa metrik, termasuk akurasi, *average processing time*, pengujian Shapiro-Wilk, *kernel density estimation* (KDE), *boxplot* dengan kuartil pertama (Q_1), kuartil ketiga (Q_3), *lower whisker*, dan *upper whisker*, *standard deviation* dari *processing time*, uji Wilcoxon, dan *cummulative distribution function* (CDF).

Bab V menjawab RQ3, yaitu “Apakah metode *activity recognition* novel punya pengaruh signifikan bagi *user comfort* pada *smart lighting*?” Kami memulai penelitian untuk menjawab RQ ini dengan merancang *construct* untuk TAM dan kemudian melakukan survei. Selama survei, kami juga mengukur TPR lampu dengan CIMA dan tanpa CIMA. Pada langkah selanjutnya, kami memproses data survei untuk setiap lampu tanpa CIMA dan lampu dengan CIMA. Untuk tahap TAM, akhirnya kami membuat model TAM masing-masing. Langkah selanjutnya adalah *QoE prediction*. Pertama, kami membuktikan secara akurat signifikansi korelasi antara ketiga *construct* TAM kami (PEOU, PU, dan BI). Terakhir, kami membuat *QoE prediction* dan memilih model dengan performa terbaik.

Terakhir Bab VI adalah kesimpulan dan saran. Bab ini menyimpulkan temuan penelitian, mengulang kembali dan meng-*highlight* hasil-hasil pengujian, menawarkan rekomendasi praktis atau saran untuk pengembangan selanjutnya dalam *smart lighting*, *user comfort*, dan *machine learning*, dan menyatakan kontribusi-kontribusi penting dalam disertasi. Gambar I-1 merangkum Sub-bab ini dalam bentuk bagan.



Gambar I-1. Bagan yang menjelaskan sistematika penulisan disertasi ini.

Penyusunan buku ini disertasi ini dikerjakan dari tahun 2021 semester 2 hingga tahun 2024 semester 1. Semua sistematika tersebut mengikuti sebuah *timeline* dalam rentang tahun tersebut. Studi literatur dilakukan di semester 2 tahun 2021. Submit publikasi dan *acceptance* dari publikasi nya dilakukan pada semester 1 tahun 2022. Di akhir semester tersebut dilakukan pengesahan proposal penelitian disertasi. Sambil menunggu *acceptance*, waktu riset digunakan untuk menjawab RQ1. Di tahun dan semester yang sama, dilakukan submit publikasi dari jawaban RQ1. Sambil menunggu *acceptance* dari publikasi tersebut, dilakukan usaha untuk menjawab RQ2. Semester 2 tahun 2022 diisi dengan presentasi hasil publikasi preliminary RQ2, kemudian

implementasi alat untuk menjawab RQ2. Semester 1 tahun 2023 diisi dengan menulis publikasi jawaban RQ3, submit publikasi, dan menunggu *acceptance* publikasi tersebut.

Selanjutnya, akhir dari semester 1 tahun 2023 juga digunakan untuk memulai perencanaan menjawab RQ3. Pelaksanaan menjawab RQ3 dan penulisan paper nya dilakukan di semester 2 tahun 2023. Semester 2 tahun 2024 diisi dengan menyusun buku disertasi dari publikasi-publikasi yang telah dibuat dari awal studi doktoral sampai dengan waktu tersebut. Tabel I-1 memperlihatkan *timeline* pengerjaan disertasi.

Tabel I-1. Timeline Pengerjaan Disertasi

Pekerjaan	Tahun	2021		2022		2023		2024	
	Semester	2	1	2	1	2	1	2	
Studi Literatur									
Pembuatan Proposal Penelitian Disertasi									
Menjawab RQ1									
Preliminary RQ2									
Preliminary RQ2									
Menjawab RQ2									
Menjawab RQ3									
Finalisasi Buku Disertasi									

1.6 Daftar Publikasi Disertasi

Selama masa studi disertasi doktoral, 14 publikasi berhasil dihasilkan. Tabel I-2 adalah tabel yang berisi daftar publikasi tersebut. Tiga jurnal internasional Scimago Journal Ranking (SJR) kategori Q1 telah menerbitkan tiga publikasi, di mana satu article adalah *survey paper* dan dua artikel adalah *research paper*. Dua publikasi berada adalah konferensi internasional yang terpublish dalam *book chapter* Springer, dua-dua nya Q4. Enam publikasi adalah hasil presentasi pada konferensi internasional IEEE yang terindeks Scopus. Dua publikasi telah diterbitkan di jurnal nasional terindeks SINTA: SINTA 2 dan SINTA 4. Satu paper masih dalam bentuk *draft* dan merupakan kerjasama internasional dengan TU Delft, Belanda, yang rencananya akan di-*submit* ke jurnal internasional dengan SJR Q1.

Tabel I-2. List publikasi yang berkaitan dengan disertasi smart lighting.

No.	Judul	Tahun	Jurnal/ Konferensi	Keterangan
1	<i>Improving PIR Sensor Network-Based Activity Recognition with PCA and KNN</i>	2021	ICICyta	Konferensi IEEE Terindex Scopus
2	<i>Machine Learning Methods in Smart Lighting Toward Achieving User Comfort: A Survey</i>	2022	IEEE Access	Jurnal Internasional, SJR Q1
3	<i>CIMA: A novel classification-integrated moving average model for smart lighting intelligent control based on human presence</i>	2022	Hindawi Complexity	Jurnal Internasional, SJR Q1
4	<i>Recurrent Neural Network Architectures Comparison in Time-Series Binary Classification on IoT-Based Smart Lighting Control</i>	2022	ICoICT	Konferensi IEEE Terindex Scopus
5	<i>Shuffle Split-Edited Nearest Neighbor: A Novel Intelligent Control Model Compression for Smart Lighting in Edge Computing Environment</i>	2022	ISBM	Springer Book Chapter, SJR Q4
6	<i>Office Room Smart Lighting Control with Camera and SSD MobileNet Object Localization</i>	2022	ICACNIS	Konferensi IEEE Terindex Scopus
7	<i>Q8KNN: A Novel 8-Bit KNN Quantization Method for Edge Computing in Smart Lighting Systems with NodeMCU</i>	2023	Intellisys	Springer Book Chapter, SJR Q4
8	<i>Synthetic Data with Nested Markov Chain for CIMA-Based Smart Lighting Control Deployment Simulation</i>	2023	ICoICT	Konferensi IEEE Terindex Scopus
9	<i>EdgeSL: Edge-Computing Architecture on Smart Lighting Control with Distilled KNN for Optimum Processing Time</i>	2023	IEEE Access	Jurnal Internasional, SJR Q1
10	<i>Forecasting Model for Lighting Electricity Load with a Limited Dataset using XGBoost</i>	2023	Kinetik	Jurnal Nasional, SINTA 2
11	<i>Artificial Intelligence Influence on User Comfort through Smart Lighting Technology Acceptance Model Comparison and Prediction</i>	2023	MDPI Sustainability	Jurnal Internasional, SJR Q1 (Draft)
12	<i>SLTAM: Remodelling Technology Acceptance Model to Measure User Comfort in Smart Lighting with Exploratory Factor Analysis</i>	2023	ICICyta	Konferensi IEEE Terindex Scopus
13	<i>Temporal Sequential-Artificial Neural Network Enhancements for Improved Smart Lighting Control</i>	2024	Infotel	Jurnal Nasional, SINTA 2
14	<i>HUMAN ACTIVITY RECOGNITION IMPROVEMENT ON SMARTPHONE ACCELEROMETERS USING CIMA</i>	2024	TEKTRIKA	Jurnal Nasional, SINTA 4

No.	Judul	Tahun	Jurnal/ Konferensi	Keterangan
15	<i>MNIST Image Classification with A Novel 2D-CIMA Method and Pareto Front Multi-Objective Grid Search</i>	2024	ICoICT	Konferensi IEEE Terindex Scopus
16	<i>TICKER SYMBOL IDENTIFICATION WITH CIMA ON NON-STATIONARY STOCK PRICE DATASET</i>	2024	JITK	Jurnal Nasional SINTA 2
17	<i>NearCount for Model Compression on Edge Computing-Based Smart Lighting with Product-of-Sum Function</i>	2024	SIML	Konferensi IEEE Terindex Scopus
18	<i>Cost-Complexity Pruning for AdaBoost Model Compression on Edge Smart Lighting with NoCASC</i>	2024	Comnetsat	Konferensi IEEE Terindex Scopus
19	<i>Homomorphic Encryption for Privacy Preservation in Occupancy Sensor-Based Smart Lighting</i>	2024	ICoDSA	Konferensi IEEE Terindex Scopus