

RANCANG BANGUN ANTENA QUADRIFILLAR HELIX SEBAGAI GROUND STATION SATELIT CUACA NOAA15 DAN NOAA19 DENGAN PERANGKAT RTL-SDR

Hilman Mustofa¹, Suwasti Broto²

1. Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur

Jakarta, Indonesia

hilmanmustofa@gmail.com

2. Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur

Jakarta, Indonesia

swas.bro@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penelitian ini telah dibuat antena Quadrifillar Helix (QFH) yang dioperasikan pada frekuensi 137 – 138 MHz dengan rentang bandwidth sebesar 1 MHz. Jenis antena ini digunakan sebagai ground station satelit cuaca NOAA. Hasil perancangan disimulasikan dengan menggunakan software 4NEC2 untuk mengetahui apakah hasil perancangan sudah sesuai atau belum dengan kondisi yang diinginkan. Tahap selanjutnya adalah pembuatan antena dan seluruh pelaksanaan fabrikasi dilakukan di lab Robotic Universitas Budi Luhur dengan bahan utama kabel RG58 dan pipa PVC sebagai penyangga. Kinerja antena Quadrifillar Helix diamati dengan melakukan pengukuran sebanyak 2 kali. Hasil dari pengukuran antena Quadrifillar Helix yang pertama didapatkan nilai matching pada frekuensi 142 MHz. Terjadi pergeseran frekuensi resonan sebanyak 5 Mhz dari perancangan sebelumnya yaitu pada frekuensi 137 MHz. Hasil dari pengukuran antena Quadrifillar Helix yang kedua didapatkan bahwa pergeseran frekuensi antena frekuensi resonan dipengaruhi oleh balun yang dibuat, semakin banyak dan semakin rapat lilitannya akan menghasilkan frekuensi resonan mendekati nilai yang ditentukan pada saat perancangan.

Kata Kunci : Quadrifilar Helix, NOAA, MFJ-269 Antenna Analyzer, matching ,4NEC2

ABSTRACT

In this final task has been made the Quadrifillar Helix (QFH) antenna operated at a frequency of 137 – 138 MHz with a bandwidth range of 1 MHz. This type of antenna is used as a NOAA weather satellite ground station. The design results are simulated using 4NEC2 software to determine whether the design results are appropriate or not with the desired conditions. The next stage is the manufacture of antennas and the entire implementation of fabrication carried out in the Robotic lab of Budi Luhur University with the main material of RG58 cable and PVC pipe as a buffer. The performance of the Quadrifillar Helix antenna was observed by a measurement of 2 times. The result of the first Quadrifillar Helix antenna measurement obtained matching value at the frequency of 142 MHz. The resonant frequency shift occurred as much as 5 MHz from the previous design is at a frequency of 137 MHz. Results of the antenna measurement The second quadrifillar Helix is found that the frequency shifting of the resonant frequency antenna is influenced by the resulting balun, the more and more tightly the more the meeting will result in a resonant frequency approaching the specified value at the time of Design.

Keywords: Quadrifilar Helix, NOAA, MFJ-269 Antenna Analyzer, matching ,4NEC2

I. PENDAHULUAN

Akses untuk mendapatkan data citra satelit cuaca lokal secara real – time masih sangat terbatas dan sulit untuk memecahkan kode informasi tersembunyi yang terkandung didalamnya. Sensor udara dan satelit memungkinkan kita untuk menganalisis sejumlah besar data digunakan untuk banyak tugas seperti pemrosesan sinyal dan gambar untuk aplikasi GIS,

analisis prediksi cuaca dan badai, pengamatan bumi dan lebih yang lebih umum, digunakan untuk penginderaan jauh.

Setiap hari beberapa satelit cuaca United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) melewati satu daerah, setiap siaran satelit cuaca NOAA mengirimkan sinyal APT. [1] yang berisi gambar cuaca langsung dari area yang dipantau oleh satelit tersebut. Gambar-gambar ini mirip dengan gambar transmisi

resolusi rendah (LRPT) yang dihasilkan oleh satelit meteor Rusia.[2] APT merupakan sistem paling sederhana untuk mendapatkan data secara realtime dari satelit cuaca pada saat orbit satelit berada di sekitar stasiun penerima. Sistem yang digunakan juga paling sederhana, namun memiliki kelemahan yaitu resolusi spasial yang lebih besar. [3]

Untuk mendapatkan data citra sinyal satelit QFH ini membutuhkan sebuah antenna, dan antenna yang cocok untuk melakukan itu ada dua yaitu antenna *double dipole* dan *quadrifilar helix*. Penulis memilih menggunakan antenna QFH dikarenakan proses pembuatannya relatif lebih mudah.

Antena QFH biasanya digunakan dalam komunikasi satelit orbit Bumi rendah (LEO), handset penerima sistem pemosisian global dan ponsel satelit. Fitur yang membedakan antenna ini adalah pola cardioid-nya, polarisasi sirkular, dan ukuran logis dibandingkan antenna lainnya. QFH termasuk kedalam antenna resonan. Oleh karena itu, dimensinya harus dipilih dengan tepat untuk mendapatkan karakteristik optimal dalam pita frekuensi sempit yang diinginkan. Sejauh ini, beberapa desain telah disajikan untuk QFH dual-band. Hampir semua ide sebelumnya didasarkan pada perancangan QFH untuk mencapai pola cardioid. Pendekatan ini menyebabkan beberapa batasan baik pada gain atau ukuran. [4]

QFH dibentuk oleh tiga kali lipat rotasi 90° heliks pada porosnya, untuk menghasilkan tiga heliks tambahan. Jadi, masing-masing helix akan dipisahkan secara azimut dari yang berikutnya sebesar 90°, dan antenna memiliki empat terminal di setiap ujungnya. [5]

Berdasarkan penjabaran penelitian terdahulu maka judul penelitian ini adalah Rancang Bangun Antena Quadrifilar Helix Sebagai Perangkat Ground Station Satelit Cuaca NOAA15 dan NOAA19 Dengan RTL-SDR.

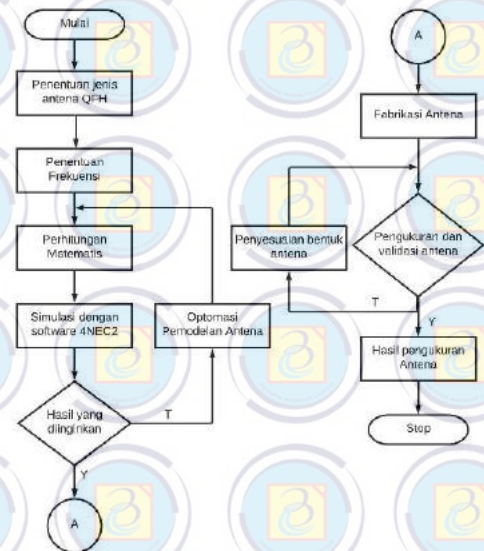
II. PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang dirancang dalam Penelitian ini meliputi proses perhitungan teoritis dan proses fabrikasi antenna. Perancangan perangkat keras pada sistem terdiri dari perancangan antenna Quadrifilar Helix. Sedangkan perangkat lunak menjelaskan tentang rancangan desain antenna, sistem akuisisi data satelit cuaca NOAA15, dan NOAA19, dan perhitungan parameter - parameter antenna untuk mendapatkan dimensi dan desain antenna QFH yang akan dibuat.

A. Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok Rancang Bangun antenna quadrifilar helix sebagai ground station satelit cuaca NOAA15 dan NOAA19 dengan perangkat RTL-SDR menunjukkan gambaran perancangan sistem secara umum. Sistem yang dirancang berupa antenna QFH sebagai ground station satelit cuaca NOAA15 dan NOAA19.

Diagram blok rancang bangun antenna QFH ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok perancangan sistem

B. Perhitungan Teoritis

Tahap ini merupakan tahap awal yang biasa dilakukan dalam perancangan sebuah antenna, tahap ini dilakukan perkiraan kasar akan besaran dari dimensi antenna dengan menggunakan rumus sederhana dan bantuan *software 4NEC2*.

1. Perhitungan Matematis Antena QFH

Sebelum melakukan perancangan yang lebih lanjut, pertama – tama ditentukan dahulu nilai λ (Panjang Gelombang) yang dicari dengan persamaan sebagai berikut [6] :

$$\lambda = c/f = 3.108/137,5.103$$

$$= 2181.8 \text{ mm} = 218.18 \text{ cm}$$

Dimana : λ = panjang gelombang (m)

c = cepat rambat cahaya (m/s) = 3.108 m/s

f = frekuensi (Hz)

Selain itu bandwidth dapat pula dinyatakan dalam bentuk :

$$bw = fu - fl$$

$$bw = 138 \text{ MHz} - 137 \text{ MHz} = 1 \text{ MHz}$$

Dimana : bw = bandwidth

fu = frekuensi diatas frekuensi tengah (fc)

fl = frekuensi dibawah frekuensi tengah (fc)

Nilai return loss yang baik adalah -9.54, nilai ini diperoleh untuk nilai $VSWR \leq 2$ sehingga dapat

dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah matching nilai standar VSWR yang diizinkan untuk fabrikasi antenna adalah $VSWR \leq 2$.

2. Spesifikasi rancangan antenna QFH

Perancangan antenna QFH dimulai dengan menentukan spesifikasi perangkat yang akan digunakan. Berdasarkan jenis antenna yang akan dibuat adalah antenna penerima sinyal APT dari satelit cuaca NOAA, sehingga pada Penelitian ini akan menggunakan rentang frekuensi 137 MHz - 138 MHz yang merupakan rentang frekuensi yang digunakan oleh satelit cuaca NOAA. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan dan membandingkan pola radiasi yang dihasilkan agar sinyal APT dapat diterima dengan baik oleh antenna QFH yang dirancang. Berikut adalah spesifikasi antenna yang akan dirancang seperti tabel dibawah ini:

Tabel 1. Spesifikasi antenna yang dirancang

Parameter	Spesifikasi
Center of Frequency	137.5 MHz
Bandwidth	1 MHz
Return Loss	≤ -10 dB
VSWR	< 2
Pola Radiai	Omni Directional

3. Perhitungan dimensi antenna QFH

Pada perancangan antenna QFH ini, penulis menggunakan kalkulator antenna QFH online JCOPPENS untuk mendapatkan besar ukuran antenna yang akan dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. Input data pada kalkulator QFH

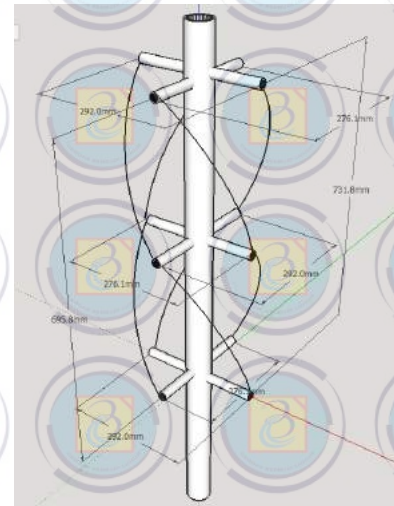
Frekuensi Kerja	137.5 MHz
Jumah Putaran	0.5
Panjang satu putaran	1 λ
Bending Radius	15 mm
Diameter Konduktor	7 mm
Width/height ratio	0.44

4. Perhitungan Besaran Antena

Pada pembahasan perhitungan besaran antenna QFH seperti return loss , gain , pola radiasi dan VSWR dihitung dengan software 4NEC2 dengan melakukan perubahan ukuran dari antenna yang dirancang. Return loss yang diinginkan pada rancangan antenna QFH ini adalah < -10 dB. Pola radiasi dilakukan dengan pengamatan dari frekuensi kerja yang diinginkan dan derajat kemiringannya memiliki nilai gain yang berbeda – beda.

5. Gambar Skematik Antena QFH

Gambar skematik antenna ini didapatkan dengan cara membuat desainnya dengan aplikasi autocad dengan dimensi yang didapatkan dari antenna QFH. Berikut adalah gambaran skematik antenna QFH yang dirancang.



Gambar 2. Skematik antenna QFH

C. Fabrikasi Antena

Tahap selanjutnya setelah mendapatkan hasil simulasi dan optimasi ukuran dan besaran nilai antenna adalah proses fabrikasi. Proses fabrikasi ini dilakukan di lab robot Universitas Budiluhur dengan bahan bahan utama adalah pipa pvc 1 ¼ inch, pipa pvc ½ inch dan kabel RG58.

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada tahap ini dibahas mengenai pengukuran parameter – parameter antenna yang telah dibuat dan pengujiannya serta analisa dari pengukuran dan pengujian tersebut, pengukuran dilakukan untuk mengetahui apakah antenna yang dibuat telah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan atau belum. Sedangkan pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah antenna dapat menerima sinyal APT dengan baik atau tidak.

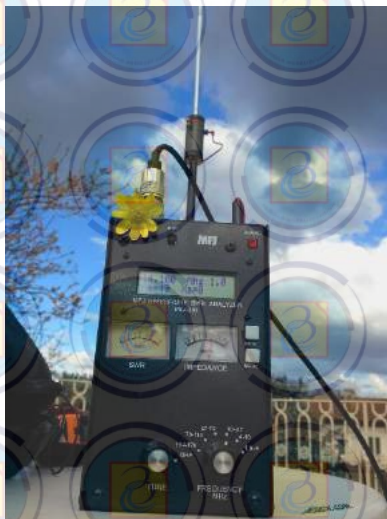
A. Pengukuran dan Analisa Antena QFH

Pada bagian akhir penelitian ini adalah pengukuran parameter – parameter antenna yang telah dibuat. Parameter yang diukur disini adalah reaktansi, resistansi, impedansi, VSWR , dan return loss. Pengukuran parameter – parameter tersebut dilakukan dua kali, yang pertama dilakukan di Basecamp ORARI (ORGanisasi Amatir Radio Indonesia) Cijunti, Purwakarta dengan menggunakan MFJ-269C Antenna Analyzer dan pengukuran parameter yang kedua dilakukan di

LAB Radar Universitas Indonesia dengan menggunakan Rohdez & Schwarz ZVL13 Antenna Analyzer.

B. Pengukuran Parameter Antena

Pengukuran parameter antena dilakukan di ORARI Cijunti, Purwakarta. Pengukuran parameter – parameter antena ini dilakukan dengan menggunakan MFJ-269C Antenna Analyzer yang memiliki rentang frekuensi 530 KHz – 230 MHz, dengan cara menghubungkan kabel RG58 dari antena yang memiliki konektor PL-259 dengan pigtail PL-259 female to BNC male karena port yang dimiliki MFJ-269 adalah port BNC female. Skema pengukuran parameter antena QFH yang dirancang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Skema pengukuran antena QFH dengan mfj – 269

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa pengetesan antena dilakukan diluar ruangan yang bebas hambatan dengan langsung menghubungkan konektor dari antena QFH dengan port dari mfj-269 antenna analyzer yang memiliki port BNC. Hasil pengukuran parameter antenna QFH dari frekuensi 136 MHz sampai frekuensi 142 MHz dengan mfj-269 ditunjukan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Antena QFH

f (MHz)	Rs (Ω)	Xs (Ω)	Zin (Ω)	VSWR	Γ	RL (dB)
136,000	41	10	42,202	1,300	0,147	16,656
136,500	40	2	40,050	1,200	0,113	18,917
137,000	41	11	43,417	1,300	0,147	16,666
137,500	44	11	45,354	1,300	0,132	17,563
138,000	44	10	45,122	1,200	0,123	18,176
138,500	39	6	39,459	1,300	0,140	17,048
139,000	42	11	43,417	1,300	0,147	16,128
139,500	41	0	41,000	1,100	0,099	20,096
140,000	44	0	44,000	1,100	0,064	23,900
140,500	47	0	47,000	1,064	0,031	30,193
141,000	55	4	55,145	1,100	0,061	24,302
141,500	53	0	53,000	1,060	0,029	40,086
142,000	51	0	51,000	1,020	0,113	18,917

Pada tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran parameter antena QFH yang dirancang, parameter yang diukur pada percobaan ini antara lain adalah resistansi, reaktansi, impedansi, VSWR, koefisien pantul dan return loss. Parameter pada tabel 3 bukan hanya sekedar parameter yang diukur, melainkan memiliki hubungan dan pengaruh satu sama lain.

Antena yang telah dibuat dirancang untuk bekerja pada frekuensi pusat 137,5 MHz. Namun, berdasarkan hasil pengukuran antena yang telah dilakukan, impedansi dari antena yang dibuat tidak resonansi pada frekuensi 137,5 MHz dengan nilai impedansi sebesar 43,417 Ω . Sedangkan impedansi yang diinginkan pada saat perancangan adalah sebesar 50 Ω dan itu matching pada frekuensi 142 MHz yang bernilai impedansi sebesar 51 Ω .

Impedansi antena yang tidak tepat berdampak pada pengurangan efisiensi antena karena beberapa sinyal dipantulkan kembali ke sumbernya. Koefisien refleksi pada frekuensi kerja 137,5 MHz adalah 0,132. Return loss pada frekuensi kerja 137,5 MHz diperoleh nilai 17,563 dB. Kehilangan pengembalian 17,563 dB menyebabkan daya lebih dari 97% diserap ke antena dan daya tercermin kurang dari 3%. [7] Kehilangan pengembalian yang lebih besar menunjukkan penyesuaian impedansi yang baik.

Sedangkan pada pengukuran VSWR, antena QFH yang dirancang memenuhi nilai yang ditentukan spesifikasi VSWR, meskipun hasil terbaik ditunjukkan pada frekuensi kerja 142 MHz.

C. Offset Frequency

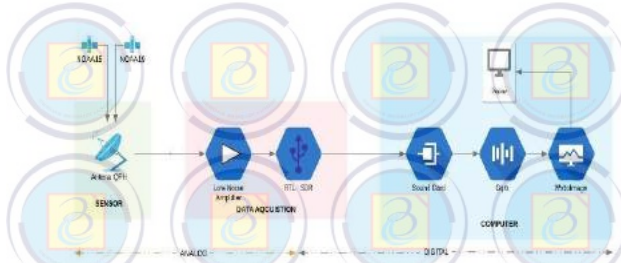
RTL-SDR yang diuji memiliki osilator kristal berkualitas rendah, dengan ± 150 PPM (bagian per juta) offset. PPM menunjukkan seberapa sering frekuensi osilator kristal dapat menyimpang dari frekuensi aslinya. PPM dapat diubah menjadi persen, 150 PPM sama dengan 0,015%. Mengacu pada 150 PPM, harus ada offset frekuensi 20,677 kHz saat menerima sinyal satelit NOAA15. Menyebabkan penerimaan sinyal pada 137.500 MHz akan menjadi 137.479 MHz.

Solusi yang dapat dilakukan untuk menyesuaikan offset frekuensi adalah mengkalibrasi frekuensi aplikasi SDRSharp. Offset frekuensi dapat disesuaikan dengan menetapkan nilai offset PPM.

D. Pengujian Penerimaan Sinyal APT

Prinsip kerja antena QFH adalah menerima sinyal APT dari satelit cuaca NOAA15 dan NOAA19 yang berupa sinyal analog, kemudian

data sinyal APT dikonversi kedalam bentuk format gambar dengan software WxtoImage. Pada proses pengujian ini memfokuskan pembahasan mengenai akuisisi data satelit cuaca NOAA15 dan NOAA19. Sistem akuisisi data citra satelit dalam penelitian ini terdiri dari antenna QFH, LNA, RTL-SDR dan komputer yang sudah diinstal dengan SdSharp dan WXtoImg. Diagram blok akuisisi data satelit cuaca NOAA15 dan NOAA19 ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Diagram blok akuisisi data satelit cuaca NOAA15 dan NOAA19

Gambar 8 merupakan gambar diagram blok proses akuisisi data dari satelit. Antena QFH menerima sinyal APT yang sangat lemah dari satelit. Perhitungan desain antena dilakukan dengan menggunakan kalkulator QFH dan proses simulasi desainnya dilakukan dengan aplikasi 4NEC2. Antena yang dirancang adalah antena QFH dengan $\frac{1}{2}$ rotasi, panjang gelombang 1 lambda, dan frekuensi kerja 137,5 MHz. Untuk menghubungkan antena QFH dan RTL-SDR diperlukan beberapa konektor adaptor. Karena perangkat RTL-SDR yang digunakan memiliki konektor MCX, antena menggunakan konektor UHF PL-289 dan terhubung ke langsung ke RTL-SDR menggunakan konektor UHF PL-289 to MCX.

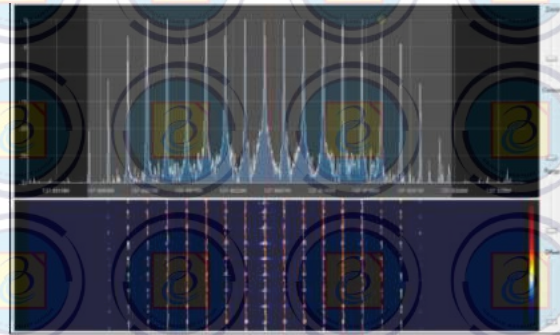
E. Proses Akuisisi Data

Proses akuisisi data dimulai dengan menetapkan frekuensi tengah pada SDRSharp dengan bandwidth 34 kHz. Output dari SDRSharp perlu diteruskan ke WXtoImg sehingga perekaman dan decoding sinyal APT dapat dilakukan secara otomatis. Hasil rekaman sinyal APT disimpan secara otomatis melalui WXtoImg dengan format wav (Waveform Audio File). WXtoImg mengubah rekaman file wav dari sinyal APT satelit cuaca NOAA menjadi data gambar, yang hasilnya dapat langsung ditampilkan pada WXtoImg saat masih dalam proses perekaman. [8]

F. Hasil Pengujian Penerimaan Sinyal APT

Pada pengujian penerimaan sinyal APT adalah dengan menguji kemampuan sistem melakukan penerimaan sinyal APT. Hasil yang diperoleh merupakan hasil decoding data suara menjadi

sebuah citra dengan menggunakan aplikasi WxtoImg. Proses pengujian yang dilakukan adalah dengan melihat kesesuaian bentuk sinyal yang ditampilkan pada aplikasi SDRSharp, di mana pada saat penerimaan sinyal APT terdapat 16 buah puncak gelombang yang menunjukkan satu frame sinyal APT seperti yang terdapat pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan penerimaan sinyal APT

Pada gambar 9 merupakan tampilan aplikasi SDRSharp menunjukkan frekuensi dalam MHz pada sumbu X dengan center tuning ditandai oleh garis merah. Pada sumbu Y menunjukkan besarnya kuat sinyal suara yang diterima melalui soundcard dalam satuan dB. Sinyal yang dihasilkan kemudian diproses dalam aplikasi Wxtoimg untuk dilakukannya proses demodulasi AM dan decoding untuk mengubahnya ke dalam bentuk citra.

Pada proses pengujian penerimaan sinyal APT ini dilakukan pada dua lokasi yang berbeda. Lokasi pertama di rooftop unit 7 Universitas Budi Luhur dan lokasi kedua dilakukan didalam ruangan tertutup yaitu di Lab Robotik Universitas Budi Luhur. Gambar 10 menunjukkan pengambilan sampel data gambar satelit NOAA 19 secara real time pada 30 juni 2019, pada 18:23:15 (UTC+7). Satelit lewat dari selatan ke utara dengan sudut ketinggian maksimum 56 ° ke arah barat. Durasi rekaman berlangsung selama 10 menit dan 15 detik hingga 18:33:30 (UTC+7).



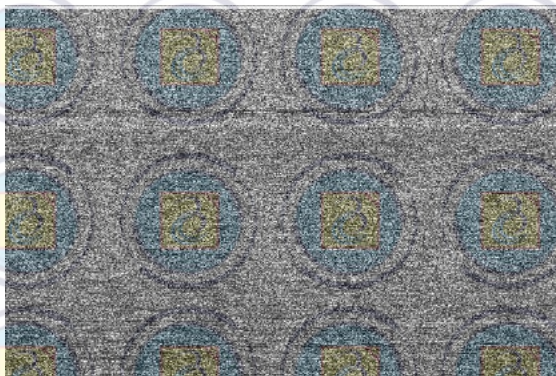
Gambar 10. (a) citra satelit cuaca NOAA19 visible
(b) citra satelit NOAA19 Infrared

Gambar 11 menunjukkan pengambilan sampel data gambar satelit NOAA 19 secara real time pada 15 juli 2019, pada 16:00:15 (UTC+7) di rooftop unit 7 Universitas Budi Luhur. Satelit lewat dari selatan ke utara dengan sudut ketinggian maksimum 68° ke arah barat. Durasi rekaman berlangsung selama 11 menit dan 05 detik hingga 16:11:20 (UTC+7).



(a) (b)
Gambar 11. (a) citra satelit cuaca NOAA15 Infrared (b) citra satelit NOAA15 visible

Proses pengujian sinyal APT yang kedua dilakukan didalam ruangan tertutup. Sampel akuisisi data gambar ketika satelit NOAA 15 lewat pada dini hari tanggal 1 Juli 2019, pada 05:10:32 (UTC+7), ditunjukkan pada gambar 12. Satelit itu melintas dari selatan ke utara dengan ketinggian maksimum 72 ° ke timur. Durasi rekaman berlangsung selama 11 menit dan 02 detik hingga 05:25:34 (UTC+7).



Gambar 12. citra satelit NOAA15 pada 1 juli 2019 pukul 05.10 (UTC+7)

Pada gambar 12 terlihat data citra satelit cuacanya hanya berupa noise, hal ini disebabkan karena pada saat pengujian dilakukan di dalam ruangan tertutup, dan juga ada efek keterlambatan propagasi dan pergeseran frekuensi, yang dipengaruhi oleh lapisan ionosfer yang dalam kondisi mendung dan terlepasnya wiring pada

sambungan kabel penyangga dengan kabel yang terhubung dengan RTL-SDR.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil simulasi, desain antenna qfh yang paling ideal adalah antenna qfh dengan rasio diameter 0.5 m dengan frekuensi pusat 137,5 MHZ dan panjang gelombang 1 lambda.
2. Pada frekuensi kerja 137,5 MHZ diperoleh resistansi 44 Ω , reaktansi 11 Ω , impedansi 43,354 Ω , VSWR 1,3 dan return loss 17,563 dB.
3. Pada pengukuran parameter antenna yang dilakukan, antenna resonan pada frekuensi 142 MHZ, terjadi pergeseran frekuensi pada saat pengukuran dengan hasil simulasi yang telah dilakukan.
4. Offset frekuensi pada SDR yang digunakan pada penelitian ini adalah ± 150 PPM (part per million) offset atau setara dengan 0,015% dari frekuensi yang dipakai. Hal ini dikarenakan osilator kristal bawaan dari SDR berkualitas rendah.

V. SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan ada beberapa saran, antara lain adalah:

1. Dalam rancang bangun antenna harus dilakukan pengukuran beamwidth secara fisis dengan alat ukur tidak hanya dengan hasil simulasi saja, karena beamwidth merupakan besaran vital dalam perancangan antenna karena beamwidth merupakan gambaran praktis dari kinerja sebuah antenna.
2. Pada saat melakukan pengukuran harus di tempat yang bebas dari interferensi gelombang radio frekuensi lainnya, untuk mendapatkan hasil akurat.
3. Pemilihan bahan dalam pembuatan antenna harus dipertimbangkan dengan matang, terutama kabel. Karena sangat berpengaruh terhadap impedansi antenanya.

VI. REFERENSI

- [1] E. Ardizzzone, A. Bruno, F. Gugliuzza, and R. Pirrone, "A Low Cost Solution for NOAA Remote Sensing," no. Diid, pp. 128–134, 2018.
- [2] S. Mahmood, M. T. Mushtaq, and G. Jaffer, "Cost efficient design approach for

- receiving the NOAA weather satellites data,” *IEEE Aerosp. Conf. Proc.*, vol. 2016-June, no. March, 2016.
- [3] B. Slade, “The Basics of Quadrifilar Helix Antennas,” *Report*, pp. 1–20, 2015.
- [4] S. Patel, “Design & Analysis of Close-Ended Quadrifilar Helix Aantenna At Ku-Band For Satellite Communication,” vol. 1, no. 12, pp. 2616–2619, 2014.
- [5] V. Saidulu, “Design of Quadrifilar Helical Antenna for,” pp. 13563–13570, 2017.
- [6] Richard C. Johnson, “Johnson - 2007 - Antenna engineering handbook.pdf,” p. 1512, 2007.
- [7] P. Rajan, K. P. Soman, and S. S. G. A, “Weather Pattern Monitoring Using SDR,” no. 2, pp. 63–68, 2013.
- [8] V. S. Tomar and V. Bhatia, “Low Cost and Power Software Defined Radio Using Raspberry Pi for Disaster Effectted Regions,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 58, pp. 401–407, 2015.