

Perancangan Antena Dipol Portabel untuk Radar Frekuensi Tinggi

Dery Wahyu Aldio¹, Iswandi², Sigit Basuki Wibowo³

Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta, Indonesia, 55281

e-mail ¹derywahyu99@mail.ugm.ac.id, ²iswandi@ugm.ac.id, ³sigitbw@ugm.ac.id

Abstract— The high-frequency radar is a means for ocean surveillance, so it is demanded by a maritime country such as Indonesia. This radar works on the high-frequency (HF) band (3-30 MHz). The radar signal has 10-100 m of wavelength, which needs a large antenna dimension. This large antenna size causes a problem transporting it from one place to another during testing and installation. Therefore a portable antenna is required. This research aims to design a portable dipole antenna for HF radar implementation. The fabrication of the designed antenna shows a resonant frequency of 25.015 MHz, a return loss of -34.02 dB, and a bandwidth of 1.2 MHz. The repeated assemble-disassemble process tests the antenna portability, which shows the resonant frequency with 25.018 MHz mean and 0.058 MHz standard deviation and the return loss with -22.20 dB average and 1.5 dB standard deviation.

Intisari— Radar frekuensi tinggi merupakan piranti yang berguna untuk pengawasan wilayah laut sehingga sangat diperlukan dalam jumlah yang besar oleh negara maritim seperti Indonesia. Radar ini bekerja pada pita frekuensi HF (3-30 MHz) dengan panjang gelombang antara 10-100 m, sehingga memiliki dimensi antena yang relatif besar. Ukuran antena ini menimbulkan masalah ketika membawa antena dari satu tempat ke tempat lain dalam proses pengujian maupun pemasangan radar, maka diperlukan antena yang bersifat portabel. Penelitian ini bertujuan untuk merancang antena dipol portabel yang dapat diimplementasikan pada radar HF. Hasil fabrikasi dari antena yang dirancang menunjukkan frekuensi resonansi sebesar 25,015 MHz dengan *return loss* sebesar -34,02 dB, serta *bandwidth* 1,2 MHz. Uji portabilitas melalui proses bongkar pasang antena secara berulang menunjukkan hasil rerata frekuensi resonansi 25,18 MHz dan standar deviasi 0,056 MHz, serta rerata *return loss* -22,20 dB dan standar deviasi 1,5 dB.

Keywords— radar frekuensi tinggi, antena radar, antena portabel, antena dipol.

I. PENDAHULUAN

Radar frekuensi tinggi atau biasa disebut radar HF (*high frequency*) adalah salah satu teknologi yang sangat berguna untuk pengawasan wilayah laut suatu negara. Radar ini memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh radar jenis lain, yaitu sebagai radar OTH (*over the horizon*) dan sebagai radar oseanografi. Isyarat radar bekerja pada pita frekuensi HF antara 3-30 MHz dengan polarisasi vertikal yang dapat terganggu dengan permukaan air laut, sehingga isyarat dapat merambat

menyusuri permukaan laut. Jarak jangkauan radar HF dapat mencapai 200 mil laut atau 370 km sehingga bersesuaian dengan batas zona ekonomi eksklusif suatu negara [2].

Radar HF pada awalnya berfungsi untuk sensor oseanografi untuk mengestimasi kondisi permukaan laut. Parameter kondisi laut yang dapat diukur antar lain arus permukaan laut, angin, dan spektrum gelombang laut [3]. Disamping itu, radar HF juga telah dikembangkan untuk mendeteksi kapal [1] dan berbagai benda pada atau dekat dengan permukaan laut seperti pesawat terbang rendah [4], gunung es [5], dan tumpahan minyak. Perkembangan terakhir, radar HF juga dikembangkan sebagai piranti deteksi dini tsunami [6]. Tsunami yang menyebabkan perubahan drastis pada arus permukaan laut dapat dikenali pada pola isyarat terima isyarat radar HF, sehingga memungkinkan mekanisme pendeteksian tsunami.

Di Indonesia, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) juga telah memasang radar HF di berbagai lokasi antara lain di selat Bali, Selat Sunda, dan Labuhan Bajo yang memiliki fungsi sebagai sensor oseanografi [7]. Radar HF yang berfungsi sebagai ujicoba pendeteksi tsunami juga dimiliki oleh BMKG yang terpasang di pantai Parangtritis, Yogyakarta dan pantai Kaburuhan, Purworejo [8]. Mengingat Indonesia merupakan negara maritim dengan wilayah laut yang luas maka membutuhkan radar HF dalam jumlah yang sangat banyak. Oleh karena itu diperlukan penelitian-penelitian dalam pengembangan radar HF, sehingga radar ini dapat diproduksi sendiri di dalam negeri.

Dalam penelitian radar HF, pengujian lapangan purwarupa dan pengumpulan data harus dilaksanakan di pantai sebagai lokasi pemasangan radar. Kendala yang dihadapi dalam pengujian lapangan antara lain adalah ukuran antena yang relatif panjang sehingga menyulitkan proses transportasi dan penyimpanan alat. Radar HF yang bekerja pada frekuensi 3-30 MHz memiliki panjang gelombang antara 10 – 100 m, sehingga ukuran antena juga bersesuaian dengan dimensi panjang gelombang tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang antena dengan bersifat portabel sehingga memudahkan dalam proses pengujian lapangan untuk penelitian radar HF.

Mengingat dimensi antena tunggal yang relatif besar, radar HF menggunakan larik antena linier untuk mengatur arah pancar antena [9]. Jenis elemen larik antena yang biasa digunakan adalah antena monopol dan dipol. Antena larik orthogonal juga digunakan oleh radar HF ringkas dengan menggunakan secara bersama antena monopol dan antena kalang-silang [10]. Penelitian ini mengembangkan

TABLE I. SPESIFIKASI RADAR FREKUENSI TINGGI

| Deskripsi | Nilai |
|---------------------------------|----------|
| Frekuensi tengah (f_c) | 25 MHz |
| Panjang gelombang (λ) | 11,99 m |
| Bandwidth | 100 kHz |
| Polarisasi gelombang | vertikal |

antena dipol sebagai elemen dari larik antenna untuk radar HF sesuai dengan penelitian radar yang dilakukan.

II. PERANCANGAN ANTENA PORTABEL

Penelitian ini bertujuan untuk merancang antenna dipol portabel sebagai elemen dari larik antenna pada radar HF. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi radar yang terkait dengan antenna yang dirancang.

A. Pemilihan material antenna

Material antenna harus diketahui terlebih dahulu sebelum dilakukan simulasi untuk menentukan bentuk dan dimensi antenna. Jenis material yang digunakan dipilih berdasarkan karakteristik material yang dibutuhkan serta memiliki ketersediaan yang cukup sebagai bahan baku fabrikasi antenna. Hal-hal yang diperhatikan dalam memilih material pada perancangan ini adalah:

- antenna digunakan pada daerah pantai sehingga perlu konduktor yang tidak mudah korosi,
- antenna digunakan pada daerah dengan tiupan angin yang kuat sehingga perlu penopang yang cukup kuat,
- adanya konduktor dapat menyebabkan perubahan karakteristik antenna, sehingga perlu meminimalisir adanya konduktor selain konduktor antenna,
- material yang digunakan tersedia secara mudah di pasaran dengan harga yang relatif tidak mahal.

Dengan pertimbangan tersebut maka radiator antenna dibuat dari bahan aluminium sedangkan penopang antenna menggunakan perpaduan antara pipa pvc (*polyvinil chloride*) dan pipa besi.

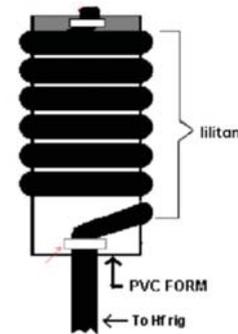
B. Perancangan antenna dipol

Antenna yang dirancang sebagai pemancar atau penerima pada radar yang berkerja pada frekuensi (f_c) 25 MHz atau memiliki panjang gelombang (λ) 11,99 m. Panjang elemen antenna dipol ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$l_d = \frac{\lambda v}{2} = \frac{c v k}{f_c} \quad (1)$$

dengan $c = 3 \cdot 10^8$ m/s adalah cepat rambat gelombang elektromagnetik pada ruang hampa dan v adalah faktor kecepatan gelombang pada material antenna. Sedangkan k adalah faktor pengaturan (*adjustment factor*). Faktor ini berguna untuk menyesuaikan dengan jenis material dan penampang bahan pembuatan antenna. Faktor pengaturan dihitung menggunakan persamaan:

$$K = A + \frac{B-A}{(1 + (\frac{R_L/d}{C})^D)^E} \quad (2)$$



Gambar 1. Skematik ugly balun.

dengan $R_L = \lambda/2,54$ adalah panjang gelombang dalam satuan inci, d adalah diameter penampang melintang elemen antenna. Sedangkan parameter A, B, C, D, dan E adalah konstanta yang masing-masing memiliki nilai 0,978011, -10,88627, 0,0004490702, -1,792529, dan 0,3004597 [11].

Pada penelitian ini digunakan $v = 0,95$ sebagai nilai yang biasa digunakan pada perancangan antenna dipol. Berdasarkan persamaan (1), panjang elemen antenna dipol adalah 5,7 m.

C. Perancangan ugly balun

Untuk meningkatkan kesesuaian impedans antara antenna dan saluran transmisi maka ditambahkan balun (*balance-unbalance*). Pada rancangan ini gunakan balun yang terbuat dari lilitan kabel transmisi yang disebut *ugly balun*. Balun jenis ini merupakan alternatif dari balun 1:1 karena sesungguhnya *ugly balun* yang berfungsi mengeliminasi arus RF yang berasal dari luar kabel dengan menggunakan prinsip yang sama seperti RF *choke* [13]. Alasan digunakannya *ugly balun* adalah karena konstruksi yang sederhana serta biaya yang sangat murah. Gambar 1 menunjukkan konstruksi dari balun yang digunakan.

Perancangan balun dimulai dengan menghitung induktansi kabel transmisi yang dinyatakan dengan persamaan

$$L_{\mu H} = \frac{X_L}{2\pi f_c} \quad (3)$$

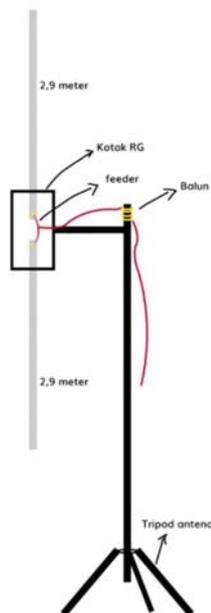
dengan $X_L = 200 \Omega$ adalah nilai reaktansi induktif antenna yang ditentukan dengan nilai empat impedansi saluran transmisi. Selanjutnya jumlah lilitan dari balun dihitung dengan menggunakan persamaan

$$t^2 = L_{\mu H} \frac{(9r + 10l)}{r^2} \quad (4)$$

dengan r adalah jari-jari pipa yang digunakan untuk menggulung lilitan dinyatakan dalam inci dan l adalah panjang lilitan dalam inci [13].

Dari persamaan (3), nilai reaktansi induktif pada frekuensi kerja 25 MHz menghasilkan nilai sebesar 1,27 μH . Hasil tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan (4) untuk mendapatkan jumlah lilitan yang harus diberikan.

Dari hasil perhitungan dengan persamaan (3) dan (4) diperoleh hasil bahwa balun memiliki sejumlah 7 lilitan.



Gambar 2. Struktur antenna dan sarana pendukungnya.

D. Perancangan pendukung antenna

Konstruksi pendukung diperlukan untuk mendudukan antenna pada posisi yang diinginkan. Dalam hal perancangan antenna portabel, konstruksi pendukung harus dapat memungkinkan mekanisme bongkar pasang yang cepat dan mudah.

Gambar 2 menunjukkan rancangan antenna yang berada pada posisi piranti pendukungnya. Piranti pendukung terdiri dari kotak pelindung konektor antenna, penghubung antenna ke tiang antenna, dan tiang antenna.

III. FABRIKASI DAN PENGUJIAN ANTENA

Hasil rancangan antenna dipol portabel kemudian difabrikasi dan dilakukan proses pengujian. Gambar 3 menunjukkan hasil fabrikasi dari bagian-bagian antenna serta konstruksi pendukungnya. Untuk memudahkan saat membawa antenna dari satu tempat ke tempat lain, batang elemen antenna dibagi menjadi dua bagian. Bagian ruas tengah memiliki panjang 155 cm dan ruas tepi memiliki panjang 140 cm. Tambahan panjang 5 cm digunakan untuk proses penyambungan antara kedua ruas. Sebagai keterangan tambahan, kabel koaksial terdiri dari kabel pendek untuk menghubungkan batang antenna dengan balun serta kabel panjang untuk menghubungkan balun dengan perangkat yang terhubung dengan antenna.

Selanjutnya dilakukan proses pemasangan antenna dan bagian-bagiannya. Dengan penomoran bagian-bagian antenna seperti ditunjukkan pada Gambar 3, urutan pemasangan adalah sebagai berikut:

1. memasukan kedua ruas tengah batang antenna (1) ke dalam kotak *feeder* (2),
2. memasang kabel transmisi (5) pada ujung ruas tengah dari batang antenna yang terletak di dalam kotak *feeder*,



Gambar 3. Bagian-bagian hasil fabrikasi antenna dan sarana pendukungnya: (1) elemen antenna, (2) kotak *feeder* dan tiang antenna (3) tripod (4) balun, dan (5) kabel transmisi.

3. Mesang ruang tepi pada ujung luar ruas dalam antenna dan mengencangkannya dengan klem agar tidak mudah tergeser,
4. menghubungkan balun (4) pada kabel transmisi yang sudah dipasang pada kotak *feeder*,
5. menghubungkan kabel koaksial (5) dengan balun,
6. menyusun segmen-segmen penopang antenna (2),
7. memasang antenna yang sudah rakit pada penopang kaki tiga (*tripod*).

Hasil proses pemasangan antenna secara utuh ditunjukkan pada Gambar 4 yang siap untuk digunakan. Untuk proses pembongkaran antenna dilakukan dengan urutan dari proses pemasangan.

Selanjutnya, untuk mengetahui kinerja antenna maka dilakukan serangkaian pengujian yang terdiri dari:

- Pengujian tanpa balun,
- Pengujian dengan balun, dan
- Pengujian pengaruh bongkar pasang antenna.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *vector network analyzer* (VNA) untuk mengukur rugi-rugi pantulan (*return loss*) dan *voltage standing wave ratio* (VSWR). Pengujian dilakukan di ruang terbuka mengingat dimensi antenna yang relatif besar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan antenna dipol portabel telah berhasil difabrikasi. Selanjutnya dilakukan serangkaian pengujian untuk mengukur kinerja antenna. Seluruh proses pengujian dilakukan pada ruang terbuka yaitu lapangan untuk mengurangi pengaruh pantulan dari benda-benda di sekitar antenna. Kondisi lingkungan sekitar pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Antena dipol portabel dalam kondisi terpasang.

A. Pengujian antena tanpa balun

Pengujian tanpa balun dilakukan dengan mengukur rugi-rugi pantulan dan VSWR dengan menggunakan VNA. Rentang frekuensi pengamatan adalah 20-30 MHz. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 5.

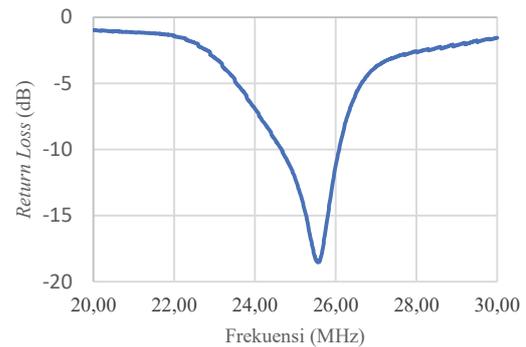
Hasil pengukuran rugi-rugi pantulan dan VSWR pada Gambar 5a dan 5b menunjukkan frekuensi resonansi antena adalah 25,61 MHz. Hasil ini sangat dekat dengan frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 25 MHz.

Nilai batas maksimal rugi-rugi pantulan dari antena agar dapat berfungsi baik adalah sebesar -10 dB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa antena dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi antara 24,65 MHz sampai dengan 26 MHz. Dengan total *bandwidth* sebesar 1,65 MHz maka antena telah melebihi dari *bandwidth* yang dibutuhkan oleh radar sebesar 100 kHz.

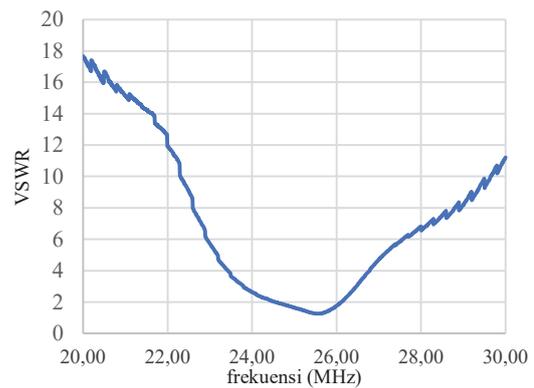
B. Pengujian antena dengan Balun

Pengujian selanjutnya bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan balun pada kinerja antena. Hasil pengujian dibandingkan dengan hasil pengujian tanpa balun dan ditunjukkan oleh Gambar 6.

Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 5 meliputi parameter rugi-rugi pantulan (*return loss*) dan VSWR masing-masing pada Gambar 5a dan 5b. Pengamatan dari rugi-rugi pantulan menunjukkan antena memiliki rugi-rugi terendah pada frekuensi 25,015 MHz. Rentang frekuensi dengan rugi-rugi pantulan di bawah -10 dB



(a)



(b)

Gambar 5 Hasil pengujian antena tanpa balun.

adalah antara 24,46 sampai dengan 25,66 MHz yang didapat frekuensi tinggi sebesar 25,66 MHz dan frekuensi rendahnya sebesar 24,46 MHz atau menunjukkan *bandwidth* sebesar 1,2 MHz.

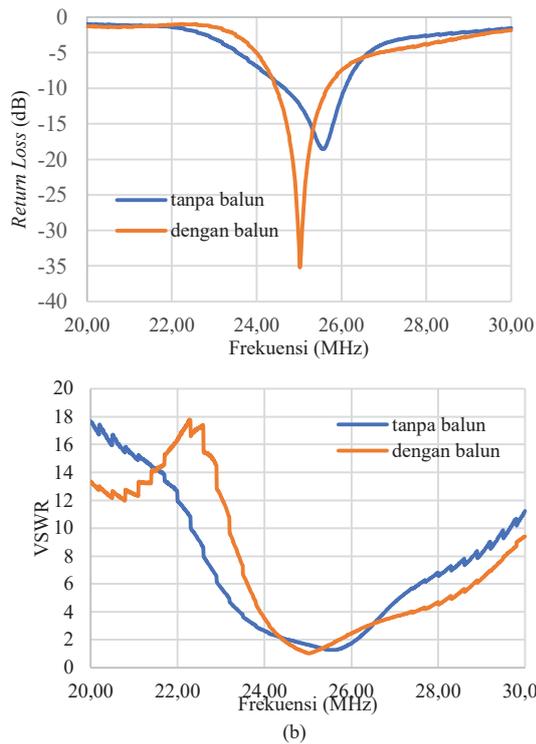
Jika dibandingkan dengan pengukuran tanpa balun, maka penambahan balun menyebabkan perbaikan frekuensi resonansi yang lebih mendekati pada frekuensi yang diinginkan yaitu 25 MHz.

Penambahan balun juga mengubah *bandwidth* antena dari 1,65 MHz menjadi 1,2 MHz. Sedangkan *bandwidth* radar yang dibutuhkan adalah 100 kHz sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Oleh karena itu, antena berfungsi dengan lebih baik pada frekuensi kerja karena memiliki rugi-rugi pantulan yang lebih rendah.

C. Pengujian pengaruh bongkar pasang antena

Tujuan utama dari perancangan ini adalah pembuatan antena yang bersifat portabel yaitu dapat dibongkar-pasang secara mudah dan tidak mengubah karakteristik dari antena. Oleh karena itu, pengujian selanjutnya adalah uji bongkar-pasang antena sebanyak 10 kali perulangan dan melakukan pengukuran karakteristik antena untuk setiap pemasangan.

Hasil pengukuran rugi-rugi pantulan dan VSWR untuk 10 kali pengukuran yang dilakukan ditunjukkan oleh Gambar 5a dan 5b. Nilai hasil pengukuran kedua parameter menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan tingkat presisi hasil pengujian yang diperoleh.



Gambar 5 Hasil pengujian antenna dengan balun.

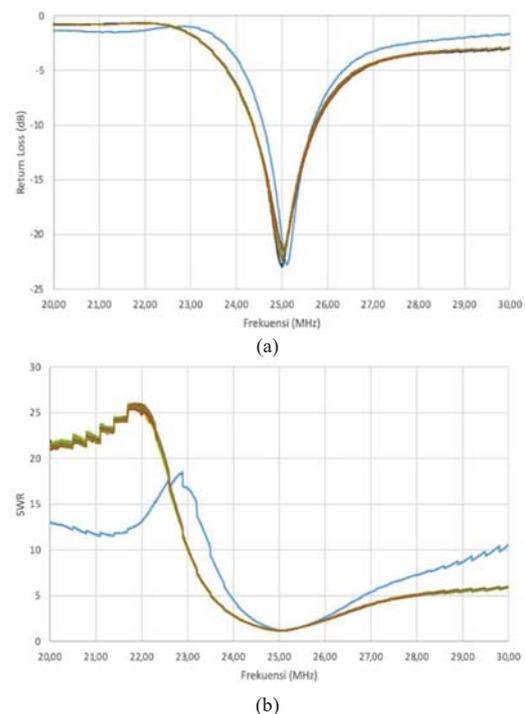
Analisis statistik dari rugi-rugi pantulan menunjukkan nilai rerata frekuensi sebesar 25,018 MHz dengan standar deviasinya bernilai 0,056 MHz. Nilai rugi-rugi pantulan minimum memiliki rerata sebesar 22,20 dB dengan standar deviasinya bernilai 1,5 dB. Sementara itu, nilai SWR pada frekuensi resonansi menunjukkan SWR memiliki nilai rerata sebesar 1,16 dengan standar deviasinya bernilai 0,11. Hal ini membuktikan dari proses bongkar-pasang antenna selalu menghasilkan antenna dengan fungsi yang optimal pada frekuensi kerja radar yaitu 25 MHz.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun purwarupa antenna dipol portable untuk elemen larik antenna pada radar frekuensi tinggi. Antenna dilengkapi dengan balun serta sistem pendukung yang memungkinkan antenna dibongkar-pasang secara mudah dan cepat tanpa mengubah karakteristik antenna. Pengujian dari purwarupa antenna yang dirancang menunjukkan frekuensi resonansi sebesar 25,015 MHz dengan *return loss* sebesar -34,02 dB, serta *bandwidth* 1,2 MHz. Uji portabilitas melalui proses bongkar pasang antenna secara berulang menunjukkan hasil rerata [1]ta frekuensi resonansi 25,18 MHz dan standar deviasi 0.056 MHz, serta rerata *return loss* -22,20 dB dan standar deviasi 1,5 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Cai, H. Zhou, W. Huang, and B. Wen, "Ship Detection and Direction Finding Based on Time-Frequency Analysis for Compact HF Radar," *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 18, no. 1, pp. 72–76, 2021, doi: 10.1109/LGRS.2020.2967387.
- [2] S. Maresca, P. Braca, J. Horstmann, and R. Grasso, "Maritime Surveillance Using Multiple High-Frequency Surface-Wave Radars," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 52, no. 8, pp.



Gambar 6 Hasil pengukuran antenna dengan proses bongkar-pasang secara berulang sebanyak 10 kali.

- 5056–5071, 2014.
- [3] S. Fujii *et al.*, "An overview of developments and applications of oceanographic radar networks in Asia and Oceania countries," *Ocean Sci. J.*, vol. 48, no. 1, pp. 69–97, 2013, doi: 10.1007/s12601-013-0007-0.
- [4] K. Zhao, G. Zhou, C. Yu, and T. Quan, "Target flying mode identification and altitude estimation in Bistatic T/R-R HFSWR," in *FUSION 2014 - 17th International Conference on Information Fusion*, 2014, pp. 1–8.
- [5] K. Laws, J. Vesecky, and J. D. Paduan, "High frequency radar for coastal marine monitoring of currents and vessels," in *International Waterside Security Conference (WSS 2010)*, 2010, pp. 1–5, doi: 10.1109/WSSC.2010.5730257.
- [6] Iswandi, R. Hidayat, B. Setiyanto, and S. B. Wibowo, "Study on Detection Mechanism of HF Radar for Early Tsunami Detection and Comparison to Other Tsunami Sensors," 2019, doi: 10.1109/ICITEED.2019.8929984.
- [7] BMKG, "HF Radar Data Viewer." <https://maritim.bmkg.go.id/radar> (accessed Aug. 08, 2022).
- [8] R. Suryandika, "BMKG Bangun Radar Tsunami di DIY dan Jateng." <https://www.republika.co.id/berita/px6rz6335/bmkg-bangun-radar-tsunami-di-diy-dan-jateng> (accessed Aug. 08, 2022).
- [9] W. Wang and E. W. Gill, "Evaluation of beamforming and direction finding for a phased array HF ocean current radar," *J. Atmos. Ocean. Technol.*, vol. 33, no. 12, pp. 2599–2613, 2016, doi: 10.1175/JTECH-D-15-0181.1.
- [10] K. Wang, P. Zhang, J. Niu, W. Sun, L. Zhao, and Y. Ji, "A performance evaluation scheme for multiple object tracking with HFSWR," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 6, pp. 1–20, 2019, doi: 10.3390/s19061393.
- [11] Y. Christiyono, I. Santoso, and B. Setiawan, "PERANCANGAN ANTENA $5/8\lambda$ BERPOLARISASI CIRCULAR PADA BAND VHF (30-300 MHz)," *Transmisi*, vol. 11, no. 1, pp. 53–59, 2009.
- [12] TranslatorCafe.com, "Dipole Antenna Calculator."
- [13] J. Portune, "Designing Coiled Coax Ugly Baluns," *ARRL The National Association for Amateur Radio*.
- [14] C. A. Balanis, *Antenna Theory, Analysis and Design*, 4th ed. United State of America: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016.