

# Implementasi Deteksi Interferensi Sinyal 4G di dalam Ruang menggunakan USRP B210 dan RTL-SDR

## *Implementation of Indoor 4G Signal Interference Detection using USRP B210 and RTL-SDR*

<sup>1</sup>Ciksadan\*, <sup>2</sup>Feri Thabroni, <sup>3</sup>Suroso

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Telekomunikasi, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya  
<sup>1,2,3</sup>Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia  
\*e-mail: [ciksadanc@gmail.com](mailto:ciksadanc@gmail.com)

(received: 23 June 2025, revised: 16 July 2025, accepted: 17 July 2025)

### Abstrak

Interferensi sinyal merupakan salah satu tantangan utama dalam menjaga kualitas layanan jaringan 4G, terutama di lingkungan dalam ruangan yang kompleks secara propagasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi interferensi sinyal 4G berbasis Software Defined Radio (SDR) dengan menggunakan perangkat USRP B210 sebagai pemancar dan dua unit RTL-SDR sebagai penerima. Sistem dirancang untuk memantau sinyal secara real-time pada frekuensi 800 MHz dan 1700 MHz, serta menganalisis parameter Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan Signal-to-Noise Ratio (SNR) dari masing-masing RTL-SDR untuk mengidentifikasi adanya gangguan sinyal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa RTL1 secara konsisten menerima sinyal dengan kualitas lebih tinggi dibandingkan RTL2. Pada frekuensi 800 MHz, perbedaan SNR antara kedua perangkat mencapai 21,06 dB, sedangkan pada 1700 MHz sebesar 15,46 dB. Meskipun tidak ditemukan sinyal asing secara visual pada spektrum, nilai SNR yang lebih rendah pada RTL2 mengindikasikan adanya interferensi non-spektral yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kondisi propagasi, seperti multipath atau hambatan fisik. Dengan demikian, sistem yang dibangun terbukti mampu mendeteksi interferensi tersembunyi melalui pendekatan kuantitatif antar dua penerima secara simultan. Pendekatan ini efektif digunakan untuk pemantauan sinyal di dalam ruangan dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung otomatisasi berbasis pembelajaran mesin.

**Kata kunci:** interferensi, sinyal 4G, USRP B210, RTL-SDR, GNU radio

### Abstract

Signal interference is one of the main challenges in maintaining the quality of 4G network services, particularly in indoor environments with complex propagation characteristics. This study aims to develop a 4G signal interference detection system based on Software Defined Radio (SDR), utilizing a USRP B210 device as the transmitter and two RTL-SDR units as receivers. The system is designed to monitor signals in real time at frequencies of 800 MHz and 1700 MHz, and to analyze Received Signal Strength Indicator (RSSI) and Signal-to-Noise Ratio (SNR) parameters from each RTL-SDR to identify potential signal interference. The test results show that RTL1 consistently received signals of higher quality compared to RTL2. At 800 MHz, the SNR difference between the two receivers reached 21.06 dB, while at 1700 MHz it was 15.46 dB. Although no foreign signals were visually detected in the spectrum, the significantly lower SNR values on RTL2 indicate the presence of non-spectral interference, likely caused by differences in propagation conditions such as multipath effects or physical obstructions. These findings demonstrate that the proposed system is capable of detecting hidden interference through a quantitative comparison between two receivers operating simultaneously. This approach proves effective for indoor signal monitoring and can be further developed to support automation using machine learning techniques.

**Keywords:** interference, 4G signal, USRP B210, RTL-SDR, GNU radio

## 1 Pendahuluan

Kemajuan teknologi jaringan seluler generasi keempat (4G) telah mendorong meningkatnya kebutuhan akan layanan komunikasi yang andal dan berkualitas tinggi, terutama di area dalam ruangan. Namun demikian, tantangan terhadap kualitas sinyal, khususnya interferensi, masih menjadi isu yang signifikan meskipun berbagai metode penanggulangan telah dikembangkan [1], Tingkat gangguan sinyal dapat bervariasi tergantung pada karakteristik propagasi tiap pita frekuensi. Misalnya, frekuensi rendah seperti sub-6 GHz, karena memiliki panjang gelombang yang besar, mampu merambat dan berdifraksi dengan baik melalui hambatan fisik maupun atmosfer. Namun, karakteristik ini juga menjadikannya lebih rentan terhadap fenomena penyaluran dan gangguan propagasi[2].

Dalam praktiknya, sistem komunikasi nirkabel sering kali menghadapi sinyal-sinyal tak dikenal yang berasal dari banyaknya perangkat pemancar yang aktif di berbagai frekuensi, sehingga proses identifikasi interferensi menjadi semakin kompleks[3]. Untuk itu, dibutuhkan sistem pemantauan spektrum yang tidak hanya fleksibel dan dapat beradaptasi terhadap dinamika spektrum, tetapi juga mampu bekerja secara real-time dalam mendeteksi gangguan yang muncul[4][5].

Sebagai kontribusi dalam upaya ini, penelitian ini merancang arsitektur sistem SDR yang bertujuan menggabungkan kecepatan pengembangan dengan performa tinggi secara simultan yakni kemampuan throughput besar dan latensi rendah[4]. Pendekatan SDR juga menjadi dasar pengembangan konsep radio kognitif, di mana perangkat dapat terus-menerus memantau lingkungan elektromagnetik untuk mendeteksi ruang spektrum kosong dan beradaptasi dengan mengubah modulasi maupun frekuensi sesuai kebutuhan [6]. Arsitektur sistem SDR ini mendukung pengiriman data uji melalui jaringan ke platform pengujian perangkat lunak GNU Radio, serta menangani akuisisi dan pengolahan data monitoring secara waktu nyata (real-time)[7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan merancang sistem SDR yang menggunakan dua unit RTL-SDR secara paralel. Dengan melakukan pengukuran parameter RSSI dan SNR secara langsung dan real-time, sistem ini mampu mengidentifikasi gangguan non-spektral yang tersembunyi dan tidak terlihat secara eksplisit di spektrum, menjadikannya solusi yang efisien untuk pemantauan sinyal dalam ruangan.

## 2 Tinjauan Literatur

Studi-studi yang berkaitan dengan deteksi interferensi dan pemantauan spektrum menggunakan pendekatan Software Defined Radio (SDR) telah menunjukkan keragaman strategi dan teknik yang digunakan. Salah satu arah yang umum dijumpai adalah penggunaan SDR untuk tujuan edukasi dan visualisasi spektrum secara langsung, Del Barrio et al.[8] memanfaatkan kombinasi GNU Radio dan RTL-SDR untuk menampilkan distribusi spektrum secara real-time, yang efektif digunakan baik untuk pembelajaran maupun untuk deteksi dasar terhadap anomali spektrum.

Dalam aspek lain, eksperimen mengenai koeksistensi sinyal dan dampak interferensinya juga banyak dikaji. Samy et al.[9], misalnya, merancang sistem SDR modular untuk mengamati interaksi antara sinyal Wi-Fi dan LTE. Penelitian ini menunjukkan bahwa desain arsitektur sistem yang dapat dikonfigurasi ulang sangat penting dalam menghadapi gangguan non-spektral yang sering tidak terlihat dalam visualisasi spektrum biasa.

Pada pendekatan yang lebih canggih, teknologi pembelajaran mesin telah dimanfaatkan secara luas untuk mendeteksi gangguan dalam spektrum nirkabel. Owfi dan Afghah [3], serta Seguin et al. [10], berhasil mengintegrasikan metode deep learning dan meta-learning untuk mengenali pola jamming secara otomatis. Shashank et al.[11] memperkuat pendekatan tersebut dengan menerapkan inference Bayesian, memungkinkan pendeteksian gangguan secara langsung dalam jaringan 5G NR yang kompleks dan dinamis.

Lebih jauh lagi, terdapat studi yang menekankan penggunaan parameter fisik sinyal untuk klasifikasi dan identifikasi. Yakkati et al. [5] menggunakan CNN untuk klasifikasi jenis modulasi sinyal, sedangkan Nakarmi et al.[12] menerapkan pembelajaran terawasi berbasis RSRP untuk mengidentifikasi sinyal dari base station palsu. Penelitian oleh Bello. [13] dan Samy et al.[9] secara khusus mengevaluasi performa sistem SDR berbasis USRP dan RTL-SDR dalam mengukur SNR dan kualitas sinyal di lingkungan dalam ruangan.

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, sebagian besar penelitian cenderung memusatkan perhatian pada visualisasi spektrum dan teknik pembelajaran mesin, dengan penggunaan satu perangkat penerima. Sementara itu, pendekatan untuk mendeteksi interferensi non-spektral menggunakan perbandingan kuantitatif antar dua perangkat penerima secara simultan masih relatif jarang dijumpai.

Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengembangkan sistem SDR berbasis dua penerima RTL-SDR yang bekerja secara bersamaan, serta menggunakan analisis SNR dan RSSI untuk mendeteksi interferensi non-spektral secara real-time di lingkungan indoor.

### 3 Metode Penelitian

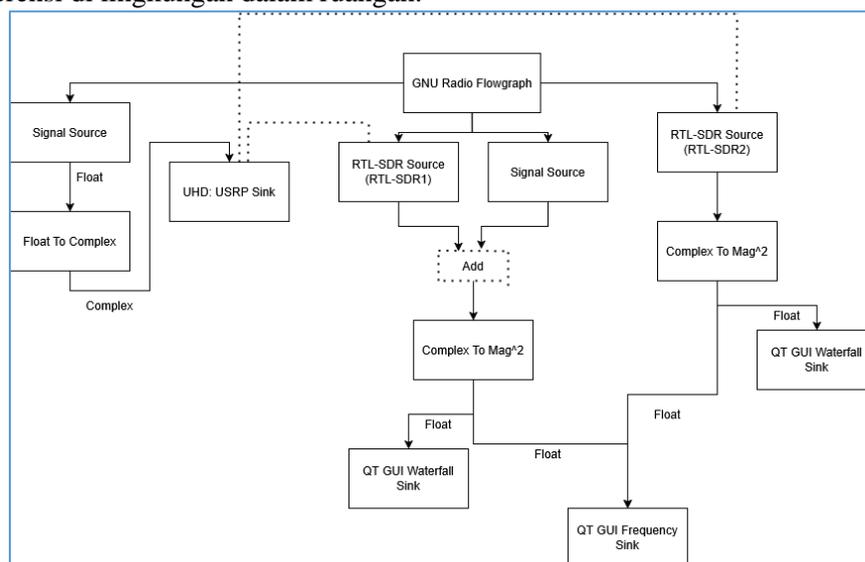
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yaitu pendekatan yang berbasis pada pengukuran numerik dan analisis data untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem deteksi interferensi sinyal 4G. Implementasi dilakukan dengan mengembangkan sistem berbasis Software-Defined Radio (SDR) yang terdiri dari perangkat USRP B210, dua unit RTL-SDR, dan perangkat lunak GNU Radio.

Sistem dirancang untuk menghasilkan sinyal LTE/4G menggunakan USRP dan menangkap sinyal menggunakan RTL-SDR. Data yang diterima dari RTL-SDR diolah di GNU Radio untuk memperoleh parameter spektral berupa nilai kuadrat magnitudo ( $|I^2 + Q^2|$ ), yang merepresentasikan kekuatan sinyal pada setiap titik frekuensi.

Deteksi interferensi dilakukan dengan membandingkan nilai spektral terhadap ambang batas tertentu. Sinyal yang melampaui ambang batas dikategorikan sebagai interferensi. Jumlah interferensi yang terdeteksi, frekuensi kemunculannya, kekuatan sinyal yang mengganggu (dB), dan lebar pita interferensi dihitung dan dianalisis sebagai data kuantitatif. Hasilnya kemudian digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem.

Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya mengandalkan pengamatan visual, tetapi juga menghasilkan data numerik yang dapat dibandingkan secara objektif untuk membuktikan efektivitas sistem deteksi interferensi.

Gambar 1 menunjukkan alur kerja sistem deteksi interferensi sinyal jaringan 4G menggunakan GNU Radio dengan perangkat USRP B210 sebagai pemancar dan dua RTL-SDR sebagai penerima. Tujuan diagram alir ini adalah untuk menggambarkan proses transmisi dan penerimaan sinyal serta deteksi interferensi di lingkungan dalam ruangan.



Gambar 1 Alur kerja sistem

*Flowgraph* yang dikembangkan di GNU Radio dalam penelitian ini terdiri dari serangkaian blok pemrosesan sinyal digital yang membentuk sistem transmisi dan penerimaan sinyal menggunakan perangkat USRP dan RTL-SDR. Setiap perangkat dikonfigurasi melalui jalur pemrosesan sinyal yang terpisah dan bekerja secara bersamaan.

Pada sisi pemancar, blok *Signal Source* digunakan untuk menghasilkan sinyal pita dasar digital, seperti gelombang sinusoidal atau sinyal pembawa LTE buatan. Sinyal ini kemudian diubah dari bentuk nyata ke format kompleks (I/Q) menggunakan blok *Float to Complex*, untuk memenuhi

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

kebutuhan pemrosesan sinyal frekuensi radio. Setelah diubah, sinyal kompleks ini dikirim ke perangkat USRP B210 melalui blok UHD: USRP Sink. Pada blok ini, beberapa parameter penting seperti frekuensi pusat, laju sampel, dan penguatan dapat disesuaikan untuk menentukan karakteristik transmisi sinyal RF yang dihasilkan.

Pada sisi penerima, digunakan dua blok RTL-SDR Source, yang masing-masing mengendalikan satu perangkat RTL-SDR untuk menangkap sinyal RF dari udara. Sinyal yang ditangkap oleh RTL-SDR diubah ke dalam format digital kompleks (I/Q) agar dapat diproses lebih lanjut. Selain menerima sinyal dari udara, sistem juga menggunakan blok Signal Source tambahan sebagai sumber sinyal uji internal yang disalurkan ke jalur RTL-SDR untuk keperluan verifikasi dan simulasi. Kedua sinyal, baik dari RTL-SDR maupun dari sumber internal, digabungkan menggunakan blok Add, yang memungkinkan sistem menganalisis kombinasi sinyal nyata dan sinyal uji secara bersamaan.

Sinyal kompleks yang dihasilkan kemudian diproses melalui blok Complex To Mag<sup>2</sup> untuk menghitung nilai magnitudo kuadrat, yang mencerminkan kekuatan sinyal pada berbagai frekuensi. Hasil pemrosesan kemudian divisualisasikan menggunakan dua jenis tampilan, yaitu QT GUI Frequency Sink dan QT GUI Waterfall Sink. Blok Frequency Sink menyajikan spektrum frekuensi secara real-time dalam bentuk grafik daya versus frekuensi, sedangkan Waterfall Sink menampilkan distribusi sinyal terhadap waktu dan frekuensi secara bersamaan. Kombinasi kedua tampilan ini sangat efektif untuk mendeteksi sinyal dominan, interferensi sesaat, dan pola interferensi periodik.

Dengan konfigurasi ini, sistem mampu menangkap dan menganalisis sinyal dalam domain waktu dan frekuensi secara paralel menggunakan dua penerima, serta menyediakan informasi visual dan kuantitatif untuk deteksi interferensi dalam jaringan komunikasi nirkabel.

## 4 Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan hasil dan pembahasan untuk mendeteksi interferensi sinyal 4G pada lingkungan dalam ruangan menggunakan kombinasi USRP B210 sebagai pemancar dan dua unit RTL-SDR sebagai penerima. Penelitian ini dilakukan pada frekuensi 800 Mhz dan 1700 Mhz, yang merupakan pita frekuensi umum dalam jaringan LTE.

### 4.1 Konfigurasi Parameter Pengujian

Sebelum dilakukan pengukuran sinyal, flowgraph GNU Radio dirancang dengan dua jalur pemrosesan, yaitu jalur pemancar menggunakan USRP B210 dan jalur penerima menggunakan dua unit RTL-SDR. Tabel berikut merupakan parameter konfigurasi dari masing-masing blok pada flowgraph.

#### 1. Konfigurasi Parameter USRP B210

Tabel 1 Parameter USRP B210

| Block Name       | Parameter   | Mark                 | Information                                   |
|------------------|-------------|----------------------|---|
| Variable         | Samp_rate   | 500k                 | Menentukan sample rate                        |
| Signal Source    | Waveform    | Sin                  | Sinyal uji berupa gelombang sinusoidal        |
|                  | Frequency   | 100k                 | Frekuensi sinyal uji                          |
|                  | Amplitude   | 500m                 | Amplitudo sinyal                              |
| Float To Complex | -           | -                    | Mengubah sinyal float menjadi format kompleks |
| UHD: USRP Sink   | Center Freq | 800 MHz dan 1700 MHz | Frekuensi center untuk transmisi sinyal       |
|                  | Gains       | 30                   | Penguat transmisi                             |

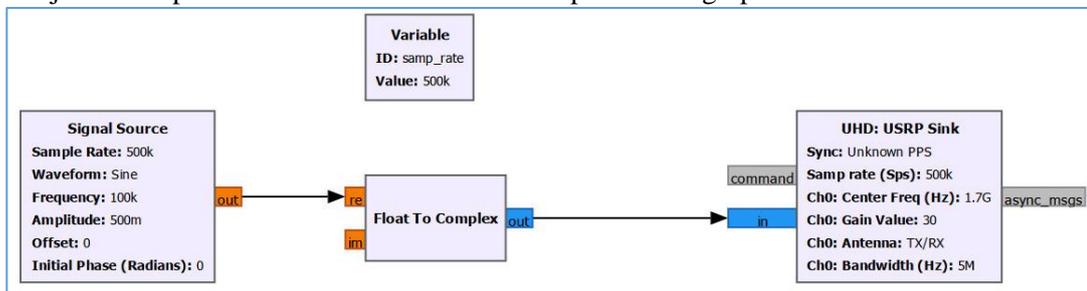
| Antenna   | TX/RX | Jalur antenna yang digunakan         |
|-----------|-------|--------------------------------------|
| Bandwidth | 5M    | Bandwidth sinyal yang ditransmisikan |

Tabel 1 di atas menunjukkan konfigurasi parameter dalam *flowgraph* GNU Radio yang digunakan dalam proses transmisi sinyal menggunakan perangkat USRP B210. Parameter *samp\_rate* sebesar 500 k digunakan untuk menentukan laju pengambilan sampel sinyal digital, dan nilainya harus konsisten di seluruh blok untuk pemrosesan sinyal yang stabil.

Blok *Signal Source* digunakan untuk menghasilkan sinyal uji bentuk gelombang sinusoidal dengan frekuensi 100 kHz dan amplitudo 0,5. Sinyal ini adalah sinyal pita dasar yang akan diubah menjadi bentuk kompleks oleh blok *Float To Complex*, karena sinyal RF memerlukan data dalam format kompleks (I/Q). Blok UHD: USRP Sink bertanggung jawab untuk mengirimkan sinyal ke perangkat USRP B210.

Parameter penting seperti frekuensi tengah (800 MHz), penguatan (30 dB), lebar pita (5 MHz), dan jalur antenna TX/RX dikonfigurasi untuk mencerminkan sinyal uji lingkungan 4G. Frekuensi 800 MHz dipilih karena merupakan salah satu pita frekuensi yang digunakan oleh jaringan LTE di Indonesia, sehingga cocok untuk digunakan dalam penelitian interferensi sinyal LTE.

Konfigurasi ini dirancang agar sinyal uji dapat ditransmisikan secara optimal ke udara dan kemudian diterima kembali oleh perangkat RTL-SDR untuk dilakukan analisis lebih lanjut terkait potensi interferensi. Berikut merupakan *flowgraph* USRP B210 di GNU Radio.



Gambar 2 *Flowgraph* USRP B210

Gambar 2 menunjukkan sebuah *flowgraph* di GNU Radio Companion (GRC) yang digunakan untuk mengirim sinyal menggunakan perangkat USRP B210. Sistem ini terdiri dari beberapa blok yang saling terhubung untuk membentuk proses pengiriman sinyal digital. Pertama, sinyal dibuat oleh blok "Signal Source". Sinyal ini berbentuk gelombang sinus dengan frekuensi 1 kHz dan amplitudo 0.5. Laju pengambilan sampelnya sebesar 5 juta sampel per detik (5 MHz), sesuai dengan variabel *samp\_rate*. Karena sinyal yang dihasilkan masih berupa data real (float), maka sinyal ini perlu diubah menjadi bentuk kompleks agar bisa diproses oleh USRP. Untuk itu digunakan blok "Float to Complex", yang menggabungkan data real menjadi sinyal kompleks, meskipun hanya satu sisi (real) yang aktif, sedangkan bagian imajinerinya nol. Setelah itu, sinyal kompleks ini dikirim ke blok "USRP Sink". Blok ini bertugas untuk menghubungkan GNU Radio dengan perangkat USRP B210. Di dalamnya, sinyal akan dipancarkan pada frekuensi 900 MHz, dengan gain sebesar 70 dB dan bandwidth 5 MHz. Secara singkat, sistem ini berfungsi untuk membuat sinyal sinus dan memancarkannya melalui USRP B210. Sistem ini bisa digunakan untuk pengujian awal sebelum menambahkan fitur lain, seperti sistem deteksi interferensi sinyal 4G di dalam ruangan.

## 2. Konfigurasi Parameter RTL-SDR

**Tabel 2 Parameter RTL-SDR**

| Block Name            | Parameter        | Mark                     | Information  |
|-----------------------|------------------|--------------------------|--|
| Variable              | ID               | Samp_rate                | Variable global yang digunakan untuk menyamakan sample rate antar blok |
|                       | Value            | 10k                      | Sample rate yang digunakan dalam semua blok                            |
| RTL-SDR Source (1)    | Device Arguments | rtl=0                    | RTL-SDR pertama (receiver utama)                                       |
|                       | Sample Rate      | 10k                      | Kecepatan akuisisi data  |
|                       | Frequency        | 800 MHz dan 1700 MHz     | Frekuensi center RTL-SDR 1   |
|                       | RF Gain          | 10 db                    | Penguat sinyal RF  |
|                       | IF Gain          | 20 db                    | Penguat intermediate frekuensi   |
|                       | BB Gains         | 20 db                    | Penguat Baseband   |
|                       | Bandwidth        | 1M                       | Lebar pita kanal   |
|                       | Antenna          | TX2                      | Mode antena default  |
| RTL-SDR Source (2)    | Device Arguments | rtl=1                    | RTL-SDR pertama (receiver utama)                                       |
|                       | Sample Rate      | 10k                      | Kecepatan akuisisi data  |
|                       | Frequency        | 800.5 MHz dan 1700.5 MHz | Frekuensi center RTL-SDR 1   |
|                       | RF Gain          | 10 db                    | Penguat sinyal RF  |
|                       | IF Gain          | 20 db                    | Penguat intermediate frekuensi   |
|                       | BB Gains         | 20 db                    | Penguat Baseband   |
|                       | Bandwidth        | 1M                       | Lebar pita kanal   |
|                       | Antenna          | TX2                      | Mode antena default  |
| Signal Source         | Sample Rate      | 10k                      | Sinyal interferensi buatan   |
|                       | Frequency        | 1k                       | Frekuensi sinyal sine  |
|                       | Amplitude        | 800m                     | Besaran sinyal interferensi  |
| Add                   |                  |                          | Penghubung RTL-SDR (1) dan signal source                               |
| Complex To Mag^2 (2x) | -                | -                        | Mengubah sinyal kompleks menjadi kekuatan sinyal                       |
| QT GUI Frequency      | FFT Size         | 1024                     | Menampilkan spektrum   |

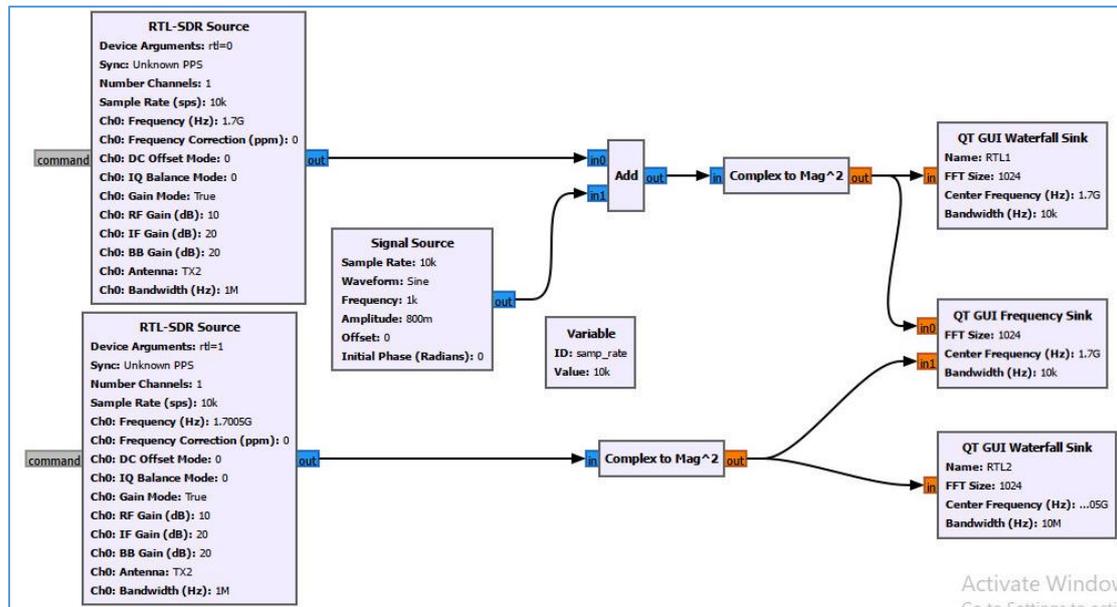
| Sink                        |                  | 800 MHz dan 1700 MHz                        | sinyal                             |
|-----------------------------|------------------|---|------------------------------------|
| QT GUI<br>Waterfall<br>Sink | Center Frequency | 800 MHz dan 1700 MHz                        | Menampilkan sekitar DC             |
|                             | Bandwidth        | 10k   | Disamakan dengan sample rate       |
|                             | FFT Size         | 1024  | Menampilkan waktu vs frekuensi     |
|                             | Frequency Center | 800 MHz, 800.5 MHz, 1700 MHz dan 1700.5 MHz | Tampilan dari sinyal yang diproses |
|                             | Bandwidth        | 10k   | Disamakan dengan sample rate       |

Tabel 2 di atas menunjukkan konfigurasi blok utama dalam sistem penerima berbasis RTL-SDR, yang digunakan untuk menangkap dan menganalisis sinyal RF yang telah ditransmisikan oleh USRP atau gangguan sinyal di udara. Dua perangkat RTL-SDR digunakan secara paralel dengan pengaturan frekuensi yang sedikit berbeda untuk mendeteksi perbedaan dalam sinyal yang diterima dan kemungkinan gangguan. Parameter Variabel dengan ID *Samp\_rate* ditetapkan ke 10 k, yang digunakan sebagai nilai global untuk menyamakan laju sampel antara blok dalam *flowgraph* sehingga pemrosesan sinyal berlangsung secara konsisten.

Blok RTL-SDR *Source(1)* dan RTL-SDR *Source(2)* dikonfigurasi untuk menangkap sinyal pada 800 MHz dan 800,5 MHz, masing-masing. Nilai penguatan (Penguatan RF, IF, dan BB) ditetapkan pada 10–20 dB untuk memperkuat sinyal lemah dari udara tanpa menyebabkan distorsi. Lebar pita saluran ditetapkan pada 1 MHz agar sesuai dengan rentang frekuensi LTE 800 dan meminimalkan kebocoran sinyal dari saluran tetangga.

Blok *Signal Source* digunakan untuk menghasilkan sinyal interferensi buatan, yang berupa gelombang sinusoidal dengan frekuensi 1 kHz dan amplitudo 0,8. Sinyal ini dapat digunakan untuk menguji respons sistem terhadap interferensi yang disisipkan secara internal.

Blok ini terhubung ke RTL-SDR *Source (1)* melalui blok *Add*, sehingga sinyal alami dan interferensi dapat dianalisis secara bersamaan. *Output* dari RTL-SDR diproses menggunakan dua blok *Complex to Mag<sup>2</sup>*, yang menghitung kekuatan sinyal dari data I/Q kompleks menjadi nilai magnitudo kuadrat. Data ini kemudian divisualisasikan melalui dua blok utama: QT GUI *Frequency Sink*, yang menampilkan spektrum sinyal secara *real-time* terhadap frekuensi, dengan konfigurasi FFT 1024 dan *bandwidth* yang disesuaikan dengan *samp\_rate* (10 kHz). QT GUI *Waterfall Sink*, yang menampilkan distribusi sinyal dari waktu ke waktu dan frekuensi, sangat berguna untuk mendeteksi sinyal interferensi berpola sesaat atau periodik. Berikut merupakan *flowgraph* RTL-SDR.



Gambar 3 Flowgraph RTL-SDR

Gambar 3 menunjukkan sebuah flowgraph di GNU Radio Companion (GRC) yang dirancang untuk mendeteksi interferensi sinyal menggunakan dua unit RTL-SDR[14] serta membandingkannya dengan sinyal referensi dari Signal Source. Sistem ini juga dilengkapi dengan beberapa tampilan visual (waterfall dan spectrum) untuk memantau sinyal secara real-time. Berikut penjelasan alur kerjanya secara sederhana: Pertama, terdapat dua RTL-SDR Source di sebelah kiri. Kedua perangkat RTL-SDR ini menerima sinyal dari lingkungan dengan pengaturan frekuensi, gain, dan bandwidth yang sama (frekuensi 1700 MHz dan bandwidth 1 MHz). Ini menunjukkan bahwa keduanya sedang memantau pita frekuensi yang sama untuk menangkap sinyal yang mungkin mengalami gangguan (interferensi). Kemudian, terdapat satu Signal Source yang menghasilkan gelombang sinusoidal 1 kHz dengan sample rate 10 kHz. Sinyal ini digunakan sebagai referensi, dan dicampurkan (melalui blok "Add") dengan data dari salah satu RTL-SDR. Tujuannya adalah untuk melihat bagaimana sinyal referensi bereaksi atau terganggu oleh sinyal lain yang ditangkap oleh RTL-SDR. Blok "Complex to Mag<sup>2</sup>" digunakan untuk mengubah sinyal kompleks menjadi representasi kekuatan sinyal (power), agar bisa ditampilkan dengan lebih mudah di GUI. Setelah itu, sinyal dikirim ke tiga jenis tampilan GUI:

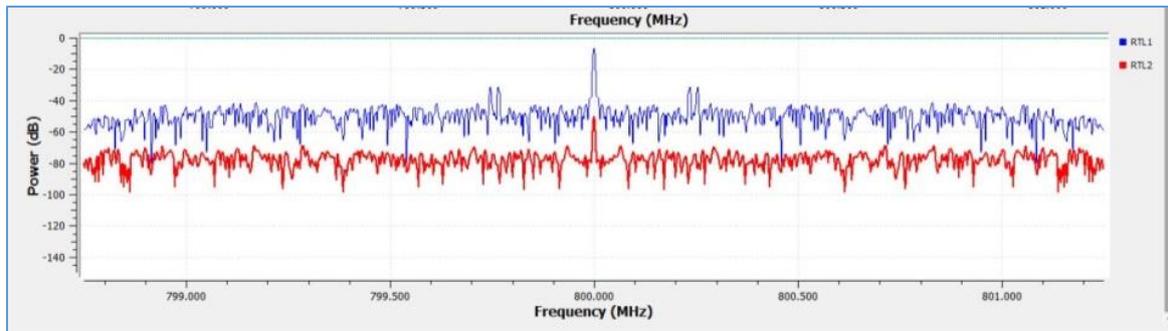
1. QT GUI Waterfall Sink, yang menampilkan spektrum waktu-frekuensi (waterfall),
2. QT GUI Frequency Sink, yang menampilkan spektrum frekuensi (FFT),
3. QT GUI Waterfall Sink lainnya, untuk kanal RTL-SDR kedua (sebagai pembandingan).

Dengan kata lain, sistem ini bekerja sebagai alat untuk membandingkan dua input RTL-SDR (bisa dari dua antena berbeda), serta mengamati gangguan terhadap sinyal referensi. Ini sangat bermanfaat dalam penelitian atau eksperimen yang berhubungan dengan deteksi interferensi sinyal 4G, karena sistem dapat memvisualisasikan perbedaan spektrum secara langsung.

## 4.2 Hasil Pengukuran

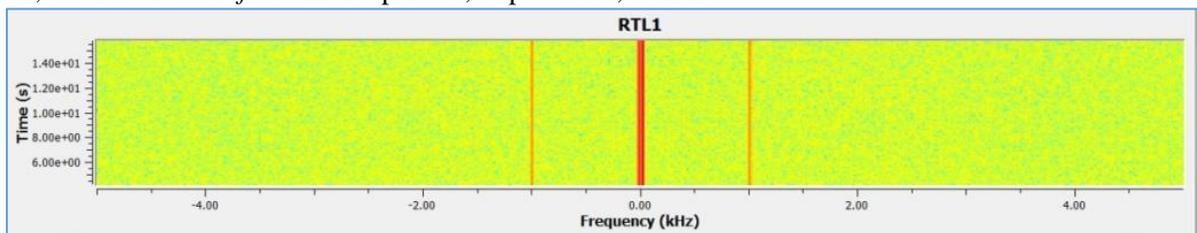
Pengukuran ini bertujuan untuk menjaga distribusi daya sinyal terhadap spektrum frekuensi pada dua frekuensi yang berbeda, yaitu 800 MHz dan 1700 MHz, dengan menggunakan dua unit RTL-SDR (RTL1 dan RTL2). Sink Frequency digunakan untuk menangkap daya sinyal snapshot dalam domain frekuensi.

1. Menggunakan frekuensi 800 MHz



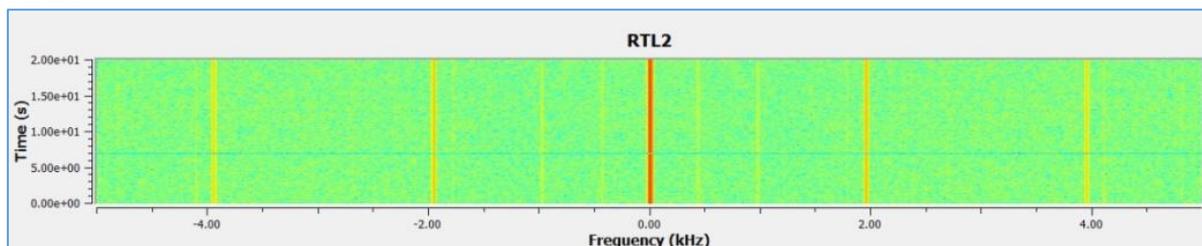
**Gambar 4 Power sinyal frekuensi 800 MHz**

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik sinyal dominan berada di sekitar frekuensi 800 MHz, yang menunjukkan sinyal kuat pada 800 MHz. RTL1 (garis biru) menunjukkan puncak sinyal yang cukup tinggi terlihat mencapai sekitar -6,75 dB dan *noise floor* mencapai -51,10 dB, sementara RTL2 (garis merah) mencatat kekuatan sinyal yang sedikit lebih lemah, dengan puncak sinyal mencapai -52,66 dB dan *noise floor* mencapai -75,95 pada 800,5 MHz.



**Gambar 5 Waktu sinyal RTL 1**

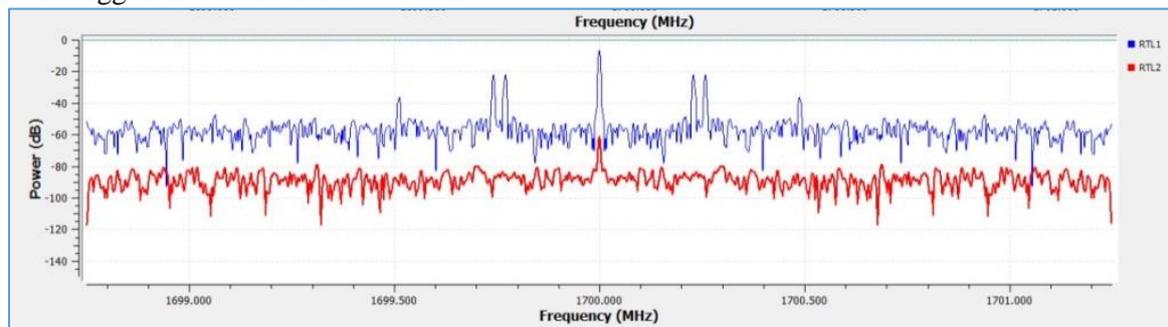
Gambar 5 di atas menunjukkan garis vertikal merah terang di tengah spektrum, yang konsisten dari detik ke-6 hingga ke-14. Ini menunjukkan adanya sinyal kuat yang terus-menerus dideteksi oleh RTL1.



**Gambar 6 Waktu sinyal RTL 2**

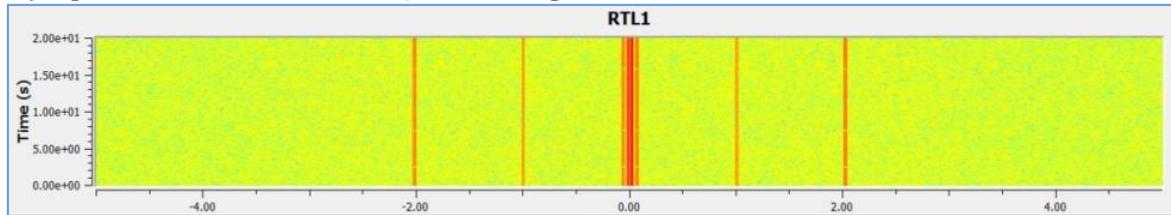
Pada Gambar 6 di atas RTL2 menunjukkan pola yang sama, dengan sinyal kuat yang muncul dari 0 detik hingga 20 detik. Sinyal tersebut terpusat di tengah spektrum, yang merupakan indikasi bahwa RTL2 juga menerima sinyal dari sumber yang sama dengan RTL1.

## 2. Menggunakan frekuensi 1700 MHz



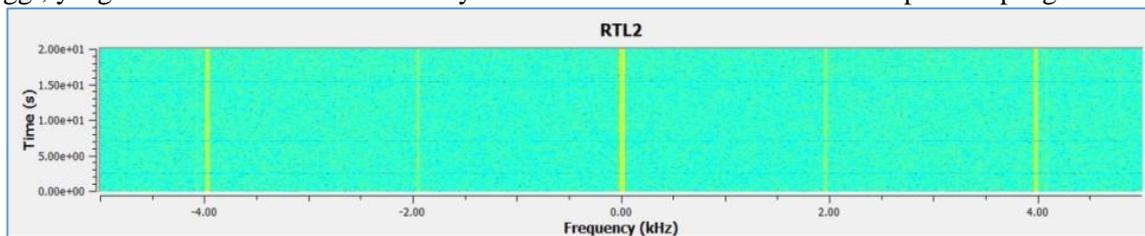
**Gambar 7 Power sinyal frekuensi 1700 MHz**

Gambar 7 menunjukkan grafik pada pengukuran ini juga menunjukkan sinyal yang kuat mengacu pada frekuensi tengah 1700 MHz. RTL1 (garis biru) mencatat kekuatan sinyal puncak yang lebih tinggi dari sebelumnya, dengan nilai sinyal puncak mencapai -5,85 dB dan *noise floor* mencapai -59,10 dB, sedangkan RTL2 (garis merah) masih menunjukkan nilai yang lebih lemah terlihat dari sinyal puncak -57,10 dB dan *noise floor* mencapai -95,89 dB.



Gambar 8 Waktu sinyal RTL 1

Bisa di lihat pada Gambar 8 tampilan *waterfall sink* menunjukkan garis vertikal berwarna merah terang yang sangat mencolok di sekitar frekuensi tengah (*baseband* 0 kHz), terlihat konsisten dari detik 0 hingga 20 detik. Warna merah menunjukkan adanya sinyal dengan intensitas sangat tinggi, yang berarti RTL1 mendeteksi sinyal kuat secara terus-menerus selama periode pengukuran.



Gambar 9 Waktu sinyal RTL 2

Gambar 9 menampilkan *waterfall sink* RTL2 juga menunjukkan sinyal yang berada di tengah spektrum, namun dengan intensitas warna yang lebih redup (kuning muda hingga hijau). Ini menunjukkan bahwa RTL2 menerima sinyal yang sama, namun dengan daya lebih rendah dibandingkan RTL1. Sinyal juga terlihat stabil dari detik 0 hingga 20 detik.

### 4.3 Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan pengamatan dan visualisasi menggunakan *frequency sink* dan *waterfall sink*, maka dilakukan perhitungan nilai *Signal-to-Noise* (SNR) dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) untuk masing-masing receiver pada dua frekuensi pengujian, yaitu 800 MHz dan 1700 MHz. Nilai-nilai ini digunakan untuk melihat kualitas sinyal dan mendeteksi potensi interferensi[15].

#### 1. Hasil dari RTL 1

Tabel 3 Perhitungan RTL 1

| Frequency | RSSI (dBm) | Noise (dB) | SNR (dB) |
|-----------|------------|------------|----------|
| 800 MHz   | -6.75      | -51.10     | 44.35    |
| 1700 MHz  | -5.85      | -59.10     | 53.25    |

Tabel 3 perhitungan RTL 1 pada 800 MHz, RTL1 mencatat sinyal puncak sebesar -6,75 dBm dan *noise floor* sebesar -51,10 dB. Berdasarkan nilai-nilai ini, SNR sebesar 44,35 dB diperoleh. Nilai ini menunjukkan bahwa sinyal yang diterima oleh RTL1 jauh di atas ambang batas *noise* dan memiliki kualitas yang sangat baik. Spektrum tampak bersih tanpa sinyal asing atau puncak tambahan, baik pada *waterfall sink* maupun *frequency sink*. Pada 1700 MHz, RTL1 menerima sinyal dengan daya puncak sebesar -5,85 dBm dan *noise floor* sebesar -59,10 dB, sehingga menghasilkan SNR sebesar 53,25 dB. Seperti pada frekuensi sebelumnya, tidak terlihat sinyal tambahan dalam spektrum yang dapat mengindikasikan interferensi langsung.

#### 2. Hasil dari RTL 2

**Tabel 4 Perhitungan RTL 2**

| Frequency | RSSI (dBm) | Noise (dB) | SNR (dB) |
|-----------|------------|------------|----------|
| 800 MHz   | -52.66     | -75.95     | 23.29    |
| 1700 MHz  | -57.10     | -94.89     | 37.79    |

Tabel 4 Perhitungan RTL 2 Pada frekuensi yang sama, RTL2 menunjukkan puncak sinyal sebesar -52,66 dBm dan *noise floor* sebesar -75.95 dB, sehingga menghasilkan SNR sebesar 23.29 dB. Meskipun sinyal tersebut masih dapat diterima, terdapat penurunan kualitas yang signifikan dibandingkan dengan RTL1, baik dari segi RSSI maupun SNR. Pada frekuensi 1700 MHz, RTL2 mencatat puncak sinyal sebesar -57,10 dBm dengan *noise floor* sebesar -94,89 dB, sehingga menghasilkan SNR sebesar 37,79 dB. Nilai RSSI dan SNR yang lebih rendah dibandingkan dengan RTL1 mengindikasikan adanya penurunan kualitas sinyal yang signifikan. Meskipun tidak ditemukan sinyal lain secara visual pada spektrum tersebut (baik melalui *waterfall* maupun *frequency sink*), perbedaan nilai RSSI dan SNR antara RTL1 dan RTL2 mengindikasikan adanya penurunan kualitas penerimaan sinyal pada RTL2. Interferensi tidak selalu terlihat secara eksplisit pada spektrum tersebut, tetapi dapat dikenali dari adanya penurunan nilai SNR yang drastis. Pada 800 MHz, SNR RTL2 menurun sebesar 21,06 dB dibandingkan dengan RTL1, sedangkan pada 1700 MHz, SNR menurun sebesar 15,46 dB. Berdasarkan pengaturan eksperimental, RTL1 berada di lokasi terbuka dan relatif bebas hambatan, sedangkan RTL2 ditempatkan di sisi ruangan yang terhalang oleh partisi laptop. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya multipath fading atau redaman lokal yang signifikan terhadap sinyal. Fenomena ini merupakan contoh interferensi non-spektral, yang meskipun tidak tampak dalam spektrum visual, berdampak nyata terhadap nilai SNR dan RSSI yang diterima RTL2. Visualisasi spektrum menggunakan Waterfall Sink menunjukkan bahwa sinyal yang diterima RTL1 memiliki intensitas lebih tinggi dan konsisten, sementara RTL2 tampak mengalami redaman atau noise yang lebih besar. Hal ini konsisten pula pada pengukuran di frekuensi 1700 MHz. Meskipun tidak ditemukan sinyal asing secara eksplisit pada spektrum, nilai SNR yang lebih rendah pada RTL2 menjadi bukti adanya interferensi yang tidak tampak secara visual. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan kuantitatif dalam sistem deteksi interferensi.

## 5 Kesimpulan

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem deteksi interferensi sinyal 4G dalam ruang tertutup dengan memanfaatkan teknologi Software Defined Radio (SDR). Sistem dirancang menggunakan perangkat USRP B210 sebagai pemancar sinyal dan dua RTL-SDR sebagai unit penerima untuk melakukan pemantauan sinyal secara real-time pada frekuensi 800 MHz dan 1700 MHz. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan parameter kekuatan sinyal (RSSI) dan rasio sinyal terhadap derau (SNR) dari masing-masing penerima, sehingga memungkinkan identifikasi gangguan yang tidak tampak secara langsung dalam representasi spektrum, khususnya jenis interferensi non-spektral. Dari hasil eksperimen, RTL1 secara konsisten menerima sinyal dengan kualitas lebih tinggi dibandingkan RTL2. Pada frekuensi 800 MHz ditemukan selisih SNR sebesar 21,06 dB dan pada 1700 MHz sebesar 15,46 dB. Perbedaan ini mengindikasikan gangguan yang dipicu oleh faktor lingkungan seperti penempatan antenna atau adanya objek penghalang di sekitar RTL2. Pendekatan analisis perbandingan antara dua receiver ini terbukti mampu mengungkap gangguan tersembunyi yang tidak dapat dikenali hanya dengan visualisasi spektrum biasa. Namun, cakupan penelitian masih terbatas pada pengujian dalam kondisi lingkungan yang tetap dan dua pita frekuensi saja. Untuk ke depannya, disarankan agar sistem diuji dalam kondisi yang lebih variatif, serta diperkuat dengan algoritma pembelajaran mesin guna meningkatkan ketepatan dan efisiensi dalam mendeteksi gangguan sinyal.

## Referensi

- [1] T. Oyedare, V. K. Shah, D. J. Jakubisin, and J. H. Reed, "Interference Suppression using Deep Learning: Current Approaches and Open Challenges," *IEEE Access*, Vol. 10, No. June, pp. 66238–66266, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3185124.

- [2] R. Muralitharan, U. Jayasinghe, R. G. Ragel, and G. M. Lee, “Machine Learning and Deep Learning-based Atmospheric Duct Interference Detection and Mitigation in TD-LTE Networks,” *Futur. Internet*, Vol. 17, No. 6, p. 237, 2025, doi: 10.3390/fi17060237.
- [3] A. Owfi, F. Afghah, and J. Ashdown, “Meta-Learning for Wireless Interference Identification,” *IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf. WCNC*, Vol. 2023-March, 2023, doi: 10.1109/WCNC55385.2023.10119039.
- [4] M. Engelhardt, S. Giehl, M. Schubert, A. Ihlow, C. Schneider, A. Ebert, M. Landmann, G. D. Galdo, C. Andrich, “Accelerating Innovation in 6G Research: Real-Time Capable SDR System Architecture for Rapid Prototyping,” *IEEE Access*, Vol. 12, pp. 118718–118732, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3447884.
- [5] R. R. Yakkati, R. R. Yakkati, R. K. Tripathy, and L. R. Cenkeramaddi, “Radio Frequency Spectrum Sensing by Automatic Modulation Classification in Cognitive Radio System using Multiscale Deep CNN,” *IEEE Sens. J.*, Vol. 22, No. 1, pp. 926–938, 2022, doi: 10.1109/JSEN.2021.3128395.
- [6] M. B. Perotoni and K. M. G. dos Santos, “SDR-based Spectrum Analyzer based in Open-Source GNU Radio,” *J. Microwaves, Optoelectron. Electromagn. Appl.*, Vol. 20, No. 3, pp. 542–555, 2021, doi: 10.1590/2179-10742021V20I31194.
- [7] M. P. Stef and Z. A. Polgar, “Software Platform for the Comprehensive Testing of Transmission Protocols Developed in GNU Radio,” *Inf.*, Vol. 15, No. 1, 2024, doi: 10.3390/info15010062.
- [8] J. P. Manzano, V. M. Maroto, A. Villarín, J. Pagan, and K. Kunci, “HackRF + GN U Radio : Radio yang ditentukan perangkat lunak untuk mengajarkan Teori Komunikasi Alberto a Del Barrio Marina Zapater , José Ayala dan Perkenalan”.
- [9] I. Samy, X. Han, L. Lazos, M. Li, Y. Xiao, and M. Krunz, “Misbehavior Detection in Wi-Fi/LTE Coexistence Over Unlicensed Bands,” *IEEE Trans. Mob. Comput.*, Vol. 22, No. 8, pp. 4773–4791, 2023, doi: 10.1109/TMC.2022.3164326.
- [10] M. Seguin, A. Omer, M. Koosha, F. Malandra, and N. Mastronarde, “Deep Reinforcement Learning for Downlink Scheduling in 5G and Beyond Networks: A Review,” *IEEE Int. Symp. Pers. Indoor Mob. Radio Commun. PIMRC*, 2023, doi: 10.1109/PIMRC56721.2023.10293754.
- [11] S. Jere, Y. Wang, I. Aryendu, S. Dayekh, and L. Liu, “Bayesian Inference-Assisted Machine Learning for Near Real-Time Jamming Detection and Classification in 5G New Radio (NR),” *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, Vol. 23, No. 7, pp. 7043–7059, 2024, doi: 10.1109/TWC.2023.3337058.
- [12] P. K. Nakarmi, J. Sternby, and I. Ullah, “Applying Machine Learning on RSRP-based Features for False Base Station Detection,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, No. Ares, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1145/3538969.3543787.
- [13] N. Bello and K. O. Ogbeide, “Designing a Real-time Swept Spectrum Analyser with USRP B210,” *Niger. J. Environ. SCI. Technol.*, Vol. 5, No. 2, pp. 329–339, 2021, doi: 10.36263/nijest.2021.02.0275.
- [14] J. Long, R. Frekuensi, H. F. J. Lami, and S. I. Pella, “Analisis Dampak Interferensi terhadap Kualitas Sinyal,” *J. media elektro*, Vol. XI, No. 1, pp. 31–38, 2022, doi: 10.35508/jme.
- [15] F. H. Melvandino, W. Y. Bragaswara, H. Ramza, F. T. Industri, T. Elektro, and K. Rambutan, “Analisis Test Kelurahan Kampung Rambutan , Jakarta,” Vol. 11, No. 3, 2023.