



DB-K-IWKNN: OPTIMASI KERANGKA KERJA METODE SIDIK JARI PADA TEKNIK PEMOSISIAN OBJEK DALAM RUANG BERBASIS WI-FI

Nicolas C. (17/413565/TK/46005)

Pembimbing I : Dwi Joko Suroso S.T., M.Eng.

Pembimbing II : Muhammad Reza Kahar Aziz, ST, MT, PhD.

Outline

1. Pendahuluan
2. Tinjauan Pustaka
3. Dasar Teori
4. Pelaksanaan Penelitian
5. Hasil & Pembahasan
6. Kesimpulan & Saran



Pendahuluan

Latar Belakang:

Location-Based Service (LBS)

1

LBS merupakan layanan informasi atau teknologi yang digunakan untuk menemukan lokasi perangkat.

2

Penerapan LBS dapat mencakup di sejumlah sektor meliputi bangunan, transportasi, medical service.

3

Sebagian besar produk LBS masih mengadopsi teknologi GPS.



Google Maps

Google Maps
(Sumber: <https://terralogiq.com/>)

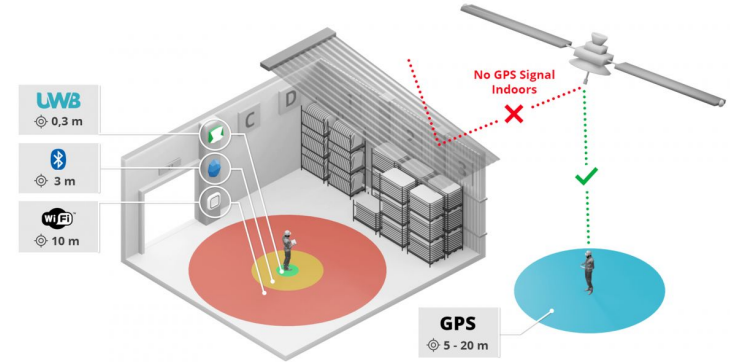


Startups yang menggunakan GPS.
(Sumber: gojek.com, grab.com)

Latar Belakang:

Global Positioning System (GPS)

- 1 GPS atau GNSS merupakan sistem navigasi dan penentuan posisi berbasis satelit.
- 2 Penggunaan GPS pada luar ruangan (*outdoor*) cukup baik, namun tidak untuk *indoor* [1].
- 3 Pemblokiran sinyal oleh bangunan dan dinding, memberikan efek destruktif pada sinyal.



GPS for outdoor vs indoor.

(Sumber : <https://www.sewio.net/indoor-gps-tracking/>)

LANTAS SOLUSI UNTUK INDOOR ??

Latar Belakang:

Indoor Positioning System (IPS)



Ilustrasi IPS dalam bangunan.

(Sumber: <https://www.indoora.com/technology/>)

1

Indoor Positioning System (IPS) adalah teknologi informasi untuk menentukan posisi objek di dalam ruangan.

2

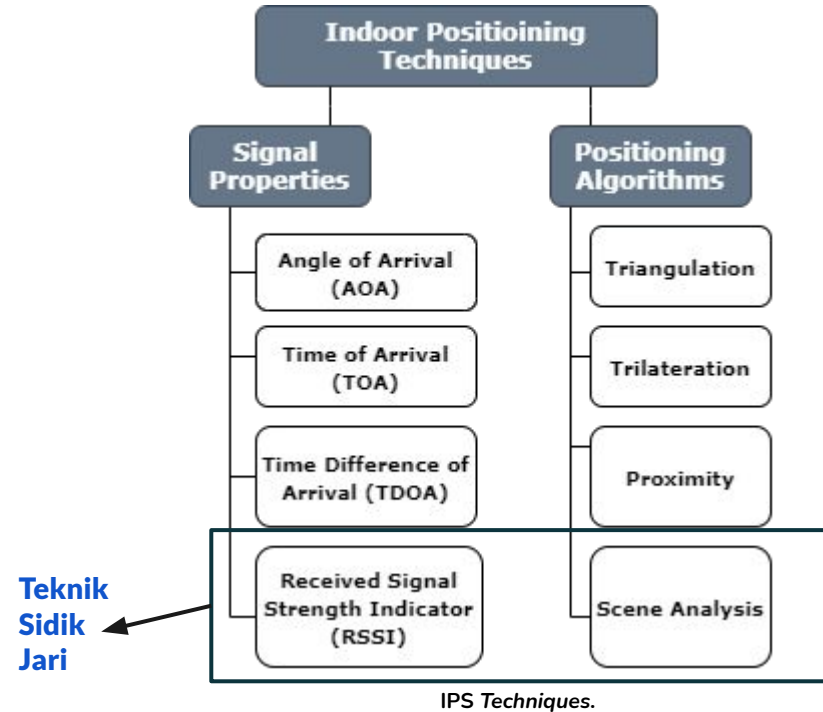
Menggunakan teknologi jaringan seperti WiFi, Bluetooth, RFID, dsb.

3

WiFi disebut sebagai salah satu teknologi yang populer digunakan [2].

Latar Belakang: *IPS Techniques*

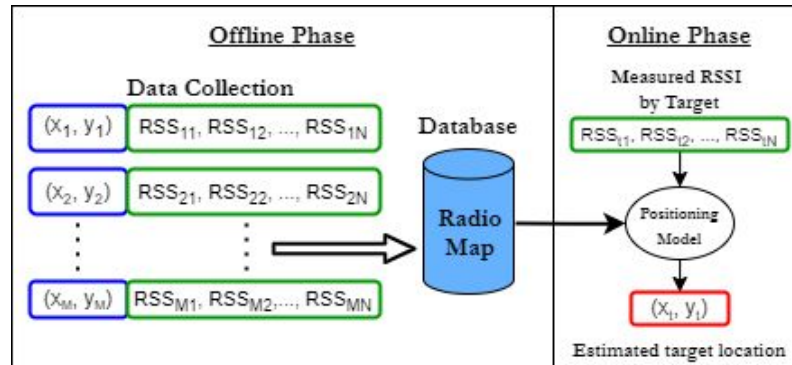
- 1 Teknik pada IPS dibagi menjadi komponen properti sinyal dan algoritma pemosisian [3].
- 2 Properti sinyal RSSI unggul pada aspek **low cost**.
- 3 Algoritma *scene analysis* unggul pada aspek presisi dan **performansi**.



Latar Belakang:

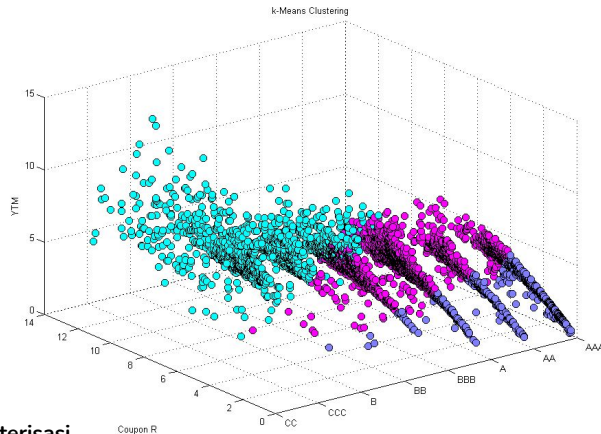
Teknik Sidik Jari

- Merupakan salah satu contoh teknik pencocokan fitur sidik jari dengan parameter kuat sinyal radio.
- Teknik sidik jari terbagi atas dua tahapan meliputi tahap *offline* dan *online*.



Skema teknik sidik jari.

Latar Belakang: Teknik Sidik Jari (cont.)



Teknik klasterisasi
(Sumber: mathworks.com)

1

Teknik sidik jari masih terkendala pada kompleksitas komputasi dan akurasi pemosisian sedang.

2

Salah satu cara mengurangi kompleksitas komputasi tersebut dapat dicapai lewat pembentukan klaster pada tahap *offline* [4]-[5].

3

Sejumlah peneliti menyajikan langkah optimasi dalam bentuk kerangka teknik sidik jari.

[4] A. Abusara, et. al. "Reduced-complexity fingerprinting in WLAN-based indoor positioning. *Telecommun.*". 2017 ; 65:407–417.

[5] W.X. Xue , et. al. "A new weighted algorithm based on the uneven spatial resolution of RSSI for indoor localization". 2018 *IEEE Access*. 2018;6:26588–26595.

Latar Belakang:

Kerangka Teknik Sidik Jari

KNN-Kmeans

Pengelompokan
Kmeans tahap
offline [6].

KNN-DBSCAN

Pengelompokan
DBSCAN tahap
offline [7].

KNN-HFSCE

DBSCAN tahap
offline dan WKNN
tahap *online* [8].

[6] B. Altintas, et.al. "Improving RSS-Based Indoor Positioning Algorithm via K-Means Clustering," 2011 17th European Wireless 2011 - Sustainable Wireless Technologies, 2011.

[7] H. Shan., "Indoor Location Method Based on Data Mining", in Association for Computing Machinery, ICSCC 2019. Proceedings of the 2019 5th International Conference on Systems, Control and Communications December 2019. Pages 11–15.

[8] H. Li, et. al., "Handling Fingerprint Sparsity for Wi-Fi Based Indoor Localization in Complex Environments," 2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation, 2019.

Latar Belakang:

Kerangka Teknik Sidik Jari

KNN-Kmeans

Pengelompokan
Kmeans tahap
offline.



Tidak cukup baik
mengatasi data gangguan.

KNN-DBSCAN

Pengelompokan
DBSCAN tahap
offline.



Tidak baik mengatasi pada
data berdimensi besar.

KNN-HFSCE

DBSCAN tahap
offline dan WKNN
tahap *online*.



Belum akurat karena
mengeksplorasi fitur
spasialnya saja.

Tujuan Penelitian

1

Merancang dan membangun sistem akuisisi data sinyal RSSI berbasis protokol sinyal Wi-Fi sebagai langkah awal dalam proses pengambilan data.

2

Merancang & membangun kerangka hybrid klasterisasi DBSCAN K-means dan *Improved* WKNN sebagai langkah optimasi penanganan data terkategori *outlier* pada teknik pemosisian objek dalam ruang berbasis sidik jari.

3

Mengkaji performa kerangka optimasi usulan dengan membandingkannya dengan sejumlah kerangka *state-of-art* teknik pemosisian objek dalam ruang berbasis sidik jari.

Batasan Masalah

1

Test-bed eksperimen yang dipakai berupa area 4m x 4m dengan 4 titik AP, jumlah target 1 buah, ketinggian masing-masing divais 1m, dan densitas petak 1 m.

2

Pola radiasi antena *patch* pada ESP32 dilihat sebagai polarisasi *omnidirectional*.

3

Evaluasi kinerja kerangka optimasi hanya ditinjau dari aspek *error* pemosisian.



Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka

Tahun	Penulis	Judul	Metode	Evaluasi	Perangkat	Test-Bed	Kesimpulan	Lain-lain
2011	D.J. Suroso, P. Cherntanomwong, P. Sooraksa, J. Takada.	Fingerprint-based technique for indoor localization in wireless sensor networks using Fuzzy C-Means clustering algorithm	Fuzzy C-Means pada tahap <i>offline</i> . Pencocokkan tetangga terdekat pada tahap <i>online</i> dengan Euclidean Distance.	Uji titik dengan penjejakan diagonal, horizontal, dan vertikal.	Zigbee	Koridor Gedung Universitas. 5m x 5m 1m petak 4 AP & 36 RP.	Rerata eror pemosisian < 0.7 m terhadap seluruh skenario pengujian.	Pendekatan klasifikasi pada model pencocokkan.
2011	B. Altintas, T. Serif	Improving RSS-Based Indoor Positioning Algorithm via K-Means Clustering	K-means pada tahap <i>offline</i> . Model pencocokkan KNN dengan Euclidean Distance.	Uji titik atau <i>stationary test</i> dengan variasi jumlah AP.	WiFi	Gedung Universitas. 500m ² 5 AP & 57 RP.	Error minimal 2.68 m ± 1.66 m. Semakin banyak AP dilibatkan eror semakin minim.	KNN terkluster mengungguli KNN tradisional.
2019	ShanHu	Indoor Location Method Based on Data Mining.	Eliminasi nilai RSSI abnormal lewat penerapan DBSCAN pada tahap <i>offline</i> . Model pencocokkan KNN dengan Euclidean Distance.	Perbandingan eror pemosisian terhadap KNN tradisional.	WiFi	Ruangan Gedung 20 m x 15 m 6 AP 1000 test point	Nilai rerata eror pemosisian dibawah 2.04 m	Nilai K klaster adalah 60 and parameter <i>minpts</i> adalah 17.
2019	H. Li, J. K. Ng, & K. Liu	Handling Fingerprint Sparsity for Wi-Fi based Indoor Localization in Complex Environments.	DBSCAN pada tahap <i>offline</i> . Tahap <i>online</i> didekati dengan KNN regresi untuk data terkategori inti, dan WKNN untuk data terkategori <i>noises</i> .	Pengujian kerangka kerja pada sejumlah <i>baseline</i> model lokalisasi, relatif terhadap gangguan dinamis ruang.	WiFi	Lantai 112 m x 44 m 20 to 150 MAC 111 RP 1501 unik MAC	Pengujian sejumlah <i>baseline model</i> dengan kerangka kerja bekerja lebih baik daripada <i>baseline model</i> tradisional.	Pendekatan regresi dipilih sebagai pendekatan lokalisasi.
2020	X. Peng, R. Chen, K. Yu, F. Ye, & W. Xue	An Improved Weighted K-Nearest Neighbor Algorithm for Indoor Localization	Penggunaan multiplikasi bobot Euclidean Distance pada proyeksi fisik dan spasial data untuk proses estimasi posisi.	Perbandingan eror lokalisasi terhadap KNN tradisional, Euclidean Distance based WKNN, Manhattan WKNN, Physical WKNN.	WiFi	Bangunan Gedung 38 m x 50 m 68 RP >100 AP 180 test points	Metode baru usulan mampu secara superior mengungguli metode pembanding lain.	Keterlibatan jarak fisik mampu meningkatkan kinerja sistem dalam meningkatkan akurasi lokalisasi.
2021	N. Christianto, D.J. Suroso, M.R.K. Aziz	DB-K-IWKNN: Framework Optimization Of Fingerprint Method For Wi-Fi Based Indoor Positioning Technique	Penggunaan DB-Kmeans pada tahap <i>offline</i> . Tahap <i>online</i> didekati dengan KNN regresi dan Improved WKNN (I-WKNN)	Pengujian kerangka kerja pada sejumlah <i>baseline</i> model lokalisasi. Evaluasi uji penjejakan diagonal dilakukan.	WiFi	Ruangan Rumah 4m x 4m 4 AP & 25 RP	Kerangka usulan mampu secara superior mengungguli kerangka pembanding lain.	Pengujian terhadap bermacam-macam lingkungan uji. Turunan dan optimasi dari KNN-HFSCE.



Dasar Teori

Model *Path Loss*

Pathloss secara umum didefinisikan sebagai penurunan kuat medan secara menyeluruh sesuai bertambah jauhnya jarak antara pemancar dan penerima.

Model *Pathloss*

$$P(d) = P(d_0) - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right)$$

$$d = d_0 10^{\left(\frac{P(d_0) - P(d)}{10n} \right)}$$

Keterangan:

$P(d)$ = Daya terima pada jarak d (dBm)

$P(d_0)$ = Daya terima pada jarak d_0 (dBm)

d = Jarak pengukuran (meter)

d_0 = Jarak acuan / *benchmark* = 1 meter

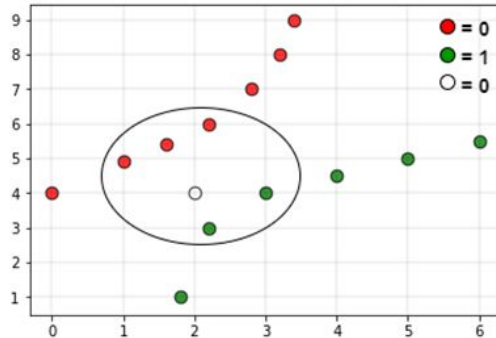
n = *Pathloss Exponent*.

Tipe *path loss exponent* [9].

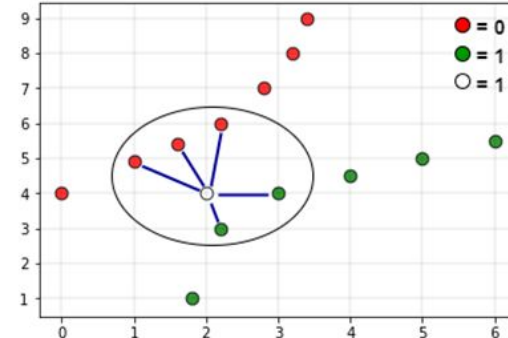
Environment	Path Loss Exponent (n)
Urban Macrocells	3.7 – 6.5
Urban Microcells	2.7 – 3.5
Office Building (same floor)	1.6 – 3.5
Office Building (multiple floor)	2 – 6
Store	1.8 – 2.2
Factory	1.6 – 3.3
Home	3

Nearest Neighbors (NN) Algorithm

- *Nearest Neighbors (NN) Algorithm* atau algoritma tetangga terdekat merupakan algoritma klasifikasi suatu data berdasarkan data pembelajaran, yang diambil dari tetangga terdekatnya.
- Terdapat dua jenis *NN algorithm* yang dipakai pada penelitian ini yakni KNN dan WKNN.

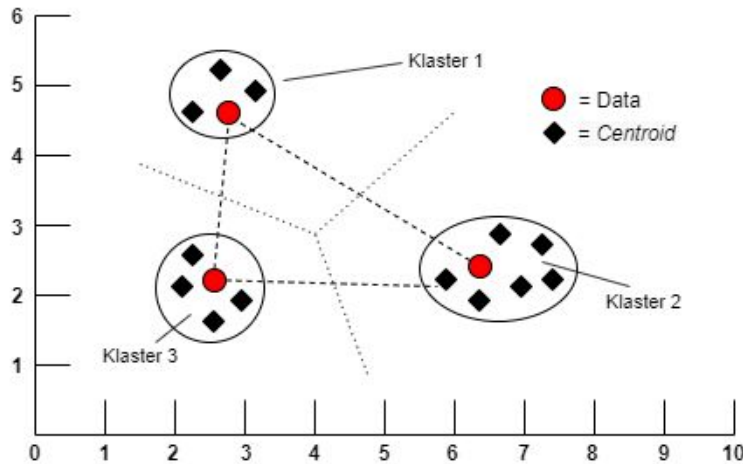


Ilustrasi *K Nearest Neighbors*.
Sumber: [geeksforgeeks.org](https://www.geeksforgeeks.org)



Ilustrasi *Weighted K Nearest Neighbors*.
Sumber: [geeksforgeeks.org](https://www.geeksforgeeks.org)

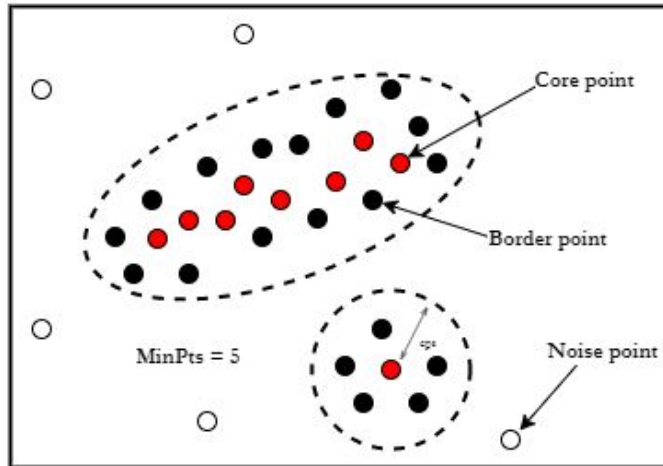
Klasterisasi K-means



Ilustrasi klasterisasi K-means [10].

- Klasterisasi K-means merupakan metode pengelompokan yang mempartisi data-data tak berkategori ke dalam sejumlah klaster baru yang berbeda-beda.
- Algoritma pengelompokan berbasis *centroid*.

Klasterisasi DBSCAN



Ilustrasi klasterisasi DBSCAN.

- *Density-based Spatial Clustering of Application with Noise (DBSCAN)* merupakan metode pengelompokan berbasis densitas.
- Dua parameter dalam penggunaan DBSCAN; minPts & eps.
- Membentuk tiga entitas definitif : *Core*, *Border*, dan *Noise Points*.
- *Noise point* dianggap sebagai data gangguan dan akan dieliminasi keluar dari kluster [11].

Metric Performance

- *Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan standar evaluasi performansi dari hasil estimasi posisi.
- RMSE akan mencari besar galat/error posisi antara posisi objek hasil estimasi dengan posisi objek sebenarnya.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Predicted_i - Actual_i)^2}{N}}$$

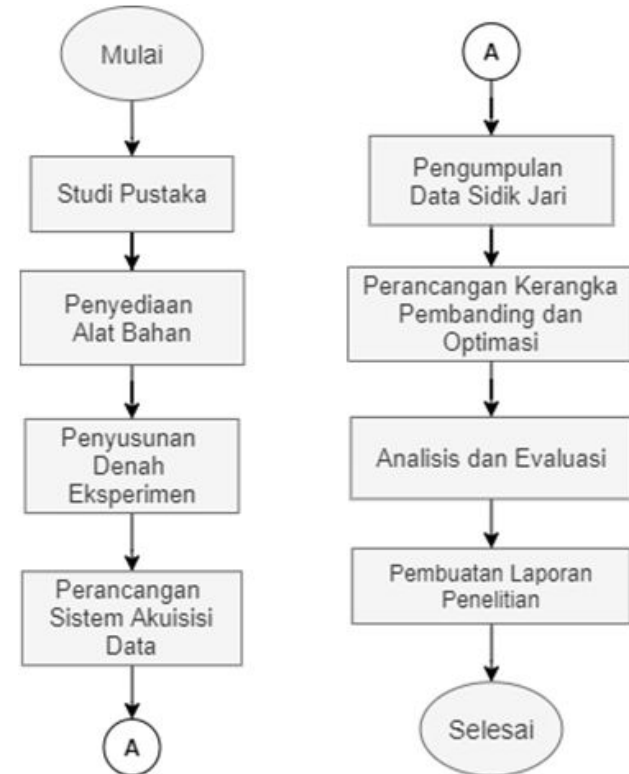
Rumus RMSE.

Predicted : Posisi estimasi.
Actual : Posisi sebenarnya.



Pelaksanaan Penelitian

Tata Laksana Penelitian



Tata laksana penelitian.

Alat dan Bahan: Perangkat Keras

No.	Nama Perangkat Keras	Spesifikasi	Fungsi
1.	ESP32 Dev-Kit	Prosesor Tensilica 32-bit Single-/Dual-core CPU Xtensa LX6, Wi-Fi 802.11 b/g/n (802.11n @ 2.4 GHz up to 150 Mbit/s)	<i>Access Point dan Station. Signal Generator.</i>
2.	Raspberry Pi 3	Model B+	Perangkat <i>Server Broker</i> .
3	Laptop	ACER 64-bit, AMD A4-5000 APU 1.5 GHz Processor, RAM 4.00GB	Mengoperasikan perangkat lunak.
4.	Power Bank	>7000 mAH	Perangkat catu daya.
5.	Tiang Penyangga	Ketinggian 1 m	Sebagai penyangga modul ESP32 Dev-Kit saat pengukuran.

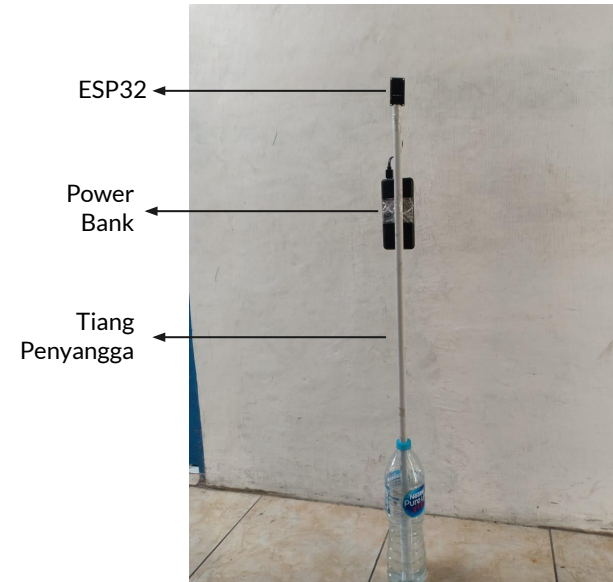
Alat dan Bahan: Perangkat Lunak

No.	Nama Perangkat Lunak	Spesifikasi	Fungsi
1.	<i>Jupyter Notebook</i>	<i>Version 4.4.0</i>	Lingkungan pengembangan.
2.	Sistem Operasi	Windows 10, Linux Ubuntu 20.01, & Raspbian Lite v.5.10	Perangkat lunak sistem
3.	Arduino IDE	<i>Version 1.8.13</i>	Lingkungan pengembangan khusus ESP32 Dev-Kit
4.	Python	<i>Version 3.7.1 (64-bit)</i>	Bahasa pemrograman
5.	Mosquitto MQTT Broker	<i>Version 2.0</i>	Aplikasi server broker
6.	NodeRed	<i>Version 1.3.4</i>	Aplikasi data bridge
7.	InfluxDB	<i>Version 2.0</i>	Aplikasi database
8.	Grafana	<i>Version 7.0</i>	Aplikasi tools monitoring.
9.	Scikit-learn Library	<i>Version 0.24.2</i>	<i>Library</i> untuk proses analisis.
10.	Numpy Library	<i>Version 1.18.1</i>	<i>Library</i> untuk komputasi numerik.

Detail Spesifikasi Alat

No.	Nama Karakteristik		Deskripsi
1.	Rentang frekuensi		2412 ~ 2484 MHz
2.	Wi-Fi wireless standard		IEEE 802.11 b/g/n
3.	Data rate	20 MHz	11b: 1, 2, 5.5 and 11 Mbps 11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps 11n: MCS0-7, 72.2 Mbps (Max)
		40 MHz	11n: MCS0-7, 150 Mbps (Max)
4.	Tipe antena		Antena PCB, antena IPEX

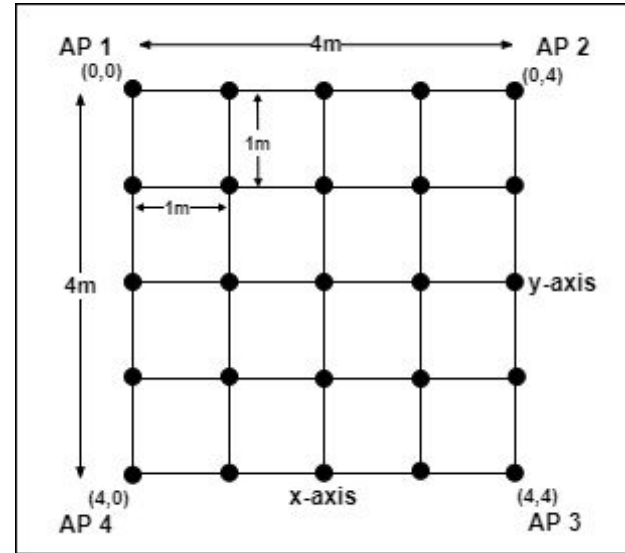
Spesifikasi detail ESP32.



Konfigurasi alat.
(Difoto oleh: Farid Yuli Martin)

Denah Eskperimen

- Densitas petak 1m.
- Luasan denah 4m x 4m.
- Total titik referensi (RP) berjumlah 25 titik.
- 4 *devices* sebagai ESP32 Access Point (AP).
- 1 *device* sebagai target atau ESP32 Station (STA).
- Ketinggian *device* 1m.
- Waktu pengambilan per-RP adalah 2 menit.



Denah eksperimen.

Dokumentasi Denah Eksperimen



Sistem Akuisisi Data

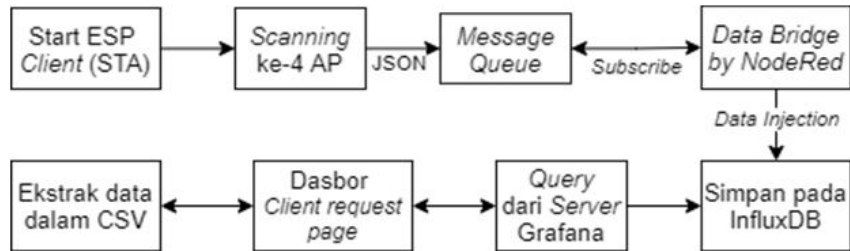
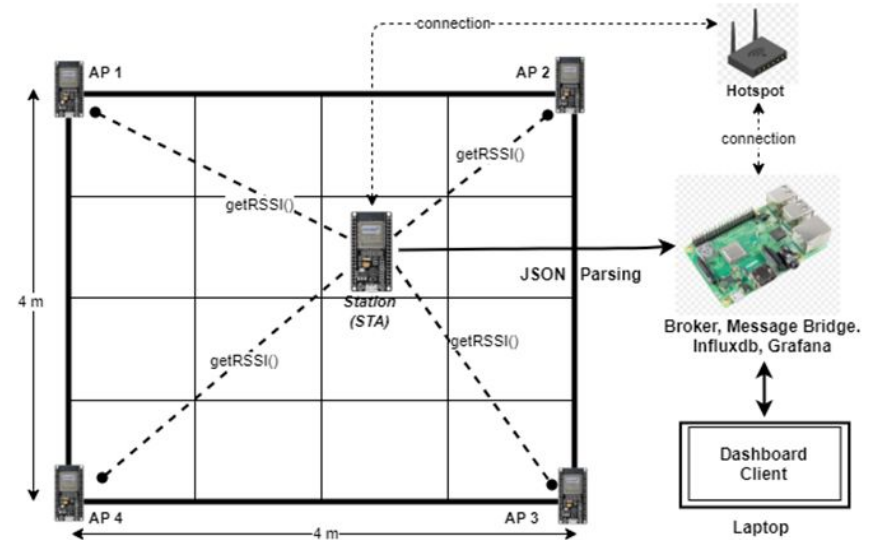
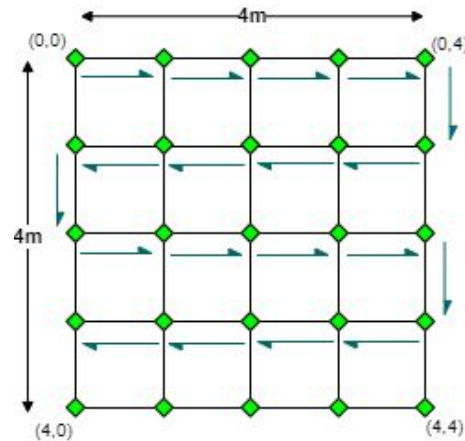


Diagram blok sistem.



Implementasi pada perangkat.

Pengumpulan Data Latih



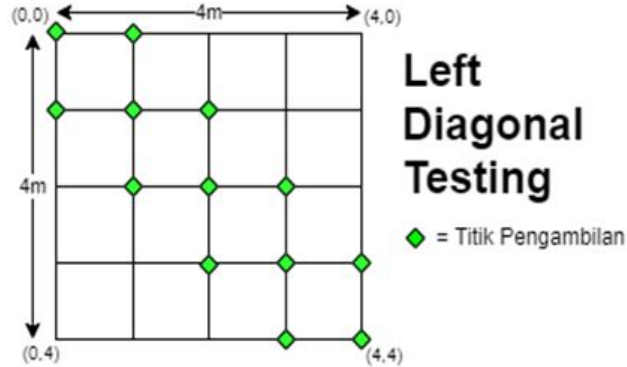
Pengumpulan Data Latih

◆ = Titik Pengambilan

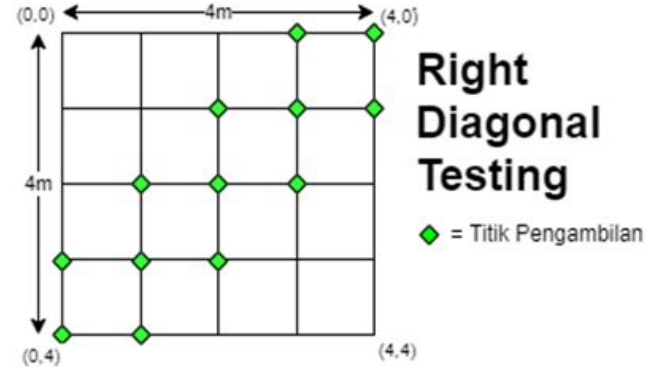
Skema pengumpulan data latih.

Pengumpulan Data Uji

Terbagi menjadi pengumpulan data uji diagonal kiri dan kanan.

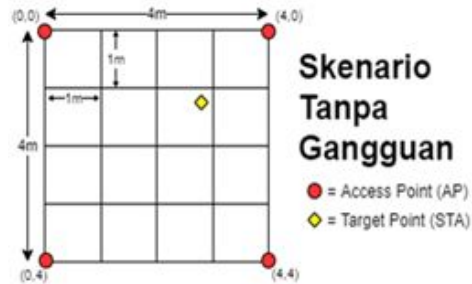


Skema pengumpulan data uji diagonal kiri.



Skema pengumpulan data uji diagonal kanan.

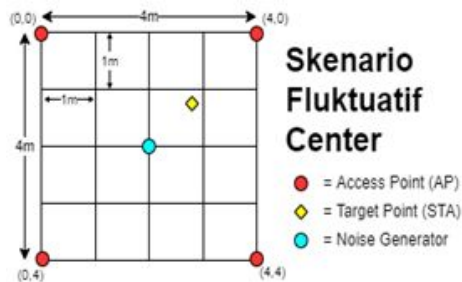
Skenario Pengujian



Lingkungan tanpa gangguan.



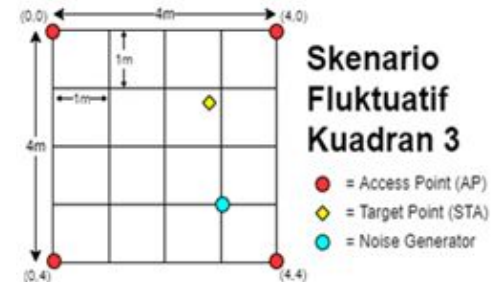
Lingkungan dengan objek penghalang.



Gangguan fluktuatif pusat.



Gangguan fluktuatif kuadran satu.

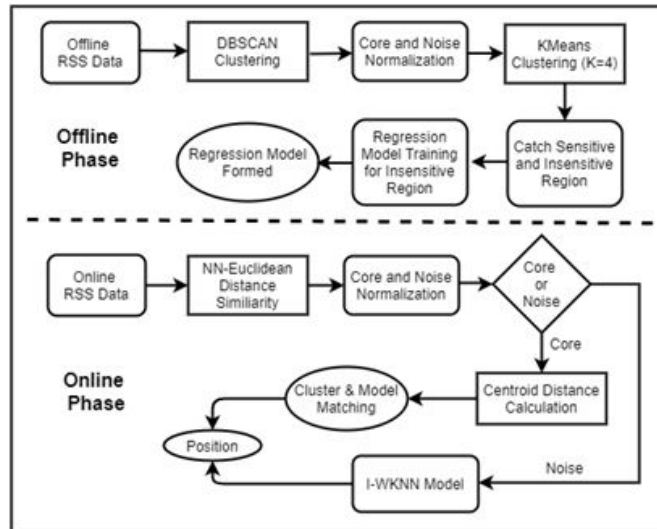


Gangguan fluktuatif kuadran tiga..



Kerangka Optimasi & Pembanding

- KNN K-means
- KNN DBSCAN
- KNN HFSCE
- DB-K-IWKNN (*Proposed Method*)



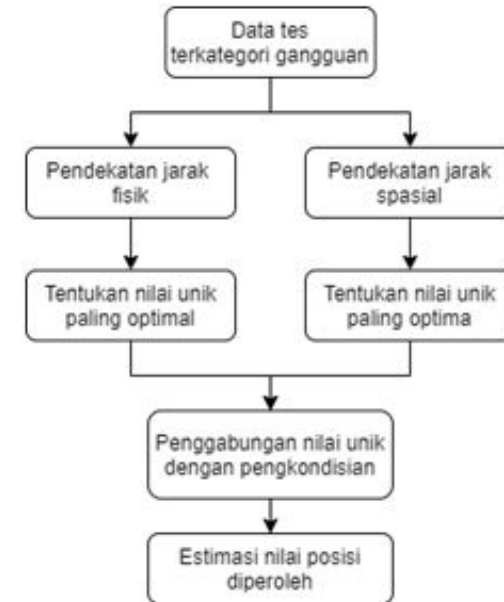
Kerangka DB-K-IWKNN (Proposed Method)

DB-K-IWKNN

- DB-K-IWKNN menggunakan teknik klasterisasi menggunakan DBSCAN+Kmeans pada tahap *offline* dan penggunaan algoritma I-WKNN pada tahap *online*.
- I-WKNN digunakan pada tahap *online* untuk mengatasi data *online* terkategori *noise*.
- Penentuan kluster dengan pendekatan tetangga terdekat akan didekati terhadap kluster inti data latih.

I-WKNN

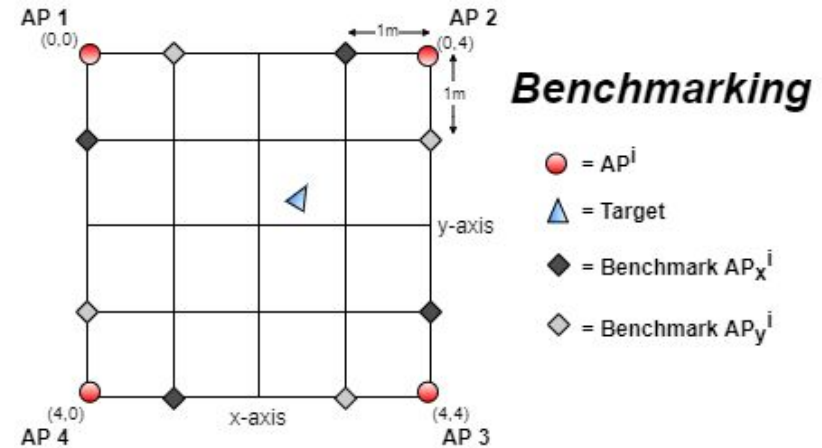
- I-WKNN megkombinasikan pendekatan estimasi posisi terhadap jarak spasial dan fisik.
- Hal ini dilakukan untuk mengurangi ketergantungan algoritma terhadap proyeksi data spasial saja,
- Pendekatan terhadap jarak fisik dilakukan dengan memanfaatkan penggunaan model *path loss*.



Kombinasi jarak spasial dan fisik.

I-WKNN (cont.)

- Dihitung jarak antara target dengan AP ke- i relatif terhadap jarak acuan AP $_x$ dan AP $_y$.
- Lakukan hal serupa pada setiap titik RP.
- Temukan 35 titik terdekat dengan jarak *manhattan*.
- Gabungkan dengan 35 titik pencarian jarak spasial (*cosine distance*).
- Temukan kesamaan nilai RP dengan pengkondisian dan hasil estimasi diperoleh.



Skema benchmarking.



Hasil & Pembahasan



Pokok Penjabaran

- Hasil perancangan sistem akuisisi.
- Hasil perbandingan kerangka usulan terhadap pembanding.

Dasbor Sistem Akuisisi



Dasbor client (1)

- Panel baris pertama memuat informasi tentang judul dari sistem akuisisi serta nama.
- Panel baris kedua digunakan untuk mengamati nilai RSSI pada masing-masing router atau AP.

Dasbor Sistem Akuisisi

- Panel baris ketiga pada dasbor memuat visualisasi *trend* nilai RSSI selama proses pemantauan.
- Panel baris keempat memuat gambaran nilai RSSI bentuk tabel dan skala bar serta jumlah total sampel data yang sukses diakuisisi.



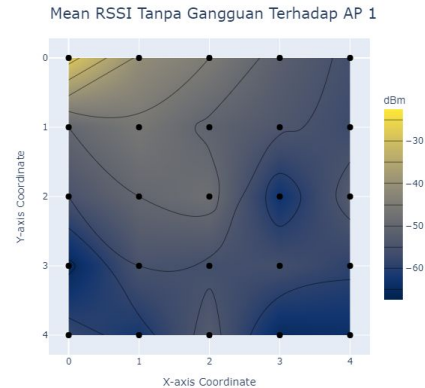
Dasbor client (2)

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Tanpa Gangguan



Dokumentasi lingkungan
tanpa gangguan.

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Tanpa Gangguan



Peta distribusi nilai rerata RSSI lingkungan
tanpa gangguan.

Uji
Diagonal
Kiri

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
1.64906 m	1.50732 m	1.33802 m	1.29188 m

Reduced by 21.65%

Reduced by 14.29%

Reduced by 3.44%

Uji
Diagonal
Kanan

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
1.81952 m	1.59790 m	1.54485 m	1.42807 m

Reduced by 21.51%

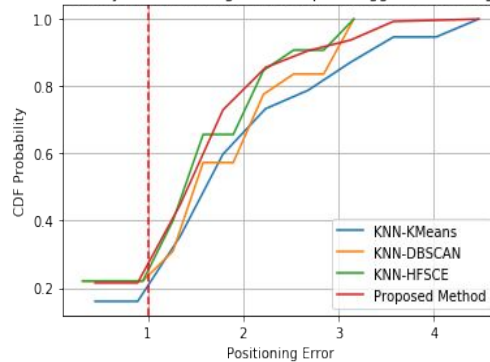
Reduced by 10.62%

Reduced by 7.55%

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Tanpa Gangguan

CDF Uji
Diagonal
Kiri

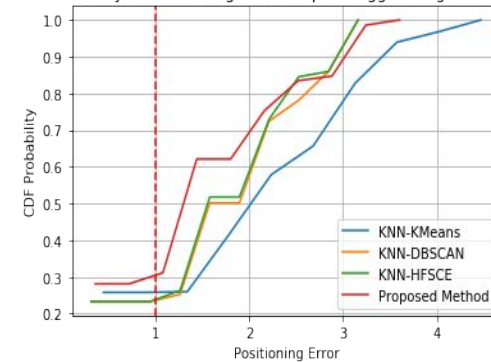
CDF Plot of Density vs Positioning Error Tanpa Gangguan Left Diagonal Testing



28% error < 1 m

CDF Uji
Diagonal
Kanan

CDF Plot of Density vs Positioning Error Tanpa Gangguan Right Diagonal Testing



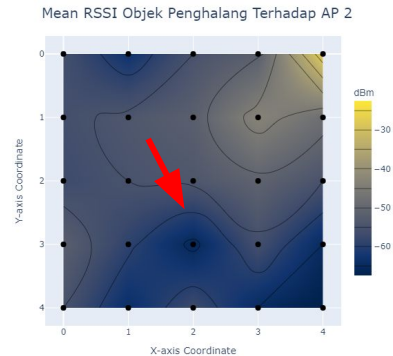
30% error < 1 m

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Dengan Objek Penghalang



Dokumentasi lingkungan
dengan objek penghalang.

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Dengan Objek Penghalang



Peta distribusi nilai rerata RSSI lingkungan
dengan objek penghalang.

Uji
Diagonal
Kiri

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
1.18905 m	1.15876 m	1.18681 m	1.09080 m

Reduced by 8.26%

Reduced by 5.86%

Reduced by 8.08%

Uji
Diagonal
Kanan

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
1.26165 m	1.26225 m	1.29950 m	1.24089 m

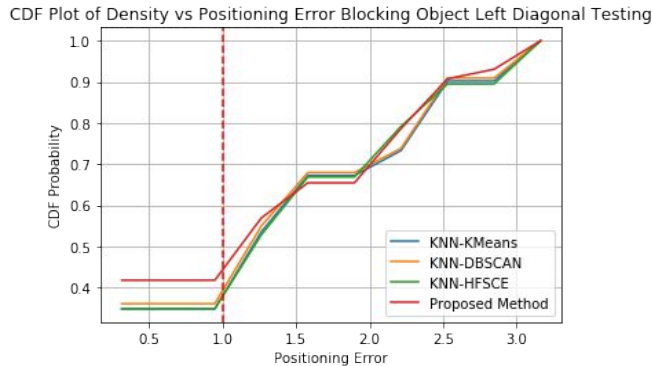
Reduced by 1.64%

Reduced by 1.69%

Reduced by 4.51%

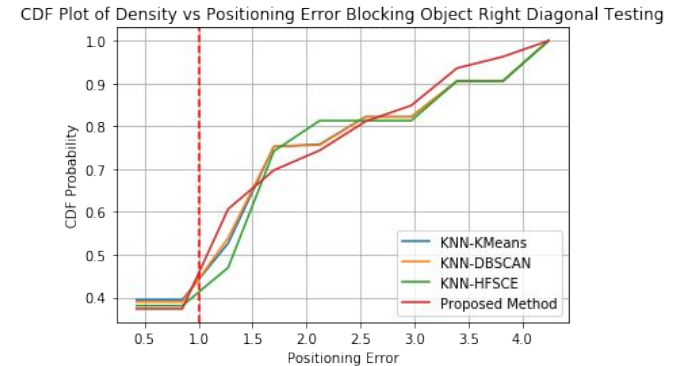
Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Dengan Objek Penghalang

CDF Uji
Diagonal
Kiri



42% error < 1 m

CDF Uji
Diagonal
Kanan



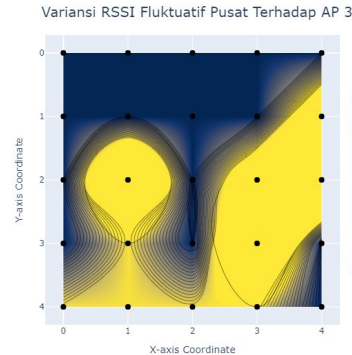
48% error < 1 m

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Pusat



Dokumentasi lingkungan
gangguan fluktuatif pusat.

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Pusat



Peta distribusi nilai variansi RSSI lingkungan gangguan fluktuatif pusat..

Terhadap KNN-HFSCE belum *outperform*.

Uji
Diagonal
Kiri

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
0.26035 m	0.33468 m	0.23760 m	0.24142 m

Reduced by 7.27%

Reduced by 27.86%

Reduced by 0%

Uji
Diagonal
Kanan

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
0.54820 m	0.47173 m	0.53643 m	0.36963 m

Reduced by 32.57%

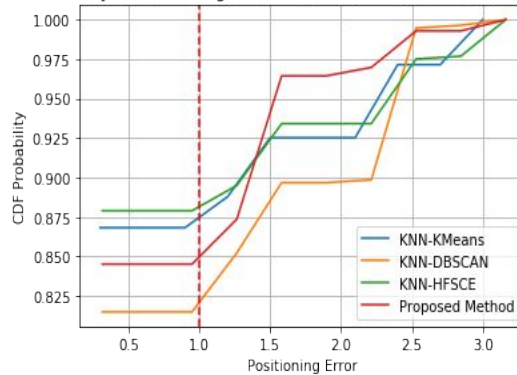
Reduced by 21.64%

Reduced by 31.09%

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Pusat

CDF Uji
Diagonal
Kiri

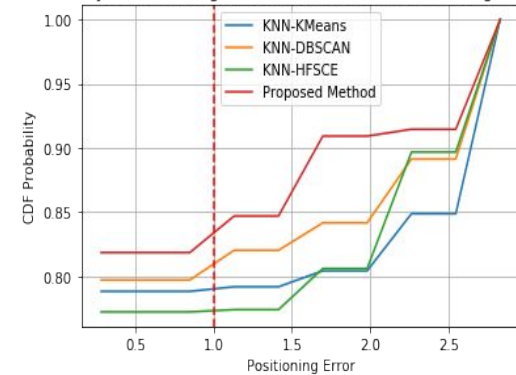
CDF Plot of Density vs Positioning Error Fluctuative Noise Center Left Diagonal Testing



85% error < 1 m

CDF Uji
Diagonal
Kanan

CDF Plot of Density vs Positioning Error Fluctuative Noise Center Right Diagonal Testing



84% error < 1 m

Hasil Pengujian Antar Kerangka

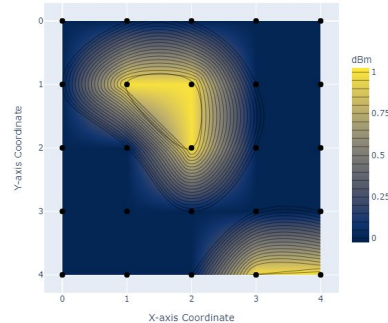
Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Kuadran 1



Dokumentasi lingkungan
gangguan fluktuatif
kuadran 1.

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Kuadran 1

Variansi RSSI Fluktuatif Kuadran 1 Terhadap AP 1



Peta distribusi nilai variansi RSSI lingkungan
gangguan fluktuatif kuadran 1..

Uji
Diagonal
Kiri

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
1.06091 m	0.94130 m	1.04876 m	0.89709 m

Reduced by 15.44%

Reduced by 4.69%

Reduced by 14.46%

Uji
Diagonal
Kanan

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
0.66879 m	0.65972 m	0.67014 m	0.51313 m

Reduced by 23.27%

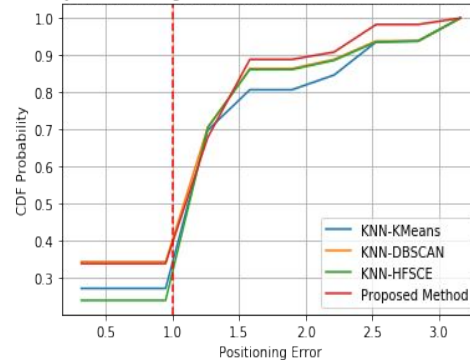
Reduced by 22.22%

Reduced by 23.42%

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Kuadran 1

CDF Uji
Diagonal
Kiri

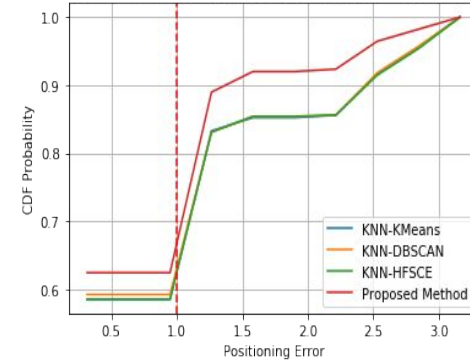
CDF Plot of Density vs Positioning Error Fluctuative Noise Quadrant 1 Left Diagonal Testing



36% error < 1 m

CDF Uji
Diagonal
Kanan

CDF Plot of Density vs Positioning Error Fluctuative Noise Quadrant 1 Right Diagonal Testing



63% error < 1 m

Hasil Pengujian Antar Kerangka

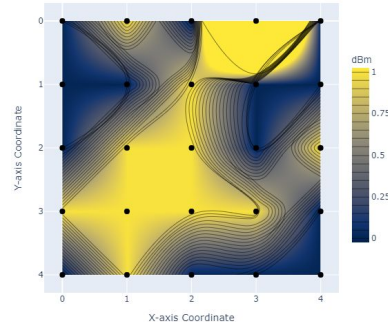
Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Kuadran 3



Dokumentasi lingkungan
gangguan fluktuatif
kuadran 3.

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Kuadran 3

Variansi RSSI Fluktuatif Kuadran 3 Terhadap AP 1



Peta distribusi nilai variansi RSSI lingkungan
gangguan fluktuatif kuadran 3..

Uji
Diagonal
Kiri

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
0.27218 m	0.20683 m	0.19290 m	0.17077 m

Reduced by 37.26%

Reduced by 17.43%

Reduced by 11.47%

Uji
Diagonal
Kanan

KNN-K-means	KNN-DBSCAN	KNN-HFSCE	<i>Proposed Method</i>
0.10467 m	0.17625 m	0.11504 m	0.09910 m

Reduced by 5.32%

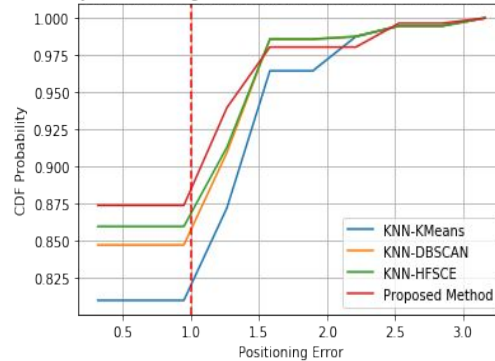
Reduced by 43.77%

Reduced by 13.85%

Hasil Pengujian Antar Kerangka Skenario Lingkungan Gangguan Fluktuatif Kuadran 3

CDF Uji
Diagonal
Kiri

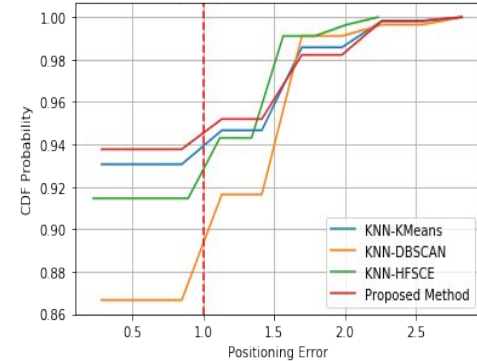
CDF Plot of Density vs Positioning Error Fluctuative Noise Quadrant 3 Left Diagonal Testing



88% error < 1 m

CDF Uji
Diagonal
Kanan

CDF Plot of Density vs Positioning Error Fluctuative Noise Quadrant 3 Right Diagonal Testing



95% error < 1 m



Kesimpulan & Saran

Kesimpulan

1

Sistem akuisisi data yang dirancang guna membantu proses pengumpulan data-data yang akan dipakai dalam proses analisis telah berhasil dibangun dan diujikan.

2

Kerangka optimasi (DB-K-IWKNN) yang diusulkan telah sukses dibangun dan diujikan.

3

Kerangka usulan memberikan hasil berupa penurunan nilai rerata *error* pemosisian pada sembilan dari sepuluh skenario pengujian yang diujikan, relatif terhadap kerangka pembanding KNN-Kmeans, KNN-DBSCAN, KNN-HFSCE, masing-masing sebesar 17.97%, 14.03%, 9.36%. pada uji diagonal kiri, serta 16.86%, 19.99%, 16.09% pada uji diagonal kanan.



Saran

- 1 Mengurangi waktu akuisisi dengan melibatkan piranti robot.
- 2 Melibatkan penambahan jumlah AP.



Terima kasih.



Daftar Pustaka

- [1] O. Kerem, B. Ayhan dan I. Tekin, "Indoor positioning based on global positioning system signals," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, pp. 1091-1097, 2013.
- [2] Y. Wang dan L. Shao, "Understanding occupancy pattern and improving building energy efficiency through Wi-Fi based indoor positioning," *Building and Environment*, vol. 114, pp. 106-117, 2017.
- [3] W. Sakpere, Adeyeye-Oshin, M. and Mlitwa, N.B.W. "A state-of-the-art survey of indoor positioning and navigation systems and technologies". *South African Computer Journal* 29(3), 145–197. 2017.
- [4] A. Abusara, et. al. "Reduced-complexity fingerprinting in WLAN-based indoor positioning. *Telecommun.* 2017 ; 65:407–417.
- [5] W.X. Xue , et. al. "A new weighted algorithm based on the uneven spatial resolution of RSSI for indoor localization". 2018 IEEE Access. 2018;6:26588–26595.
- [6] B. Altintas, et.al. "Improving RSS-Based Indoor Positioning Algorithm via K-Means Clustering," 2011 17th European Wireless 2011 - Sustainable Wireless Technologies, 2011.



Daftar Pustaka (cont.)

- [7] H. Shan., "Indoor Location Method Based on Data Mining", in Association for Computing Machinery, ICSCC 2019. Proceedings of the 2019 5th International Conference on Systems, Control and Communications December 2019. Pages 11–15.
- [8] H. Li, et. al., "Handling Fingerprint Sparsity for Wi-Fi Based Indoor Localization in Complex Environments," 2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation, 2019.
- [9] A.Goldsmith. WIRELESS COMMUNICATIONS. Stanford University. 2004.
- [10] Y. Zhong, F. Wu, J. Zhang dan B. Dong, "WiFi indoor localization based on K-means," dalam 2016 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP), 2016.
- [11] D. Quezada-Gaibor, L. Klus, J. Torres-Sospedra, E. S. Lohan, J. Nurmi dan J. Huerta, "Improving DBSCAN for Indoor Positioning Using Wi-Fi Radio Maps in Wearable and IoT Devices," dalam 2020 12th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2020.

QnA

Appendix



Latar Belakang: Produk-Produk LBS

- Teknologi LBS banyak digunakan pada *smartphone*.
- Melihat fakta bahwa semua *smartphone* yang ada saat ini telah terpasang *receiver Global Positioning System (GPS)* [1].
- Contohnya *Gmaps*, yang dimanfaatkan sejumlah beberapa *startups* seperti Gojek, Uber, dll.



Google Maps

Google Maps
(Sumber: <https://terralogiq.com/>)



Startups yang menggunakan GPS.
(Sumber: gojek.com, grab.com)

Tinjauan Pustaka

Tahun	Penulis	Judul	Metode	Evaluasi	Perangkat	Test-Bed	Kesimpulan	Lain-lain
2011	D.J. Suroso, P. Chemtanomwong, P. Sooraksa, J. Takada.	Fingerprint-based technique for indoor localization in wireless sensor networks using Fuzzy C-Means clustering algorithm	Fuzzy C-Means pada tahap <i>offline</i> . Pencocokkan tetangga terdekat pada tahap <i>online</i> dengan Euclidean Distance.	Uji titik dengan penjejak diagonal, horizontal, dan vertikal.	Zigbee	Koridor Gedung Universitas. 5m x 5m 1m petak 4 AP & 36 RP.	Rerata error pemosisian < 0.7 m terhadap seluruh skenario pengujian.	Pendekatan klasifikasi pada model pencocokan.
2011	B. Altintas, T. Serif	Improving RSS-Based Indoor Positioning Algorithm via K-Means Clustering	K-means pada tahap <i>offline</i> . Model pencocokkan KNN dengan Euclidean Distance.	Uji titik atau <i>stationary test</i> dengan variasi jumlah AP.	WiFi	Gedung Universitas. 500m ² 5 AP & 57 RP.	Error minimal 2.68 m ± 1.66 m. Semakin banyak AP dilibatkan error semakin minim.	KNN terkuster KNN tradisional.
2013	S. Bai, T. Wu	Analysis of K-Means Algorithm on Fingerprint Based Indoor Localization System	Reduksi jumlah AP dengan PCA. Cari nilai rerata untuk tiap fitur terpilih. K-means pada tahap <i>offline</i> .	Pencarian nilai optimal dan <i>limit</i> K klaster untuk objektif penurunan kompleksitas komputasi.	WiFi	Koridor Gedung Universitas 126 RP Petak RP 1.2 m.	Statement kualitatif. Nilai K optimal dari 2 sampai batas <i>limit</i> .	Pada nilai K optimal, kompleksitas komputasi klaster dapat sangat ditekan.
2015	W. Chen, Q. Chang, H. Hou, & W. Wang	A Novel Clustering and KWNN-based Strategy for Wi-Fi Fingerprint Indoor Localization	Klasterisasi berdasarkan pendekatan kesamaan AP atau Penentuan AP penting (IAP) pada setiap klaster, dan penggunaan metode WKNN.	Perbandingan rerata error lokalisasi terhadap K-means KWNN dan KWNN tradisional.	WiFi	Ruangan Gedung 900 m ² 8 AP	Meningkatkan nilai akurasi lokalisasi sebesar 17.14% terhadap K-means KWNN	Penurunan latensi lokalisasi 50% terhadap K-means KWNN.
2018	Y. Cui, S. Gao, Y. Zheng	Application of ZigBee Location Fingerprint Method in Positioning of Railway Tunnel Staff	K-means pada tahap <i>offline</i> . Pencarian iteratif titik terjauh dengan Euclidean Distance untuk inisialisasi K klaster.	Perbandingan error pemosisian antara Zigbee tradisional, Zigbee K-means, dan Zigbee <i>Improved</i> K-means.	Zigbee	Railway Tunnel 20 <i>test point</i> 1 m & 2 m densitas petak.	Zigbee <i>Improved</i> K-means sukses unggul.	Rerata akurasi lokalisasi meningkat 17.5% dan 10% terhadap metode pembanding.
2019	K. Wang, X. Yu, Q. Xiong, Q. Zhu, dkk	Learning to Improve WLAN Indoor Positioning Accuracy Based on DBSCAN-KRF Algorithm From RSS Fingerprint Data	DBSCAN bertingkat untuk eliminasi data <i>noises</i> KNN dipakai pada daerah sensitif (satu unik), dan Random Forest dipakai pada daerah insensitif (>1 unik).	Perbandingan nilai error pemosisian terhadap KNN tradisional, Random Forest tradisional, dan WKNN.	WiFi	Floor Plan 8.8 m x 5.6 m 8 AP 12 RP 1.5 m Grid	Rerata error pemosisian lebih kecil dari 1.5 m.	Algoritma DBSCAN-KRF superior dibanding metode lainnya. Data <i>noises</i> dapat serius mengurangi nilai akurasi pemosisian.

Tinjauan Pustaka (cont.)

2019	F. Zafari, A. Gkelias, & K.K. Leung	A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies	Artikel survey detail tentang <i>indoor localization</i> ditinjau dari sisi metode serta teknologi yang dipakai.	Perbandingan perspektif efisiensi energi, ketersediaan, biaya, jangkauan penerimaan, latency, skalabilitas dan akurasi pelacakan.	WiFi	-	-	Secara garis besar menjelaskan keunggulan dan kekurangan dari masing-masing metode serta teknologi.
2019	ShanHu	Indoor Location Method Based on Data Mining.	Eliminasi nilai RSSI abnormal lewat penerapan DBSCAN pada tahap <i>offline</i> . Model pencocokkan KNN dengan Euclidean Distance.	Perbandingan eror pemosisian terhadap KNN tradisional.	WiFi	Ruangan Gedung 20 m x 15 m 6 AP 1000 <i>test point</i>	Nilai rerata eror pemosisian dibawah 2.04 m	Nilai K kluster adalah 60 and parameter <i>minpts</i> adalah 17.
2019	H. Li, J. K. Ng, & K. Liu	Handling Fingerprint Sparsity for Wi-Fi based Indoor Localization in Complex Environments.	DBSCAN pada tahap <i>offline</i> . Tahap <i>online</i> didekati dengan KNN regresi untuk data terkategori inti, dan WKNN untuk data terkategori <i>noises</i> .	Pengujian kerangka kerja pada sejumlah <i>baseline model</i> lokalisasi, relatif terhadap gangguan dinamis ruang.	WiFi	Lantai 112 m x 44 m 20 to 150 MAC 111 RP 1501 unik MAC	Pengujian sejumlah <i>baseline model</i> dengan kerangka kerja bekerja lebih baik daripada <i>baseline model</i> tradisional.	Pendekatan regresi dipilih sebagai pendekatan lokalisasi.
2020	S. G. Lee, C. Lee	Developing an Improved Fingerprint Positioning Radio Map using the K-Means Clustering Algorithm	Pencarian nilai K berdasarkan index silhouette.	Perbandingan rerata nilai eror pemosisian antara model dengan kluster dan tanpa kluster.	WiFi	Ruangan Gedung 520 AP 933 RP	Penurunan 20% rerata eror pemosisian.	Rentang nilai K untuk pencarian index silhouette berikisar dari 2 – 6.
2020	X. Peng, R. Chen, K. Yu, F. Ye, & W. Xue	An Improved Weighted K-Nearest Neighbor Algorithm for Indoor Localization	Penggunaan multiplikasi bobot Euclidean Distance pada proyeksi fisik dan spasial data untuk proses estimasi posisi.	Perbandingan eror lokalisasi terhadap KNN tradisional, Euclidean Distance based WKNN, Manhattan WKNN, Physical WKNN.	WiFi	Bangunan Gedung 38 m x 50 m 68 RP >100 AP 180 <i>test points</i>	Metode baru usulan mampu secara superior mengungguli metode pembandingan lain.	Keterlibatan jarak fisik mampu meningkatkan kinerja sistem dalam meningkatkan akurasi lokalisasi.

Received Signal Strength Indicator (RSSI)-- Pathloss General Outdoor

- Receive Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan parameter pengukuran terhadap daya yang diterima sebuah perangkat *wireless* [11].
- Secara teoritis dapat dimodelkan lewat persamaan transmisi Friis.

$$P_{RX} = P_{TX} G_{TX} G_{RX} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

dimana :

P_{RX} = Daya yang diterima pada *receiver* (Watt)
 P_{TX} = Daya yang dikirim oleh *transmitter* (Watt)
 G_{TX} = Gain *transmitter* (Watt)
 G_{RX} = Gain *receiver* (Watt)
 λ = Panjang gelombang (Meter)
 d = Jarak *transmitter* dan *receiver* (Meter)

Fig 8. Persamaan transmisi Friis.

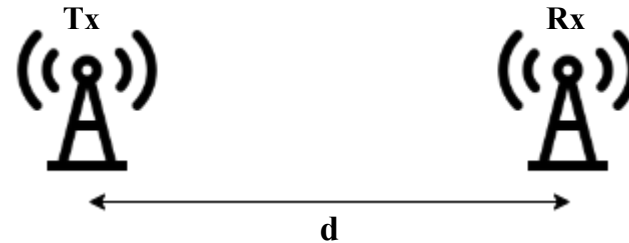


Fig 9. Ilustrasi persamaan transmisi Friis.

Model Path Loss

- Model *path loss* didefinisikan sebagai penurunan kuat sinyal radio (atenuasi) sesuai dengan pertambahan jarak antara antenna *transmitter* dan *receiver*.
- Secara pratikal, persamaan teoritis transmisi Friis tidak mampu menanggapi perilaku destruktif yang muncul dari lingkungan [12].
- Pendekatan model path loss kemudian disusun guna mendekati secara empirik hubungan antara jarak dan kuat sinyal diterima *receiver*.

Model Pathloss

$$P(d) = P(d_0) - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right)$$

$$d = d_0 10^{\left(\frac{P(d_0) - P(d)}{10n} \right)}$$

Keterangan:

$P(d)$ = Daya terima pada jarak d (dBm)

$P(d_0)$ = Daya terima pada jarak d_0 (dBm)

d = Jarak pengukuran (meter)

d_0 = Jarak acuan / *benchmark* = 1 meter

n = *Pathloss Exponent*.

Fig 10. Persamaan sederhana model *path loss*.

WiFi (IEEE 802.11)

- WiFi atau *Wireless Fidelity* merupakan salah satu standar jaringan nirkabel yang mengadopsi protokol komunikasi berbasis IEEE 802.11.
- WLAN menggunakan teknologi radio sebagai media penyimpanan data dan tersusun atas komponen *access point* dan *wireless station*.
- Arsitektur *independent configuration* dan *infrastructure configuration* [12].

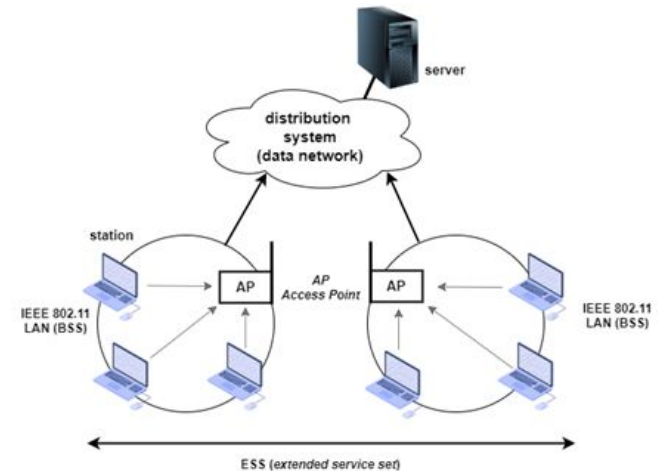


Fig 6. Arsitektur IEEE 802.11 WLAN.

Wireless Propagation Channel (WPC)

- WPC merupakan merupakan sebuah medium yang menghubungkan *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx) pada komunikasi radio [13].
- Secara umum terbagi *large-scale fading* dan *small-scale fading*.

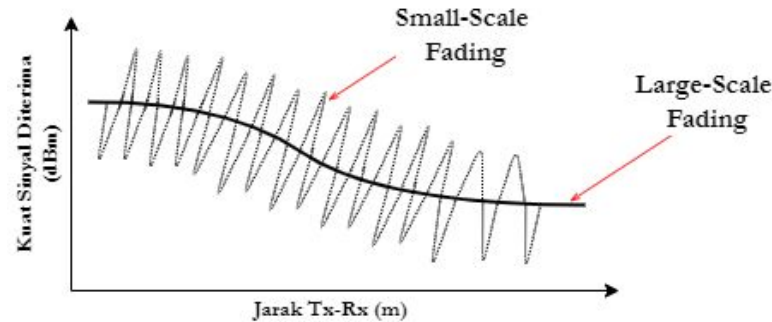


Fig 7. Ilustrasi *large-scale* dan *small-scale fading*

Metode *Elbow*

- Metode elbow merupakan suatu metode pencarian nilai K kluster optimal diindikasikan dengan terbentuknya siku pada suatu titik.
- Siku yang terbentuk merupakan nilai *sum of square error* (SSE) dengan penurunan paling signifikan [18].

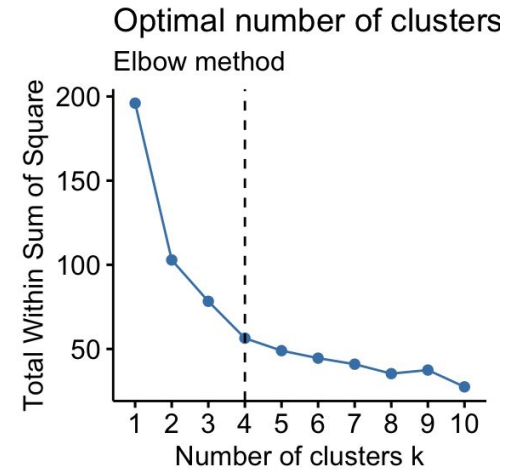


Fig 16. Ilustrasi metode *elbow*.
(Sumber: <https://www.datanovia.com/>)

Protokol MQTT

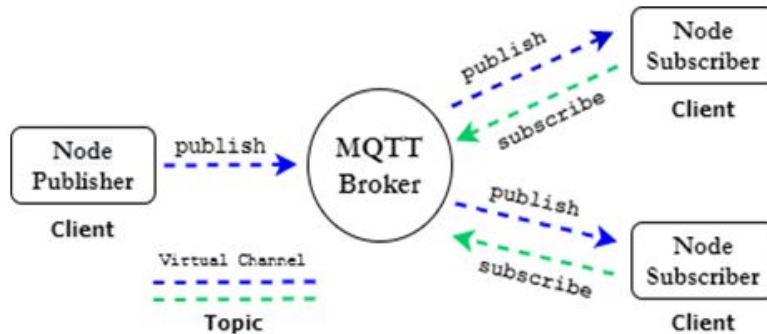


Fig 11. Ilustrasi protokol MQTT..

- Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) merupakan standar ISO untuk mekanisme *client-server* dan mengukung protokol transportasi *publish* atau *subscribe* [15].
- Terdapat tiga komponen penyusun pada MQTT yakni *node publisher*, *broker*, dan *subsciber*.

Metrik Jarak (*Metric Distance*)

- Metrik jarak adalah fungsi yang menghitung jarak elemen titik dalam proyeksi ruang dimensi [16].
- Terdapat sejumlah metrik jarak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jarak euclidean, manhattan, dan *cosine*.

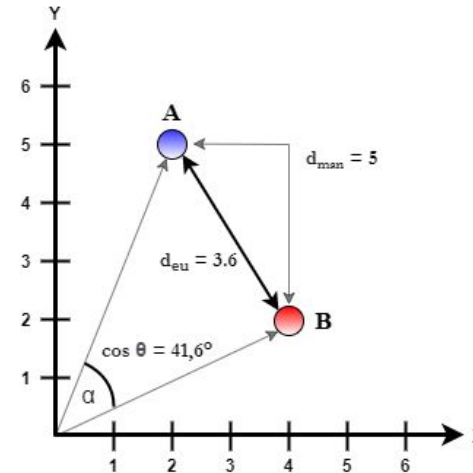


Fig 12. Macam-macam metrik jarak.

Konfigurasi ESP32 AP dan STA

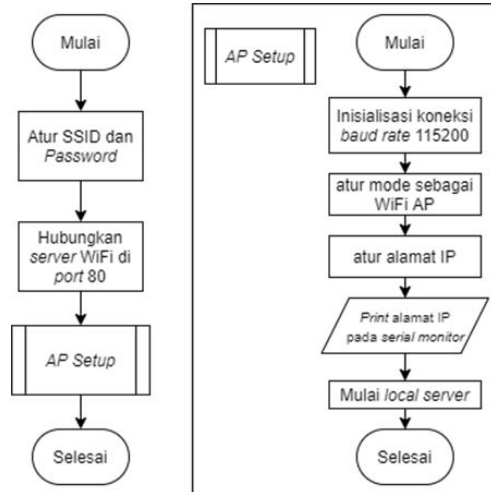


Fig 35. Konfigurasi ESP32 AP.

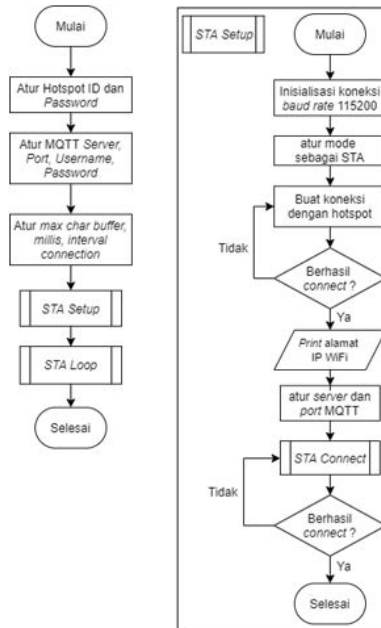


Fig 36. Konfigurasi ESP32 STA (1).

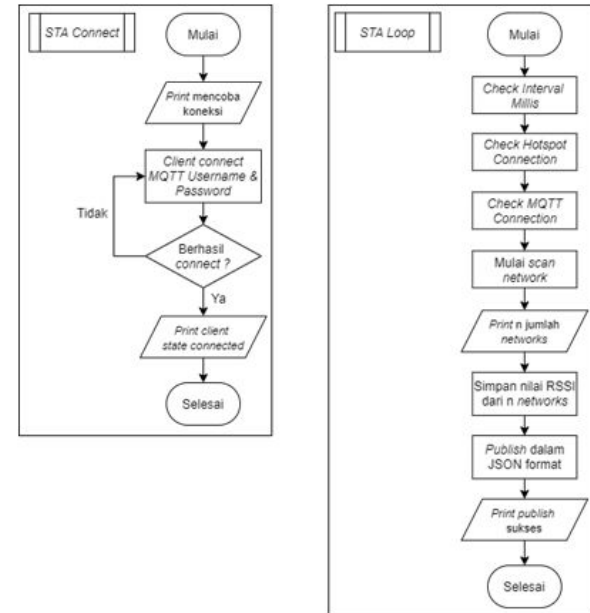


Fig 37. Konfigurasi ESP32 STA (2).

Format Data Terkumpul

00.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
01.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	3 KB
02.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
03.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	3 KB
04.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
10.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
11.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	3 KB
12.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
13.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
14.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
20.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
21.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
22.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
23.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
24.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
30.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
31.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
32.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
33.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
34.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
40.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
41.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
42.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
43.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB
44.csv	21/03/2021 20:30	Microsoft Office E...	2 KB

Fig 56. Contoh kumpulan file data latih.

Time,"Router 1","Router 2","Router 3","Router 4"	
2021-03-15 15:51:58,-28,-61,-54,-56	
2021-03-15 15:52:01,-27,-61,-55,-55	
2021-03-15 15:52:04,-28,-61,-55,-56	
2021-03-15 15:52:07,-27,-61,-55,-56	
2021-03-15 15:52:10,-27,-62,-54,-55	
2021-03-15 15:52:44,-28,-62,-54,-55	
2021-03-15 15:52:47,-27,-62,-54,-56	
2021-03-15 15:52:50,-28,-63,-56,-56	
2021-03-15 15:52:52,-28,-62,-55,-56	
2021-03-15 15:52:56,-29,-62,-55,-56	
2021-03-15 15:52:58,-28,-62,-54,-56	
2021-03-15 15:53:01,-28,-62,-55,-53	
2021-03-15 15:53:04,-27,-62,-52,-56	
2021-03-15 15:53:07,-27,-62,-55,-56	
2021-03-15 15:53:10,-28,-62,-55,-56	
2021-03-15 15:53:13,-27,-62,-54,-55	
2021-03-15 15:53:21,-28,-62,-55,-56	

Fig 57. Contoh sampel data pada RP (0,0).

Alat dan Bahan: Perangkat Keras



Fig 17. Laptop
(Sumber: tokopedia.com)

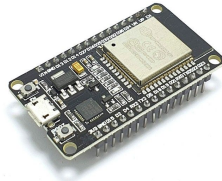


Fig 18. ESP32 Dev-kit
(Sumber: tokopedia.com)



Fig 19. Raspberry Pi 3
(Sumber: tokopedia.com)



Fig 20. Power Bank
(Sumber: tokopedia.com)



Fig 21. Tiang
(Sumber: tokopedia.com)

Alat dan Bahan: Perangkat Lunak



Fig 22. Windows 10
(Sumber: microsoft.com)



Fig 23. Ubuntu 20.04
(Sumber: ubuntu.com)



Fig 24. Mosquitto Broker
(Sumber: mosquitto.org)



Fig 25. Influx DB
(Sumber: influxdata.com)



Fig 26. Grafana
(Sumber: grafana.com)



Fig 27. Jupyter Notebook
(Sumber: jupyter.org)



Fig 28. Python 3.7
(Sumber: python.org)

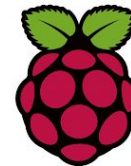


Fig 29. Raspbian OS
(Sumber: raspberrypi.org)

Cumulative Distribution Function (CDF)

- Probabilitas distribusi kumulatif atau *cumulative distribution function* (CDF) merupakan fungsi yang memberikan probabilitas bahwa sebuah variabel acak adalah kurang atau sama dengan variabel independen dari fungsi tersebut.
- CDF *error* mampu memberikan lebih banyak informasi dari RMSE [20]

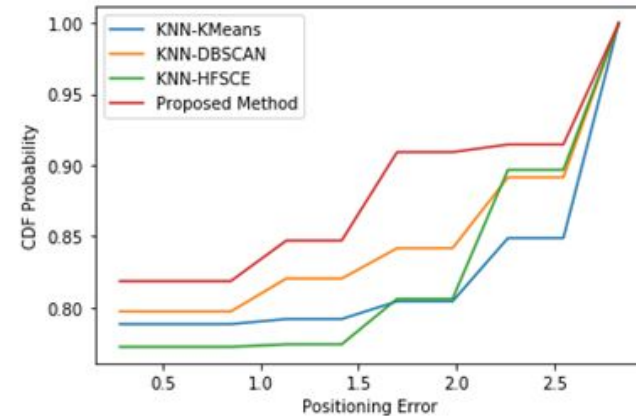
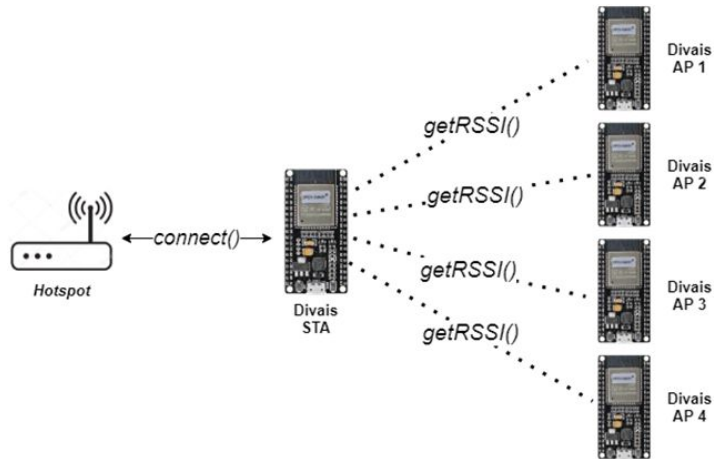


Fig 19. Contoh penggunaan CDF.

Konfigurasi ESP32 pada Sistem



Konfigurasi ESP32 pada sistem.

- Konfigurasi ESP32 pada sistem terbagi ke dalam dua jenis yakni konfigurasi AP dan STA.
- Proses pembacaan (*scanning*) keempat AP akan mengembalikan vektor nilai RSSI dalam satuan dBm.
- Hasil pembacaan dikirim ke *server broker*.

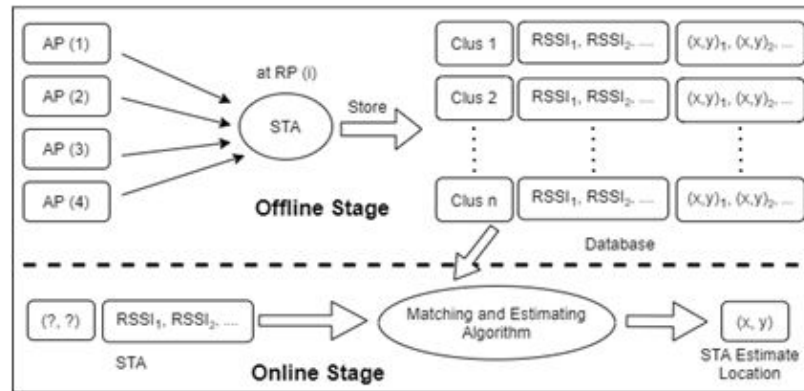


Fig 42. Kerangka KNN-Kmeans [8].

KNN-Kmeans

- Disusun dengan menggunakan algoritma pengelompokan K-means pada tahap *offline*.
- Penentuan kluster ditentukan oleh jarak terdekat setiap titik data terhadap sejumlah centroid.
- Model pencocokan KNN pada tahap *online*.

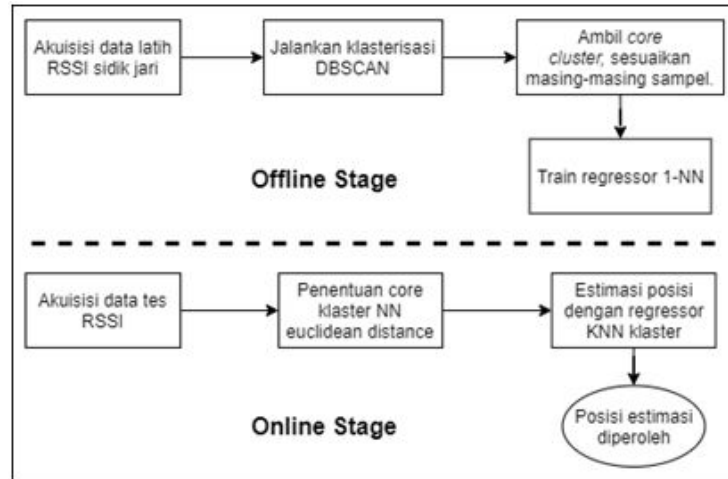


Fig 43. Kerangka KNN-DBSCAN [8].

KNN-DBSCAN

- Disusun dengan menggunakan algoritma pengelompokan DBSCAN pada tahap *offline*.
- Penentuan kluster ditentukan oleh pencarian tetangga terdekat berbasis jarak euclidean
- Model pencocokan KNN pada tahap *online*.

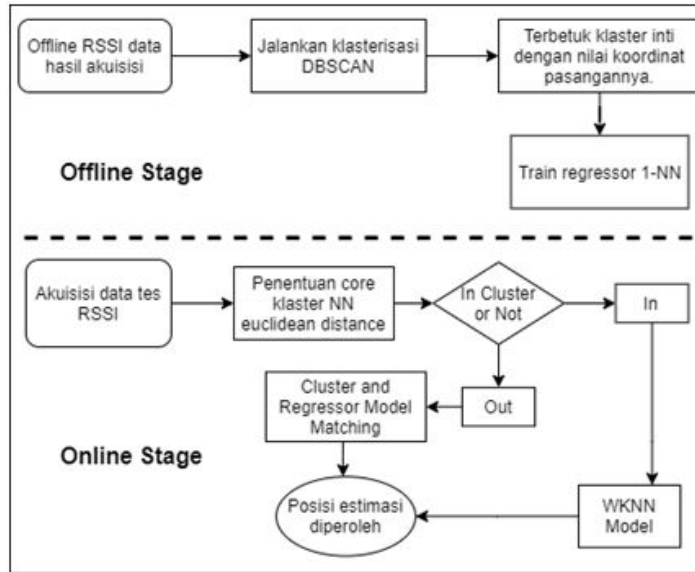


Fig 44. Kerangka KNN-HFSCE [9].

KNN-HFSCE

- KNN *Handling Fingerprint Sparsity in Complex Environment* (HFSCE) menggunakan teknik klasterisasi DBSCAN pada tahap *offline* dan IWKNN tahap *online*.
- *Weighted KNN* (WKNN) pada tahap *online* untuk mengatasi data *online* terkategori *noise*.
- Penentuan klaster dengan pencarian tetangga terdekat akan didekati terhadap seluruh data latih bukan terhadap klaster inti saja.

Spesifikasi Pembangkit Sinyal

No.	Nama Karakteristik		Deskripsi
1.	Rentang frekuensi		2412 ~ 2484 MHz
2.	Wi-Fi <i>wireless standard</i>		IEEE 802.11 b/g/n
3.	<i>Data rate</i>	20 MHz	11b: 1, 2, 5.5 and 11 Mbps 11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps 11n: MCS0-7, 72.2 Mbps (Max)
		40 MHz	11n: MCS0-7, 150 Mbps (Max)
4.	Tipe antena		Antena PCB, antena IPEX

Fig 41. Skema pembangkit sinyal baru.

Skenario gangguan fluktuatif dibangun dengan menciptakan pembangkit sinyal baru dengan frekuensi kerja dan protokol jaringan yang serupa