

# Analisis Akurasi Metode Direction Finder Triangulation dalam Pelacakan Posisi Sinyal Radio pada Lingkungan Urban

Muhammad Ikhsan<sup>1\*</sup>, Neilcy Tjahjamooniarsih<sup>2</sup>, Dedy Suryadi<sup>3</sup>  
<sup>1-3</sup>Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : [mikhsan855@gmail.com](mailto:mikhsan855@gmail.com)



e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 03, No. 12 Desember, 2025

Page: 419-429

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v3i12.1819>

## Article History:

Received: November 15, 2025

Revised: Desember 01, 2025

Accepted: Desember 05, 2025

**Abstract :** *Direction Finder Triangulation is a method used to determine the position of a radio signal source by utilizing a receiver equipped with a directional antenna and requires at least two reference sites. This method can assist radio communities, such as the Indonesian Amateur Radio Organization (ORARI), in locating radio signal sources, particularly during fox hunting activities. This paper aims to examine how the Direction Finder Triangulation method is applied and to identify the parameters that influence its accuracy. The research implements the Direction Finder Triangulation method using several tools, including two handy talkies as transmitter and receiver, a three-element Yagi antenna for signal tracking, and Avenza Maps for measuring and mapping angle points at each reference location. The study was conducted in the area surrounding Tanjungpura University and involved 10 experimental trials at distances ranging from an initial 100 meters to a maximum of 1000 meters. The results indicate that the accuracy of the Direction Finder Triangulation method exceeds 90%, with the lowest recorded accuracy being 91.30% and the highest reaching 99.72%. As the distance between the transmitter and receiver increases, the received signal strength decreases, which in turn reduces the accuracy of the position estimation. The Direction Finder Triangulation method can therefore support radio communities in tracking radio signal sources and can also be applied to locate illegally operating transmitters.*

**Keywords :** *Signal Radio, Direction Finder, Triangulation*

## Abstrak

Direction Finder Triangulation merupakan metode untuk melacak posisi sumber sinyal radio menggunakan receiver yang dilengkapi antena pengarah dengan titik referensi paling sedikit sebanyak dua site. Metode ini digunakan untuk membantu komunitas radio seperti Organisasi Amatir Radio Indonesia (ORARI) dalam melacak posisi sinyal radio terutama pada kegiatan Fox Hunting. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara penggunaan metode Direction Finder Triangulation dan mengetahui parameter yang memengaruhi akurasi. Penelitian ini menggunakan metode Direction Finder Triangulation dan alat-alat yang digunakan yaitu dua perangkat Handy Talky sebagai transmitter-receiver, Antena Yagi 3 elemen untuk melacak posisi sinyal radio, dan Avenza Maps untuk pengukuran serta pemetaan titik sudut pada setiap titik referensi. Penelitian ini dilakukan di sekitar wilayah Universitas Tanjungpura dengan melakukan 10 kali percobaan pada jarak awal 100 meter

sampai akhir 1000 meter. Hasil dari penelitian ini menunjukkan akurasi dari metode Direction Finder Triangulation diatas 90% dengan akurasi terendah 91.30% dan akurasi tertinggi 99.72%. Semakin jauh jarak antara transmitter dengan receiver maka kuat sinyal yang diterima semakin melemah, semakin lemah kuat sinyal yang diterima maka akurasinya menurun. Metode Direction Finder Triangulation dapat mempermudah komunitas radio dalam melacak posisi sinyal radio dan digunakan untuk melacak transmitter yang beroperasi secara ilegal.

**Kata Kunci :** Sinyal Radio, Direction Finder, Triangulation

## PENDAHULUAN

Frekuensi sinyal radio merupakan sumber daya yang penggunaanya terbatas maka frekuensi tersebut dibagi dalam beberapa band yang disebut spektrum frekuensi radio. Penggunaan frekuensi radio yang tidak sesuai aturan berpotensi menyebabkan terjadinya interferensi pada saluran tersebut. Interferensi adalah adanya sinyal luar yang masuk kedalam saluran utama dan dapat memengaruhi penerimaan kualitas gambar maupun suara yang ingin disampaikan (Muttaqin & Rahayu, 2017). Organisasi Amatir Radio Indonesia secara berkala menggelar kegiatan bernama Fox Hunting yang dimana pesertanya berlomba satu sama lain untuk menemukan posisi transmitter yang disembunyikan oleh panitia. Kegiatan ini berguna untuk menambah kemampuan anggota ORARI dalam melacak posisi transmitter ilegal yang sedang beroperasi. Direction Finder Triangulation merupakan metode yang dapat mempermudah melacak posisi sumber pancaran sinyal radio dengan menggunakan dua titik referensi. Metode ini dapat digunakan oleh anggota ORARI karena teknik penggunaannya sangat umum dan mudah, selain itu perangkat yang diperlukan tidak perlu mahal dan banyak hanya receiver dan antena pengarah yang mana menjadi poin ketertarikan pada penggiat hobi radio.

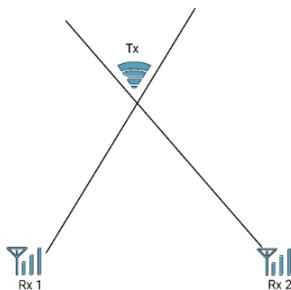
Penelitian ini bertujuan untuk mengedukasi maupun memberikan informasi kepada komunitas dan penggiat radio untuk mengetahui cara melacak posisi sumber pancaran sinyal radio menggunakan metode Direction Finder Triangulation sekaligus dapat mengetahui parameter-parameter yang memengaruhi hasil akurasi. Metode ini lebih cepat karena hanya menggunakan minimal dua titik referensi. Selain lebih cepat juga lebih mudah karena hanya mengandalkan arah sudut dari sumber pancaran sinyal radio pada transmitter.

Meskipun metode Direction Finder telah banyak dibahas dalam penelitian dan praktik pelacakan sumber pancaran sinyal radio, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada penggunaan lebih dari dua titik referensi, pemodelan matematis yang kompleks, atau pemanfaatan perangkat dengan biaya relatif tinggi dan konfigurasi yang rumit. Selain itu, kajian terdahulu umumnya menitikberatkan pada akurasi secara teoritis tanpa mengaitkannya secara langsung dengan kondisi lapangan yang umum dihadapi oleh penggiat radio amatir, seperti pengaruh lingkungan sekitar serta keterbatasan peralatan yang digunakan. Hal ini menyebabkan metode yang diusulkan kurang aplikatif untuk diterapkan secara luas oleh komunitas radio amatir, khususnya anggota Organisasi Amatir Radio Indonesia (ORARI). Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian ini menawarkan kontribusi dengan mengkaji penerapan metode Direction Finder Triangulation yang hanya menggunakan minimal dua titik referensi dengan perangkat sederhana berupa receiver dan antena pengarah. Penelitian ini tidak hanya menekankan pada penentuan posisi sumber pancaran sinyal radio, tetapi juga menganalisis faktor yang memengaruhi tingkat akurasi pelacakan dalam kondisi lapangan. Dengan demikian, penelitian ini menempatkan diri sebagai kajian aplikatif yang menjembatani teori Direction Finder dengan kebutuhan nyata komunitas radio amatir dengan pendekatan yang lebih sederhana, ekonomis, dan mudah diimplementasikan.

## KAJIAN TEORITIS

### 1. Direction Finder Triangulation

Direction Finder dapat digunakan untuk melacak dan lokalisasi suatu emitter (Eliyahu et al., 2022). Radio Direction Finder merupakan suatu aktivitas mencari sumber pancaran sinyal dengan cara melacak arah dari sumber sinyal tersebut dengan menggunakan receiver dan antena pengarah. Antena pengarah digunakan karena memiliki gain yang tinggi dan juga sudut yang tidak seluas antena tipe segala arah sehingga memudahkan pencarian arah sudut pancaran sinyal. Untuk menentukan arah sudut yang sesungguhnya maka memerlukan antena terarah dengan gain yang tinggi (Baik et al., 2017). Metode Triangulation digunakan untuk menentukan posisi pemancar yang lokasinya tidak diketahui dan membutuhkan setidaknya dua titik referensi, selain itu titik arah sudut yang didapatkan dari kedua lokasi saat perpotongan garis tidak akan tepat pada titik lokasi pemancar yang dideteksi karena terdapat error dalam pengukuran. Terdapat beberapa jenis metode Triangulation yaitu Time of Arrival (ToA), Time Difference of Arrival (TDOfA), Received Signal Strength (RSS), Frequency Difference of Arrival (FDOfA), dan Angle of Arrival (AoA). Lokalisasi berbasis AoA bergantung pada pengukuran sudut yang diambil di setiap sensor untuk memperkirakan target. Biasanya, antena pengarah yang digunakan untuk pengukuran tersebut (Aubry et al., 2024). Jelas sekali bahwa antena stasioner tunggal tidak dapat memperoleh informasi untuk estimasi AoA (Eliyahu et al., 2022). AoA dapat diaplikasikan di berbagai bidang komunikasi nirkabel sipil dan militer (Kim & Hwang, 2020).



**Gambar 1.** Direction Finder Triangulation

## 2. Spektrum Frekuensi

Spektrum frekuensi radio sebagai sumber daya alam terbatas yang tersedia sama di setiap negara, dalam hal pengelolaannya memberikan dampak strategis dan ekonomis bagi kesejahteraan masyarakat negara tersebut. Makna ekonomis dan kesejahteraan yaitu sumber daya frekuensi dapat diuangkan yang mana hasil keuntungan tersebut dapat digunakan untuk memakmurkan rakyat pada negara tersebut. Pembagian frekuensi sudah ditetapkan oleh badan internasional, maka dari itu alokasi pembagian frekuensi bersifat universal yang artinya berlaku sama untuk seluruh dunia (Morissan, 2018).

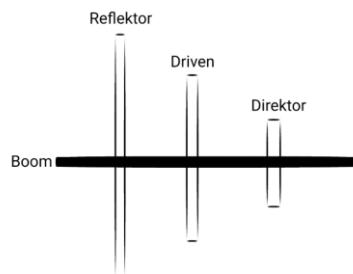
## 3. Received Signal Strength Indicator (RSSI)

RSSI merupakan parameter yang menunjukkan seberapa kuat sinyal yang diterima suatu penerima sinyal pada suatu titik tertentu (Fitriawan et al., 2020). RSSI digunakan sebagai salah satu parameter untuk mengukur seberapa kuat sinyal yang diterima oleh receiver. Kekuatan sinyal RSSI yang diterima oleh receiver tidak hanya bergantung pada jarak melainkan juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan terjadinya peredaman sinyal, pembelokan sinyal, dan pemantulan sinyal. Kondisi lingkungan tersebut mengakibatkan penurunan kuat sinyal yang dipancarkan transmitter dan diterima oleh receiver, walaupun jarak antara pemancar dan receiver cukup dekat namun terhalang maka kekuatan sinyalnya akan menurun (Puspitasari, 2014).

## 4. Antena Yagi

Antena adalah salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi. Antena merupakan daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai transmitter atau receiver gelombang elektromagnetik (Santosa dan Titawael, 2019). Terdapat dua jenis antena yaitu antena pengarah dan antena segala arah.

Antena pengarah bersifat mengumpulkan dan mengirimkan sinyal dalam satu arah dan berbentuk seperti parabola dengan jangkauan jarak yang lebih jauh dan cakupan luas wilayah yang sempit (Vyctoria, 2014). Antena Yagi termasuk dalam antena pengarah. Antena Yagi memiliki 3 komponen utama yaitu sebuah driven element yang merupakan pencatuan dari kabel antena, sebuah reflector yang berfungsi untuk memantulkan pancaran dari driven element, dan sebuah direktor yang mengarahkan pola pancar dari driven element (Rokhman et al., 2016).



**Gambar 2.** Antena Yagi 3 Elemen

##### 5. Handy Talky

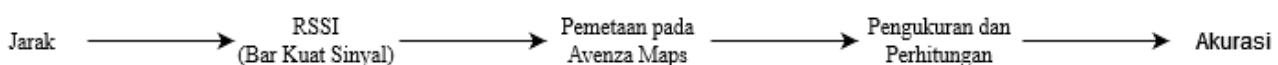
Handy Talky atau HT merupakan alat komunikasi suara dua arah yang penggunaanya menggunakan pengantar gelombang seperti halnya handphone, bedanya pada HT pengirim pesan tidak dapat langsung menerima data suara karena kerja dari alat ini terbatas hanya mengirim atau menerima pada satu waktunya (Nuryanto, 2012).

##### 6. Avenza Maps

Avenza Maps merupakan aplikasi peta pdf yang dilengkapi fitur gps dan dioperasikan melalui perangkat seluler, walaupun tanpa adanya koneksi internet aplikasi ini dapat digunakan dimana saja karena aplikasi ini akan melacak menggunakan gps yang ada di perangkat seluler.

##### 7. Diagram Konseptual Penelitian

Diagram konseptual penelitian pada artikel ilmiah ini akan menjelaskan proses serta hubungan antara variabel dari jarak, RSSI, dan akurasi.



**Gambar 3.** Diagram Konseptual Penelitian

Pada Gambar 3 menunjukkan diagram konseptual penelitian yang menggambarkan proses serta hubungan antar variabel. Jarak antara transmitter dengan receiver memengaruhi RSSI yang diterima oleh antena. Bar nilai RSSI terkuat yang diperoleh akan digunakan untuk pemetaan dan menentukan posisi sinyal radio yang dilacak. Akurasi didapatkan setelah dilakukan proses pemetaan, pengukuran, dan perhitungan untuk mengetahui seberapa akurat pelacakan pada posisi sinyal radio.

#### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan pelacakan sumber sinyal radio pada transmitter dengan jarak awal 100 meter sampai 1000 meter. Percobaan dilakukan di sekitar wilayah Universitas Tanjungpura. Receiver yang dilengkapi dengan Antena Yagi akan mencoba melacak Handy Talky satunya lagi yang berperan sebagai transmitter. Transmitter akan diletakkan pada jarak 100 meter sampai 1000 meter dari posisi receiver. Arah sudut dengan sinyal terkuat dari dua titik referensi itulah yang menghasilkan perpotongan garis yang mana merupakan hasil dari pelacakan terhadap posisi transmitter. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

**Tabel 1.** Alat dan Bahan

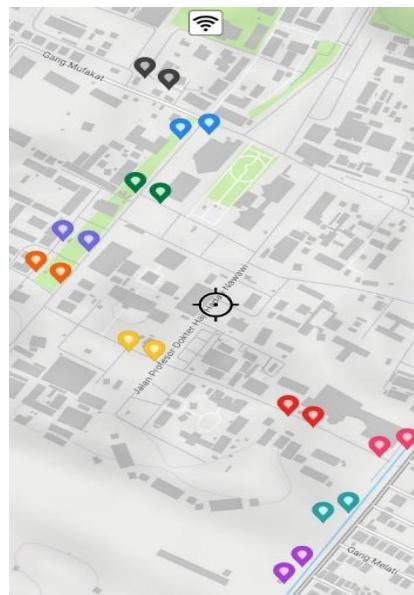
No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Sepasang Handy Talky	Perangkat yang peneliti gunakan sebagai transmitter dan receiver
2	Antena Yagi 3 Elemen	Perangkat yang peneliti gunakan sebagai antena pada receiver
3	Avenza Maps	Perangkat yang peneliti gunakan sebagai kompas, pengukuran, dan pemetaan

### 1. Desain Penelitian

Untuk melacak posisi sinyal radio menggunakan metode Direction Finder Triangulation perlu melalui beberapa tahapan yang dilakukan sebagai langkah penelitian agar dapat terencana dan terstruktur. Desain penelitian berikut merupakan tahapan yang dilakukan dalam melacak posisi sinyal radio yang diharapkan agar penelitian ini dapat dipahami.

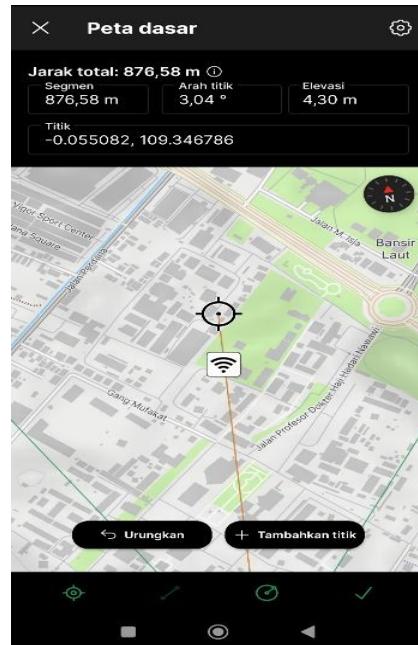
**Gambar 4.** Desain Penelitian

Transmitter dan receiver setelah dilakukan pencocokan saluran frekuensi, selanjutnya diletakkan berjauhan dari jarak awal 100 meter sampai akhir 1000 meter seperti gambar berikut:



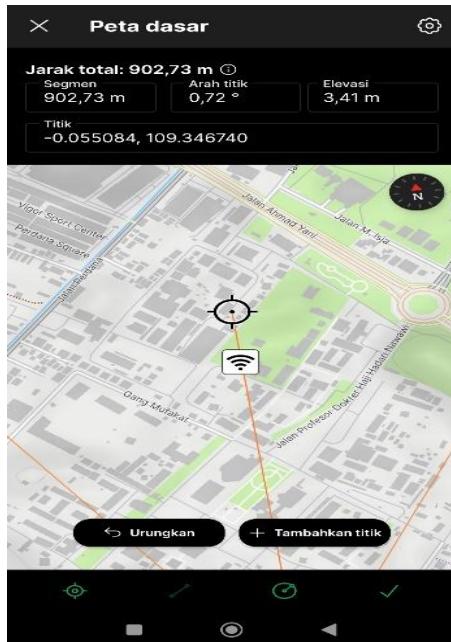
Gambar 5. Pemetaan Lokasi Percobaan

Setelah transmitter memancarkan sinyal radio, maka receiver yang telah dipasang antena yagi akan mengarahkan antena ke titik sudut dengan pancaran sinyal terkuat dan dipetakan seperti gambar berikut:



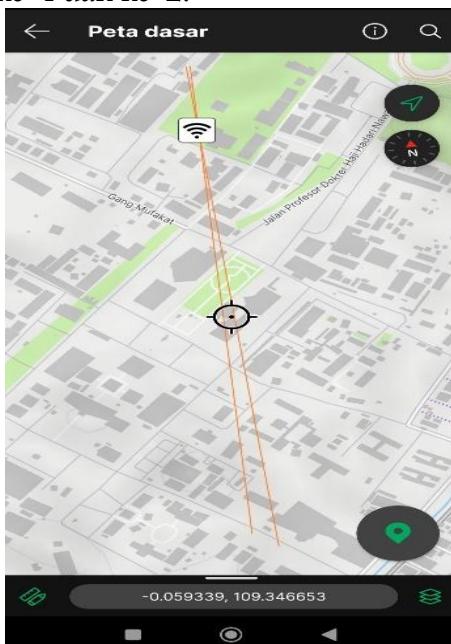
Gambar 6. Pemetaan pada Titik Referensi ke~1

Selanjutnya pada titik referensi ke~2 lakukan hal yang sama seperti pada titik referensi ke~1.



Gambar 7. Pemetaan pada Titik Referensi ke-2

Terakhir maka terjadilah perpotongan garis yang menunjukkan hasil pelacakan sumber sinyal radio dari titik referensi ke-1 dan ke-2.



Gambar 8. Perpotongan Garis antara Titik Referensi ke-1 dengan ke-2



Gambar 9. Pelacakan Posisi Transmitter

Akurasi dari setiap percobaan didapatkan setelah semua percobaan yang telah dilakukan sudah dipetakan pada Avenza Maps dengan cara melakukan pengukuran pada aplikasi tersebut dan perhitungan manual.

Salah satu faktor yang memengaruhi akurasi pengukuran pada penelitian ini adalah keterbatasan perangkat receiver berupa Handy Talky yang digunakan. Perangkat HT hanya menampilkan indikator kuat sinyal dalam bentuk bar bukan nilai RSSI dalam satuan dBm, sehingga pengukuran menjadi terbatas. Kondisi ini berpotensi menimbulkan error pengukuran karena perubahan kecil pada daya sinyal tidak dapat terdeteksi secara kuantitatif. Lingkungan pengukuran berada pada area urban yang dipenuhi oleh bangunan-bangunan tinggi menyebabkan terjadinya multipath propagation akibat pantulan, difraksi, dan hamburan gelombang radio yang mengakibatkan fluktuasi nilai kuat sinyal yang diterima. Fenomena ini turut memengaruhi akurasi estimasi posisi sinyal radio.

## 2. Perhitungan Akurasi

Setelah melakukan pemetaan dan pengukuran pada aplikasi Avenza Maps maka selanjutnya melakukan perhitungan nilai akurasi pada metode Direction Finder Triangulation sebagai berikut:

$$Akurasi = \left( \frac{R_T - Selisih}{R_T} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

$R_T$  adalah jarak dari titik referensi menuju posisi pelacakan (m)

Selisih adalah perbedaan jarak posisi pelacakan dengan posisi sinyal radio sesungguhnya (m)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

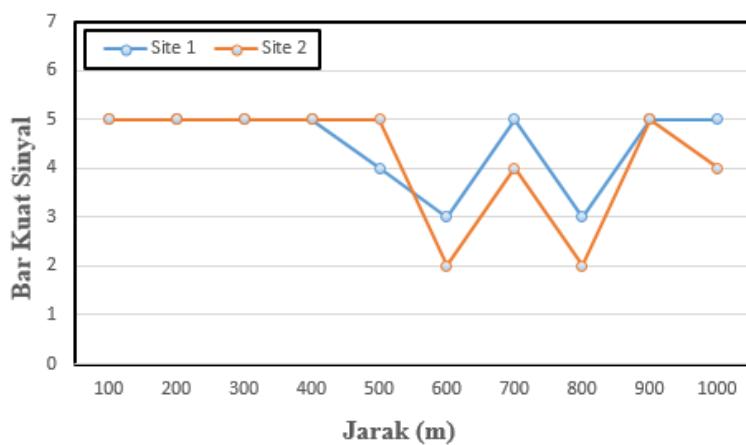
Penelitian dilakukan di sekitar wilayah Universitas Tanjungpura sebanyak 10 kali percobaan dengan jarak awal 100 meter sampai akhir yaitu 1000 meter menggunakan sepasang Handy Talky yang berfungsi sebagai transmitter dan receiver yang dilengkapi Antena Yagi, lalu aplikasi Avenza Maps yang berfungsi untuk pemetaan secara real-time pada seluruh percobaan yang telah dilaksanakan. Hasil yang diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.** Hasil Percobaan Direction Finder Triangulation

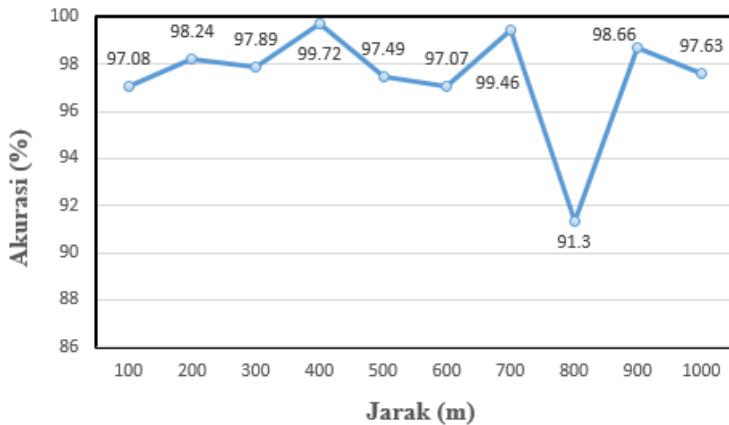
No	Jarak (m)	Kuat Sinyal Site-1	Kuat Sinyal Site-2	Akurasi (%)
1	100	5	5	97.08
2	200	5	5	98.24
3	300	5	5	97.89
4	400	5	5	99.72
5	500	4	5	97.49
6	600	3	2	97.07
7	700	5	4	99.46
8	800	3	2	91.3
9	900	5	5	98.66
10	1000	5	4	97.63

Pada **Tabel 2** menunjukkan akurasi terendah ada pada jarak 800 meter yaitu 91.3% yang dimana kuat sinyal yang diperoleh lebih lemah sehingga akurasi yang diperoleh menurun, hal ini sejalan dengan teori dari Direction Finder Triangulation yang mana semakin lemah kuat sinyal yang diperoleh menyebabkan titik sudut menjauh dari posisi transmitter sehingga akurasi yang diperoleh akan menurun, begitu pula pada akurasi tertinggi pada jarak 400 meter yaitu 99.72% yang dimana kuat sinyal yang diperoleh lebih kuat sehingga akurasi yang diperoleh meninggi.

Pada jarak 800 meter yang merupakan akurasi terendah bisa terjadi dikarenakan percobaan dilakukan di sekitar wilayah Universitas Tanjungpura yang mana merupakan area urban yang terdapat bangunan-bangunan tinggi sehingga kondisi lingkungan tersebut dapat menyebabkan terjadinya peredaman sinyal, pembelokan sinyal, dan pemantulan sinyal yang mengakibatkan pancaran sinyal radio yang diterima oleh receiver melemah sejalan dengan teori RSSI.

**Gambar 10.** Grafik Kuat Sinyal Terhadap Jarak

Pada **Gambar 10** menunjukkan kuat sinyal yang diperoleh sudah tidak selaras setelah melewati jarak yang lebih dari 500 meter, hal ini dikarenakan selain jaraknya yang lebih jauh juga dikarenakan kondisi lingkungan urban yang mana dikelilingi bangunan yang membuat perolehan kuat sinyal tidak beraturan sesuai pada teori RSSI.



Gambar 11. Grafik Akurasi Terhadap Jarak

Pada Gambar 11 dapat menunjukkan akurasi tertinggi yaitu pada jarak 400 meter dikarenakan kuat sinyal yang diperoleh receiver maksimal berbeda pada akurasi terendah yaitu pada jarak 800 meter yang mana kuat sinyal yang diperoleh receiver melemah sehingga akurasi yang didapatkan lebih rendah dibandingkan pada jarak yang lainnya. Bukan hanya karena faktor jarak tapi kondisi lingkungan urban di sekitar Universitas Tanjungpura yang menyebabkan kuat sinyal yang diperoleh receiver bervariasi.

Berdasarkan hasil percobaan perubahan akurasi metode Direction Finder terhadap jarak tidak menunjukkan pola linier. Pada jarak tertentu akurasi dapat meningkat, sementara pada jarak lainnya mengalami penurunan. Fenomena ini disebabkan oleh karakteristik propagasi gelombang radio pada lingkungan urban yang dipenuhi oleh bangunan-bangunan tinggi. Selain itu, pengujian dilakukan pada beberapa lokasi yang berbeda dengan kondisi lingkungan yang tidak identik, seperti kepadatan dan konfigurasi bangunan. Perbedaan kondisi ini menghasilkan pola multipath yang bervariasi pada setiap jarak pengukuran. Oleh karena itu, hubungan antara jarak dan akurasi sistem bersifat tidak linier.

Meskipun pada penelitian Puspitasari (2014) yang digunakan sebagai salah satu referensi tidak secara khusus membahas metode Direction Finder, penelitian tersebut mengkaji karakteristik perubahan nilai RSSI terhadap jarak dan lingkungan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai RSSI tidak hanya dipengaruhi oleh jarak, tetapi juga oleh kondisi lingkungan. Fenomena ini relevan dengan penelitian ini, mengingat metode Direction Finder yang digunakan bergantung pada nilai RSSI. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memiliki fenomena yang mirip dengan penelitian sebelumnya dan menunjukkan bahwa fluktuasi RSSI akibat lingkungan urban menjadi faktor yang memengaruhi akurasi Direction Finder.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Direction Finder Triangulation merupakan metode untuk melacak posisi sumber pancaran sinyal radio dengan sedikitnya menggunakan dua titik referensi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan metode ini dapat memberikan manfaat terhadap komunitas radio maupun penggiat radio dikarenakan teknik yang digunakan terbilang mudah dan cukup praktis, selain itu perangkat yang digunakan juga tidak perlu mahal dan banyak. Akurasi yang diperoleh dari 10 kali percobaan juga masih diatas 90% yang artinya metode ini direkomendasikan untuk melacak posisi sumber pancaran sinyal radio dengan kemampuan dan perangkat yang terbatas. Kondisi lingkungan dan jarak juga dapat memengaruhi hasil akurasi yang didapatkan.

Penggunaan metode Direction Finder Triangulation dapat digunakan karena penerapannya mudah dan sangat praktis, terutama ketika sedang dalam keadaan darurat dengan keterbatasan perangkat.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aubry, A., Babu, P., Braca, P., Maio, A. D., & Panwar, K. (2024). Sensor placement strategies for target localization via 3D AOA measurements. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 61(2), 2134-2148. <https://doi.org/10.1109/TAES.2024.3463636>
- Baik, K.J., Lee, S., & Jang, B.J. (2017). AOA-based local positioning system using a time-modulated array. *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, 17(4), 181-185. <https://doi.org/10.26866/jees.2017.17.4.181>
- Eliyahu, G., Maor, A. M., Meshar, R., Mukamal, R., & Weiss, A.J. (2022). Single transmitter direction finding using a single moving omnidirectional antenna. *Sensors*, 22(23). <https://doi.org/10.3390/s22239208>
- Fitriawan, H., Rohman, R. C., Herlinawati, H., & Purwiyanti, S. (2020). Pengukuran RSSI jaringan sensor nirkabel berbasis ZigBee pada berbagai topologi. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(2), 15-21. <https://doi.org/10.17529/jre.v16i2.15750>
- Kim, T. Y., & Hwang, S. S. (2020). Cascade AOA estimation algorithm based on flexible massive antenna array. *Sensors*, 20(23). <https://doi.org/10.3390/s20236797>
- Morissan, M.A. (2018). *Manajemen Media Penyiaran: Strategi Mengelola Radio & Televisi Ed Revisi*. Kencana.
- Muttaqin, A., & Rahayu, Y. (2017). Analisis potensi interferensi sistem LTE dengan EGSM di pita 800 MHz. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik dan Sains*, 4(1), 1-7.
- Nuryanto, H. (2012). *Sejarah Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi*. PT Balai Pustaka (Persero).
- Puspitasari, N. F. (2014). Analisis RSSI (Receive Signal Strength Indicator) terhadap ketinggian perangkat Wi-Fi di lingkungan indoor. *Jurnal DASI*, 18(4), 32-38.
- Rokhman, D. N., Darlis, A.R., & Lidyawati, L. (2016). Implementasi antena yagi 5 elemen sebagai penerima siaran televisi di Kota Bandung. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, 3(1), 227-238. <https://doi.org/10.25124/jett.v3i1.128>
- Santosa, S. P., & Titawael, A. (2019). Rancang Bangun Antena Yagi 7 Elemen Lingkaran Penguat Sinyal Wifi. *Elektrokrisna*, 7(3), 93-101.
- Vyctoria. (2014). *Tips & Trik Jaringan Wireless*. PT Elex Media Komputindo.