

Sistem Presensi Cerdas Menggunakan WiFi-Based Indoor Positioning System (IPS) Dengan Algoritma WKNN

Salwa Haikal Harsya Al Adawiyah
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung
shrsyaa@students.telkomuniversity.ac.id

Aji Gautama Putrada
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung
ajigps@telkomuniversity.ac.id

Ikke Dian Oktaviani
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung
ikkediano@telkomuniversity.ac.id

Penelitian ini mengembangkan sistem presensi cerdas berbasis WiFi *Indoor Positioning System* (IPS) untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi verifikasi presensi di dalam ruangan, sebagai solutif atas kelemahan presensi konvensional yang rawan dimanipulasi, bergantung pada proses manual, dan memiliki akurasi rendah pada metode *Global Positioning System* (GPS). Metode fingerprinting dengan algoritma Weighted K-Nearest Neighbor (WKNN) digunakan karena keakuratannya yang tinggi, namun ukuran model yang besar tidak sesuai dengan memori Arduino Uno yang terbatas. Oleh karena itu, diterapkan metode kompresi BiRU-WKNN yang mengkombinasikan Binning Discretization dan Random Undersampling. Hasil pengujian menunjukan bahwa WKNN memiliki akurasi tinggi dengan nilai RMSE 0.67 dan R-Squared 0.994, dan setelah di kompresi ukuran model dapat diperkecil dari 62.43 KB menjadi 26.02 KB dengan R-Squared loss hanya 0.80%, sehingga model dapat dijalankan pada Arduino Uno, serta menghasilkan prototype aplikasi presensi sebagai ilustrasi implementasinya.

Kata kunci: Presensi Cerdas, *Indoor Positioning Sytem*, WiFi-RSSI, WKNN, kompresi model BiRU.

Abstract

This Study developed a smart attendance system based on WiFi Indoor Positioning System (IPS) to improve the accuracy and efficiency of attendance verification indoors, as a solution to weaknesses of conventional attendance system that are prone to manipulation, rely on manual processes, and have low accuracy using the Global Positioning System (GPS) method. The fingerprinting mthood with the Weighted K-Nearest Neighbor (WKNN) algorithm was used ude to its high accuracy, but the large model size was not compatible with the limited memory of Arduino Uno. Therefor, the BiRU-WKNN compression method, which combines Binning Discretization and Random Undersampling, was applied. Test result show that WKNN has high accuracy with an RMSE value of 0.67 and R-Squared of 0.994. after compression, the model size can be reduce from 62.43 KB to 26.02 KB with R-Squared loss only 0.80%, allowing the model to run on Arduino Uno and producing a prototype attendance application as an illustration of its implementastion.

Keywords: Smart Attendance, Indoor Positioning System, WiFi-RSSI, WKNN, BiRU model compression.

1. Pendahuluan Latar Belakang

Presensi mahasiswa adalah elemen penting bagi dunia pendidikan untuk memastikan kehadiran yang akurat dan efisien. Sistem presensi umumnya digunakan untuk menentukan apakah mahasiswa tersebut dapat mengikuti ujian atau tidak, dan dapat juga digunakan oleh dosen sebagai bahan pertimbangan dalam pemberian nilai

mahasiswa. Namun, implementasi presensi di institusi pendidikan indonesia masih menggunakan sistem presensi manual, yang memiliki permasalahan umum seperti dimana metode tanda tangan manual atau pemindaian kartu identitas disalahgunakan melalui praktik “titip absen” atau pemalsuan identitas.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, diperlukan sistem presensi yang memanfaatkan teknologi *positioning* yang dapat memverifikasi kehadiran mahasiswa secara otomatis. Teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) yang umum digunakan pada perangkat seluler menjadi salah satu implementasi pilihan. Namun, pendekatan ini terbukti tidak optimal untuk lingkungan dalam ruangan. Keterbatasan tersebut disebabkan oleh karakteristik fisik bangunan, seperti struktur beton, dinding yang terinsulasi dan kompleksitas tata ruang yang menyebabkan efek *multipath*, sehingga akurasi mengalami degradasi *error* mencapai 10-15 meter [1]. Oleh karena itu, alternatif yang lebih sesuai adalah *WiFi-Based Indoor Positioning System* (IPS), karena infrastruktur *access point*nya sudah terpasang secara luas sehingga tidak memerlukan pembangunan jaringan tambahan, dan biaya implementasi yang rendah, serta *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dapat diperoleh langsung melalui ponsel [2]. Diantara berbagai metode penentuan posisi berbasis WiFi, metode *fingerprinting* telah terbukti menjadi metode paling efektif untuk diaplikasikan didalam ruangan dengan memanfaatkan karakteristik dari sinyal yang dikumpulkan [3].

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa Weighted K-Nearest Neighbor memiliki keunggulan dalam penggunaan sistem IPS. Dalam penelitiannya, Salim dkk [4], menyebutkan bahwa penggunaan WKNN mampu meningkatkan akurasi dalam proses penentuan lokasi. Selain itu, Liu dkk [5], mengungkapkan bahwa berbeda dengan K-Nearest Neighbord (KNN) yang memperlakukan hal yang sama pada setiap tetangga, WKNN sebaliknya memberikan bobot lebih besar pada titik referensi yang memiliki kesamaan sinyal tertinggi, sehingga hasil estimasi relatif lebih adaptif pada flutasi sinyal dan gangguan lingkungan.

Di sisi lain, sistem presensi cerdas berbasis IPS berbiaya rendah dapat diinisiasi menggunakan node acuan yang terjangkau, dengan menggunakan Arduino Uno dan modul Bluetooth HC-05. Masalahnya Arduino Uno memiliki kapasitas memori 32 KB [6]. Disisi lain, Tamara dkk [7] menyatakan bahwa WKNN adalah *lazy learning*, yang berarti semakin besar dataset maka

ukuran model juga ikut membesar. Hal ini memberikan peneliti kesempatan untuk mengusulkan metode kompresi model WKNN sehingga dapat dimuat dalam memori terbatas Arduino Uno.

Topik dan Batasannya

Penelitian ini mengembangkan sistem presensi cerdas berbasis IPS menggunakan algoritma WKNN untuk meningkatkan akurasi penentuan lokasi dalam ruangan, karena GPS memiliki tingkat kesalahan tinggi di lingkungan indoor. Tantangan utama penelitian ini adalah ukuran model WKNN yang besar akibat sifat lazy learning, sementara Arduino Uno hanya menyediakan memori 32 KB. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, diusulkan metode kompresi BiRU-WKNN yang memadukan Binning Discretization dan Random Undersampling guna mengecilkan ukuran model tanpa menurunkan akurasi secara signifikan. Evaluasi dilakukan menggunakan seribu data sintetik berbasis dataset Kaggle dengan membandingkan WKNN dan Decision Tree melalui metrik RMSE, R-Squared, ukuran model, dan compression ratio. Penelitian dibatasi pada ruang berukuran 247×438 cm dengan tiga access point tetap, serta fokus pada implementasi WKNN dan Decision Tree, sementara aplikasi presensi yang dibuat hanya menampilkan fungsi dasar tanpa pengujian pengguna agar penelitian tetap terarah dan dapat diselesaikan dalam cakupan yang realistis.

Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang sistem presensi cerdas berbasis IPS yang mampu beroperasi menggunakan perangkat berbiaya rendah seperti Arduino Uno dan modul bluetooth HC-05. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan meningkatkan akurasi estimasi lokasi pada sistem IPS melalui penerapan algoritma WKNN. Di samping itu, penelitian ini mengembangkan dan menerapkan metode kompresi BiRU-WKNN untuk memperkecil ukuran model WKNN agar dapat dijalankan pada perangkat dengan keterbatasan memori, namun tetap mempertahankan tingkat akurasi yang optimal. Tabel 1 menunjukkan keterkaitan antara tujuan, pengujian, dan kesimpulan

TABEL 1

Tabel keterkaitan antara tujuan, pengujian, dan kesimpulan

No	Tujuan	Pengujian	Kesimpulan
1	Merancang sistem presensi cerdas berbasis IPS yang akurat menggunakan perangkat biaya rendah (Arduino Uno + HC 05).	Pengujian akurasi estimasi lokasi IPS menggunakan WKNN vs Decision Tree pada dataset synthetic + data augmentasi (mengukur R^2 dan RMSE).	Sistem presensi mampu menentukan lokasi secara akurat dan bekerja stabil dengan perangkat low-cost.
2	Meningkatkan akurasi estimasi lokasi dengan menerapkan algoritma WKNN.	Perbandingan performa algoritma WKNN dengan Decision Tree	WKNN terbukti memberikan akurasi lebih tinggi

		menggunakan	ggi dibandingkan model
		metrik RMSE dan R^2	pembandingan.
3	Menegmbangkan dan menerapkan metode kompresi BiRU-WKNN agar dapat berjalan di memori terbatas tanpa penurunan akurasi signifikan.	Pengujian kompresi model melalui perhitungan model size, compression ratio (CR), dan R^2 loss sebelum dan sesudah kompresi	BiRU-WKNN mampu mengurasngi ukuran model secara signifikan dengan kehilangan akurasi yang sangat kecil dan memenuhi batas memori Arduino Uno

Organisasi Tulisan

Sistematis penulisan pada jurnal ini adalah sebagai berikut: Bab II membahas penelitian-penelitian terkait yang menjadi dasar dan acuan dalam pengembangan sistem presensi berbasis IPS serta metode kompresi model. Bab III menjelaskan teori-teori pendukung dan metodologi penelitian, termasuk perancangan sistem proses pembuatan dataset, algoritma WKNN, serta metode kompresi BiRU-WKNN yang diusulkan. Bab IV menyajikan hasil pengujian, analisis performa model, serta pembahasan mengenai efektivitas metode yang diterapkan. Terakhir, Bab V berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

2. Studi Terkait

Beberapa penelitian telah menggunakan *Indoor Positioning System* (IPS) untuk sistem presensi cerdas. Sekiguchi dkk [8] menggunakan WiFi IPS untuk sistem presensi dalam sistem pendidikan, pada sistem ini memperlihatkan fitur yang dapat memperkirakan waktu perjalanan antara kelas. Sementara itu, Hartiwi dkk [9] berhasil melacak presensi secara otomatis karena menggunakan IPS. Penelitian tersebut disimpulkan bahwa penggunaan IPS dalam sistem presensi mampu mengurangi tingkat ketidakhadiran dan bentuk kecurangan lainnya.

Sejumlah penelitian telah menerapkan algoritma WKNN pada IPS untuk meningkatkan akurasi estimasi lokasi. Li dkk [10] mengusulkan metode pemilihan *access point* (AP) secara komprehensif dengan mempertimbangkan kestabilan dan kehilangan sinyal RSSI, dan hasilnya menunjukkan peningkatan akurasi hingga 1,18 meter. Sementara itu, Yang dkk [11] menggunakan *Gaussian filtering* pada RSSI untuk membangun *fingerprinting* yang lebih stabil, dan menemukan bahwa WKNN memberikan akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan NN dan KNN. Temuan dari kedua studi ini menunjukkan adanya peluang untuk menerapkan IPS berbasis WKNN dalam sistem kehadiran.

Beberapa penelitian telah menggunakan metode

kompresi model untuk memperkecil ukuran model *machine learning*. Iswara dkk [12] memanfaatkan pendekatan faktorisasi peringkat rendah untuk mengecilkan model *deep learning*, dan hasilnya menunjukkan bahwa optimasi peringkat dapat menghasilkan model yang lebih kecil tanpa mengurangi performa. Sementara itu, Adipura dkk [13] mengusulkan metode *knowledge distillation* dan kuantisasi untuk melakukan kompresi pada model Long Short-Term Memory (LSTM) dalam sistem pemantauan non-intrusif (NILM), yang melibatkan tiga perangkat: stopkontak listrik, AC, dan lampu. Temuan temuan tersebut membuka peluang untuk menerapkan metode kompresi serupa pada model WKNN. Tabel 1 menyajikan ringkasan tentang berbagai studi yang dibahas serta kontribusi utama penelitian

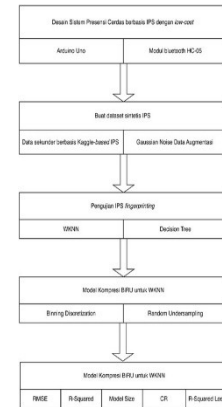
TABEL 2

Perbandingan Studi Terkait dengan metode yang diusulkan

Cite	Sistem Presensi Cerdas	WKNN	Model Kompresi
[8]	✓	✗	✗
[9]	✓	✗	✗
[10]	✗	✓	✗
[11]	✗	✓	✗
[12]	✗	✗	✓
[13]	✗	✗	✓
Usulan metode	✓	✓	✓

3. Sistem yang Dibangun

Pada bagian ini dijelaskan rancangan dan sistem presensi cerdas berbasis *Indoor Positioning Sytem* (IPS) yang dikembangkan menggunakan metode BiRU-WKNN. Sistem ini dirancang agar dapat berjalan pada perangkat berbiaya rendah seperti Arduino Uno dan modul Bluetooth HC-05, sehingga keseluruhan proses akuisisi sinyal, pemetaan lokasi, serta validasi presensi dapat dilakukan tanpa kebutuhan perangkat mahal. Pada gambar 1 menunjukkan alur kerja dari sistem yang diusulkan



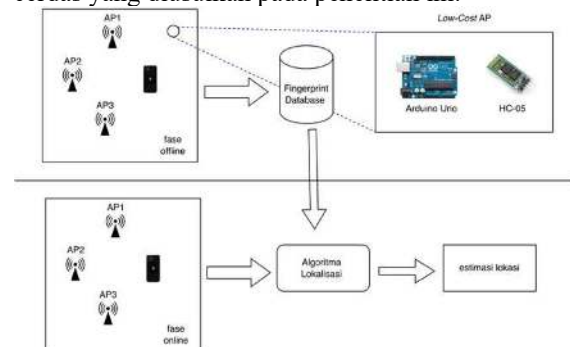
GAMBAR 1

Work Chart penelitian yang diusulkan

Arsitektur Sistem Presensi Berbasis IPS

Mekanisme kerja IPS berbasis metode *fingerprinting* yang terdiri dua fase, yaitu fase offline dan fase online. Pada fase offline, perangkat *low-cost access point* (AP) berupa Arduino Uno dan modul bluetooth HC-05 memancarkan sinyal RSSI dari tiga AP yang ditempatkan pada titik tetap. Ponsel melakukan pengukuran RSSI pada berbagai *reference point* (RP) didalam ruangan, kemudian seluruh nilai RSSI disimpan sebagai *signal map* dalam *fingerprint database*. Database ini menjadi referensi utama pada proses estimasi posisi pada fase selanjutnya.

Pada fase online, ponsel kembali menangkap nilai RSSI dari AP yang sama. Nilai RSSI ini kemudian dimasukan kedalam algoritma lokalisasi. Algoritma tersebut, akan mencocokkan pola RSSI yang baru dengan *fingerprinting database* yang telah disusun pada fase offline untuk menghasilkan estimasi lokasi secara real-time. Gambar 2 menunjukkan arsitektur sistem presensi cerdas yang diusulkan pada penelitian ini.



GAMBAR 2

Arsitektur sistem presensi cerdas IPS low-cost yang diusulkan

Perancangan Sistem Presensi Berbasis IPS

Sistem presensi cerdas dibangun mengadopsi pendekatan *low-cost* dengan menggunakan Arduino Uno dan modul bluetooth HC-05 sebagai anchor node. Sistem terdiri dari dua fase, yaitu fase Offline dan fase online. Pada tahap offline ini, nilai RSSI dari tiga *access point* dikumpulkan pada titik-titik referensi didalam ruangan untuk membentuk *fingerprinting database*. RSSI diambil sebanyak K kali pada setiap titik referensi untuk mengurangi fluktuasi sinyal. Nilai rata-rata dihitung menggunakan:

$$\overline{RSSI}_{i,j} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K RSSI_{i,j}^k$$

Fingerprint dari tiap titik reference direpresentasikan sebagai vektor:

$$\overrightarrow{RSSI_j} = [RSSI_{1,j}, RSSI_{2,j}, \dots, RSSI_{N,j}]$$

Pada fase online ini, perangkat pengguna membaca nilai RSSI dari AP yang sama, nilai RSSI baru dihitung jaraknya terhadap seluruh fingerprint:

$$L_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (RSSI_j - RSSI_{i,j})^2}$$

WKNN memberikan bobot yang lebih besar untuk titik referensi dengan jarak lebih kecil:

$$w_k = \frac{1}{L_k}$$

lalu algoritma melakukan pencocokan terhadap fingerprint database untuk menentukan posisi pengguna sehingga presensi dapat diverifikasi. Perkiraan posisi di hitung menggunakan weighted average:

$$P = \frac{\sum_{k=1}^k w_k \cdot P_k}{\sum_{k=1}^k w_k}$$

Pembuatan Data Sintetik

Dataset utama yang digunakan merupakan dataset sintetik sebanyak 1.000 data yang dibangun berdasarkan dataset *Indoor Positioning* dari Kaggle. Dataset sintetik dibuat menggunakan teknik Gaussian Noise Augmentation untuk meniru variasi sinyal nyata seperti *multipath* dan interferensi lingkungan. Standar deviasi optimal untuk penambahan noise ditentukan secara empiris yaitu 0.01, sehingga dataset tetap realistis dan stabil untuk proses pelatihan algoritma WKNN.

Metode Kompresi BiRU-WKNN

Karena WKNN adalah *lazy learning*, ukuran model sangat bergantung pada jumlah data. Untuk mengatasi hal ini, diusulkan metode kompresi BiRU yang mengkombinasikan Binning Discretization dan Random Undersampling. Gambar 3 menunjukkan algoritma BiRU.

Algorithm 1 Algoritma BiRU Baru untuk Kompresi WKNN

Require: X, y, k

Ensure: $X_{\text{final}}, y_{\text{final}}$

1: // Binning Discretization

2: Dengan partisi x dari fitur j ($x \in X, j \in J$) ke k bin $B_{i,j}$ menggunakan persamaan berikut:

$$\bigcup_{i=1}^k B_{i,j} = \text{range}(x_j)$$

3: Kemudian, dataset yang telah diubah berikut ini diperoleh:

$$X_{\text{binned}} \in \{0, \dots, k-1\}^{n \times J}$$

4: // Random Undersampling

5: Pilih secara acak n contoh dari kelas mayoritas, di mana n adalah jumlah contoh dari kelas minoritas, sehingga:

$$X_{\text{final}}, y_{\text{final}} \subseteq X_{\text{binned}}, y$$

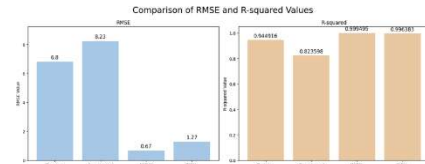
6: return $X_{\text{final}}, y_{\text{final}}$

GAMBAR 3
Algoritma BiRU

4. Hasil Pengujian

Pengujian Akurasi Estimasi Lokasi

Pengujian akurasi dilakukan menggunakan 1.000 data sintetik yang didapatkan melalui Gaussian noise augmentation berdasarkan dataset IPS dari Kaggle. Metode ini menghasilkan variasi sinyal yang menyerupai kondisi nyata, dengan standar deviasi 0.01 sebagai nilai optimal. Dataset tersebut digunakan untuk menguji dua algoritma, yaitu WKNN dan Decision Tree.



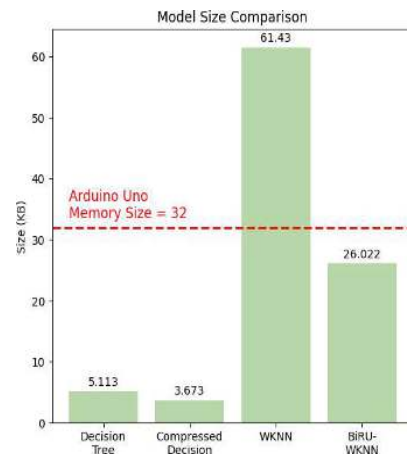
GAMBAR 4

Perbandingan nilai RMSE dan R-Squared

Hasil pada gambar 4 menunjukkan bahwa WKNN memiliki akurasi estimasi lokasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan Decision Tree. WKNN menghasilkan kesalahan prediksi yang sangat kecil dengan RMSE sekitar 0.67 dan nilai R-Squared 0.994 yang hampir mendekati satu, sehingga mampu merepresentasikan hubungan RSSI dan posisi secara akurat. Sebaliknya, Decision Tree menghasilkan error lebih besar dan akurasi yang lebih rendah, sehingga kurang sesuai untuk sistem presensi berbasis positioning. Setelah dilakukan kompresi model, dilakukan evaluasi lanjutan untuk melihat dampaknya terhadap performa. Pada Decision Tree, kompresi menyebabkan penurunan akurasi yang cukup signifikan karena nilai R-Squared turun jauh dari kondisi awal. Sementara itu, kompresi pada WKNN melalui metode BiRU-WKNN hanya menurunkan performa dalam jumlah yang sangat kecil, di mana nilai R-Squared setelah kompresi tetap mendekati nilai sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa metode BiRU mampu mengompresi model secara efektif tanpa mengganggu akurasi estimasi lokasi dari WKNN.

Pengujian Ukuran model sebelum dan sesudah kompresi

Pada tahap ini dilakukan evaluasi ukuran model sebelum dan sesudah kompresi. Model WKNN awalnya berukuran lebih dari 60 KB sehingga tidak dapat dimuat pada Arduino Uno yang hanya memiliki memori 32 KB, sedangkan Decision Tree memang berukuran kecil namun tidak cukup akurat untuk kebutuhan sistem presensi. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode BiRU-WKNN diterapkan dengan menggabungkan Binning Discretization dan Random Undersampling. Hasil kompresi menunjukkan bahwa ukuran model WKNN berhasil diperkecil menjadi sekitar 26 KB, sehingga sudah sesuai dengan batas memori Arduino Uno.



GAMBAR 5
Model Size Comparison

Hasil Implementasi Aplikasi Presensi

Selain pengujian algoritma, penelitian ini juga menghasilkan aplikasi presensi yang memanfaatkan IPS sebagai validasi lokasi. Aplikasi ini melakukan dua proses verifikasi sebelum *check-in* berhasil, yaitu memastikan perangkat terhubung dengan jaringan kampus dan memastikan posisi pengguna dalam zona koordinat yang sesuai.



GAMBAR 6
UI aplikasi presensi

Analisis Hasil Pengujian

Pengujian akurasi dilakukan menggunakan seribu data sintetik yang dibangun dari dataset IPS Kaggle melalui Gaussian noise augmentation dengan standar deviasi 0.01, dan hasilnya menunjukkan bahwa WKNN memiliki performa jauh lebih baik daripada Decision Tree karena menghasilkan kesalahan prediksi yang sangat kecil dan nilai R-Squared hampir sempurna. Namun, ukuran model WKNN yang mencapai lebih dari enam puluh kilobyte melampaui kapasitas memori Arduino Uno, sehingga dilakukan kompresi menggunakan metode BiRU-WKNN yang mampu menurunkan ukuran model hingga berada dalam batas memori perangkat. Setelah kompresi, WKNN tetap mempertahankan akurasi tinggi dengan penurunan nilai R-Squared yang sangat kecil, berbeda dengan Decision Tree yang mengalami degradasi akurasi signifikan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa WKNN tidak hanya unggul dari sisi akurasi, tetapi juga tetap stabil setelah kompresi, sehingga BiRU-WKNN menjadi solusi yang paling efektif untuk sistem presensi cerdas berbasis IPS yang membutuhkan estimasi lokasi presensi pada perangkat dengan memori terbatas.

5. Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan sistem presensi cerdas berbasis IPS menggunakan Arduino Uno dan modul HC-05 sebagai perangkat low-cost, namun menghadapi kendala kapasitas memori ketika WKNN digunakan karena sifatnya yang lazy learning dan membutuhkan penyimpanan data besar. Untuk mengatasi hal tersebut, diusulkan metode BiRU-WKNN yang mengombinasikan Binning Discretization dan Random Undersampling sebagai teknik kompresi model. Hasil pengujian menunjukkan bahwa WKNN memiliki performa jauh lebih baik daripada Decision Tree, dengan nilai R-Squared 0.999 dan RMSE 0.67, sedangkan Decision Tree hanya mencapai R-Squared 0.945 dan

RMSE 6.80. Selain itu, ukuran model WKNN yang semula 61.43 KB berhasil diperkecil menjadi 26.02 KB setelah kompresi, sehingga dapat dijalankan pada Arduino Uno dengan compression ratio $2.63\times$ dan penurunan akurasi yang sangat kecil, yaitu hanya 0.80%. Penelitian ini juga menghasilkan sebuah prototype aplikasi presensi yang mengintegrasikan estimasi lokasi dan validasi jaringan sebagai ilustrasi implementasi sistem, meskipun belum diuji di kondisi nyata. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa BiRU-WKNN efektif sebagai metode kompresi untuk memungkinkan penerapan WKNN pada perangkat low-cost, sekaligus mempertahankan akurasi tinggi dalam sistem presensi berbasis IPS.

Daftar Pustaka

- [1] Khanh, T. T., Nguyen, V., Pham, X. Q., & Huh, E. N. (2020). Wi-Fi indoor positioning and navigation: a cloudlet-based cloud computing approach. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 10(1), 32.
- [2] Careem, A. A., Ali, W. H., & Jasim, M. H. (2020, April). Wirelessly indoor positioning system based on RSS Signal. In *2020 International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSASE)* (pp. 238-243). IE
- [3] Shang, S., & Wang, L. (2022). Overview of WiFi fingerprinting-based indoor positioning. *Iet Communications*, 16(7), 725-733
- [4] Naderi Salim, S., Alizadeh Elizei, M., Chamankar, S., & Schuh, H. (2023). Improved Indoor Positioning Using Fingerprint Technique and Weighted K-Nearest Neighbour. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10, 575-580.
- [5] Liu, S., De Lacerda, R., & Fiorina, J. (2022, June). Performance analysis of adaptive K for weighted K-nearest neighbor based indoor positioning. In *2022 IEEE 95th Vehicular Technology Conference:(VTC2022-Spring)* (pp. 1-5). IEEE.
- [6] amrakar, P., & Ibrahim, S. S. (2021). Lazy learning associative classification with WkNN and DWkNN algorithm. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 37, p. 01023). EDP Sciences.
- [7] ham, L. V., Nguyen, Q. T., Pham, X. T., Nguyen, D. D., Le, M. T., & Nguyen, Q. C. (2022). Indoor Localization Based WiFi and BLE Technologies. *Journal of Measurement, Control, and Automation*, 3(2), 3-8.
- [8] Sekiguchi, R., Kawakatsu, M., & Ohya, M. (2021, March). Education Support System Using Indoor Position Information and Physical Activity. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1824, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- [9] Hartiwi, Y., Rasywir, E., Pratama, Y., & Jusia, P. A. (2020). Eksperimen Pengenalan Wajah dengan fitur Indoor Positioning System menggunakan Algoritma CNN. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 22(2), 109-116.
- [10] Li, X., Deng, Z., Yang, F., Zheng, X., Zhang, L., & Zhou, Z. (2021, September). WiFi indoor location method based on RSSI. In *2021 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)* (Vol. 2, pp. 1036-1040). IEEE.

- [11] Yang, G. H., & Fu, S. B. (2018, December). Research on indoor location algorithm based on WIFI. In Proceedings of the International Symposium on Big Data and Artificial Intelligence (pp. 157-160).
- [12] Iswara, G. N., Putrada, A. G., & Nuha, H. H. (2024, December). Low-Rank Factorization for Edge Computing in Fall Detection with Wearable Sensors. In 2024 International Conference on Intelligent Cybernetics Technology & Applications (ICICyTA) (pp. 549-554). IEEE.
- [13] Adiputra, M. N., Putrada, A. G., & Oktaviani, I. D. (2024, December). DistilQ-NILM: A Hybrid Quantization-Knowledge Distillation LSTM Model for Edge-Based Load Monitoring. In 2024 International Conference on Intelligent Cybernetics Technology & Applications (ICICyTA) (pp. 284-289). IEEE.