

**RANCANG BANGUN WI-FI SENSING UNTUK SISTEM LOKALISASI
DEVICE-FREE DALAM RUANG DENGAN TEKNIK RADIO-
FINGERPRINT KLASIK BERBASIS ANGLE OF ARRIVAL (AOA)**

Javier Aaron Tristio

21/47337/TK/52168

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 23 September 2025
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Fisika

INTISARI

Teknologi lokalisasi dalam ruang berbasis Wi-Fi berkembang pesat sebagai solusi atas keterbatasan sistem *Global Positioning System* (GPS) dalam lingkungan *indoor*. Lokalisasi dalam ruang memiliki berbagai aplikasi penting, seperti dalam sektor kesehatan, industri, hingga mitigasi bencana. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah *device-free localization*, yaitu sistem pelacakan posisi tanpa memerlukan perangkat yang dibawa oleh pengguna. Penelitian ini mengembangkan sistem lokalisasi *device-free* berbasis Wi-Fi sensing menggunakan teknik *radio-fingerprint* dengan fitur utama berupa *Angle of Arrival* (AoA) dan *pseudospectrum MUSIC* (Pmusic) yang diperoleh dari *Channel State Information* (CSI) melalui implementasi Algoritma SpotFi.

Data CSI diperoleh dari perangkat Intel AX210 *Network Interface Card* (NIC) dengan konfigurasi 2×2 antena, *bandwidth* 80 MHz, dan 1001 *subcarrier*. Algoritma SpotFi diimplementasikan melalui tahapan penghilangan atau sanitasi *Sampling Time Offset* (STO), pembangunan matriks *steering vector* AoA–*Time of Flight* (ToF), *CSI smoothing*, dan estimasi AoA menggunakan metode MUSIC. Teknik *radio-fingerprint* terdiri atas proses pembangunan basis data dan pencocokan pola (*pattern matching*) menggunakan tiga jenis pengukuran jarak, yaitu Euclidean, Manhattan, dan Chebyshev.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengukuran jarak Euclidean memberikan performa terbaik dengan akurasi lokalisasi mencapai 98,75%, rata-rata eror jarak sebesar 0,03 meter, dan waktu eksekusi 0,137 detik. Namun, performa menurun secara signifikan ketika terdapat variabel pengganggu, menunjukkan bahwa teknik *radio-fingerprint* masih rentan terhadap perubahan dinamika lingkungan.

Kata kunci: Wi-Fi Sensing, Lokalisasi Dalam Ruang, Device-Free, Radio-Fingerprint, AoA, CSI, Pmusic, SpotFi

Pembimbing Utama : Dr. Eng. Ir. Dwi Joko Suroso, S.T., M.Eng., IPP.

Pembimbing Pendamping : Ir. Agus Arif, M.T.



DESIGN OF WI-FI SENSING FOR DEVICE-FREE INDOOR LOCALIZATION USING CLASSICAL ANGLE OF ARRIVAL (AOA)- BASED RADIO-FINGERPRINT TECHNIQUES

Javier Aaron Tristio

21/473379/TK/52168

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on September 23, 2025
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Engineering Physics

ABSTRACT

Wi-Fi-based indoor localization has emerged as a promising solution to overcome the limitations of GPS in indoor environments. It supports critical applications in healthcare, industry, and disaster management. This study proposes a device-free indoor localization system using Wi-Fi sensing with a radio-fingerprint approach. Key features include Angle of Arrival (AoA) and pseudospectrum MUSIC (Pmusic), both extracted from Channel State Information (CSI) through the SpotFi Algorithm.

CSI data were collected using an Intel AX210 Network Interface Card (NIC) configured with 2×2 antenna array, 80 MHz bandwidth, and 1001 subcarriers. SpotFi was implemented via STO sanitization, joint AoA– Time of Flight (ToF) steering vector construction, CSI smoothing, and AoA estimation using the pseudospectrum MUSIC. The radio-fingerprint was constructed and matched using three distance measurement: Euclidean, Manhattan, and Chebyshev.

Experimental results demonstrate that the Euclidean provides the best localization performance, achieving 98.75% accuracy, a mean localization error of 0.03 meters, and an execution time of 0.137 seconds. However, performance degrades when environmental disturbances are introduced, indicating that the radio-fingerprint approach remains sensitive to changes in environmental dynamics.

Keywords: Wi-Fi Sensing, Indoor Localization, Device-Free, Radio-Fingerprint, AoA, CSI, Pmusic, SpotFi

Supervisor : Dr. Eng. Ir. Dwi Joko Suroso, S.T., M.Eng., IPP.

Co-supervisor : Ir. Agus Arif, M.T.

