

Rancang Bangun Antenna Tuning Unit (ATU) Simulator Pada Peralatan Non Directional Beacon (NDB) Berdaya Rendah

Muh Wildan¹, Sabdo Purnomo¹, Johan Wahyudi¹,
Muhammad Arif Sulaiman¹, M. Efaldes Syahputra²

¹Politeknik Penerbangan Indonesia Curug - Tangerang

² Politeknik Penerbangan Palembang

E-mail correspondence : muh.wildan@ppicurug.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini membahas perancangan *Antenna Tuning Unit (ATU) Simulator* pada peralatan Non Directional Beacon (NDB) yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk praktek pengukuran parameter *Forward Power*, *Reflected Power* dan VSWR di laboratorium program studi Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug. ATU yang dirancang menggunakan *loading coil* dan *antenna simulator*. Loading coil bersifat induktif yang terdiri dari 6 posisi *course tuning*, 9 posisi *fine tuning*, serta *rotatable inner tuning* yang dapat diputar 360°. Sedangkan antenna simulator terdiri dari *dummy load* RF 12.5 - 50 ohm dan rangkaian seri-paralel capacitor yang berfungsi sebagai penyesuai impedansi yang bersifat capacitif. Kinerja rancangan ATU Simulator disimulasikan dan diukur pada range frekuensi NDB yaitu 190 KHz – 535 KHz serta diujicoba pada peralatan NDB merk ND200S dengan frekuensi 282 KHz dengan power output 50 Watt. Hasil simulasi dan pengukuran pabrikan menunjukkan bahwa ATU Simulator dapat bekerja pada frekuensi batas bawah 190 KHz, frekuensi tengah 360 KHz dan frekuensi atas 535 KHz dapat memenuhi standar spesifikasi perancangan VSWR ≤ 1.5 dan *return loss* ≤ -14 dB. Pada ujicoba pemakaian ATU Simulator pada peralatan NDB, menunjukkan hasil pengukuran nilai *reflected power* dibawah 5 % dengan *forward power*nya sehingga dapat diketahui nilai VSWR masih memenuhi persyaratan ≤ 1.5 .

Kata Kunci : Antenna Tuning Unit; Non Directional Beacon; Simulator

Abstract

This research discusses the design of the *Antenna Tuning Unit (ATU) Simulator* on Non Directional Beacon (NDB) equipment which can be used as a tool for the practice of measuring *Forward Power*, *Reflected Power*, and *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)* parameters in the Air Navigation Engineering Laboratory, Indonesian Aviation Polytechnic Curug. ATU was designed using a *loading coil* and *antenna simulator*. The loading coil has an inductive characteristic which consists of 6-course tuning positions, 9-fine tuning positions, and a *rotatable inner tuning* that can be rotated 360°. The antenna simulator consists of a 12.5 - 50 ohm RF dummy load and a series-parallel capacitor circuit that functions as a capacitive impedance balancer. The performance of the ATU Simulator design is simulated and measured in the NDB frequency range of 190 KHz – 535 KHz and tested on NDB equipment brand Nautel ND200S with a frequency of 282 KHz with a power output of 50 Watts. The simulation and measurement results show that the ATU Simulator can work at a lower limit frequency of 190 KHz, a middle frequency of 360 KHz, and an upper frequency of 535 KHz that can meet the design specification standards of VSWR ≤ 1.5 and *return loss* ≤ -14 dB. In testing the use of the ATU Simulator on NDB equipment, the results of the measurement of the reflected power value are below 5% with the forward power so it can be seen that the VSWR value still meets the requirements of ≤ 1.5 .

Keywords: Antenna Tuning Unit; Non Directional Beacon; Simulator

PENDAHULUAN

Layanan fasilitas navigasi penerbangan sangat diperlukan dalam sistem pemanduan lalu lintas udara atau Air Traffic Service (ATS) dengan peralatan gelombang radio rambu udara atau Radio Aids Navigation (RAN). Salah satunya adalah peralatan Non Directional Beacon (NDB) yang membantu untuk mengarahkan pesawat menuju bandara yang dituju. Bagian bagian NDB tersebut adalah pemancar (*transmitter*), *antena tuning unit* (ATU) dan antena NDB (Hasanah et al., 2022). Frekuensi kerja peralatan beroperasi pada rentang frekuensi 190 – 1750 KHz (ICAO, 2006) dan di Indonesia digunakan hanya pada rentang frekuensi 190 KHz – 535 KHz (Kementerian Perhubungan, 2015).

ATU merupakan bagian terpenting dalam melakukan penyesuaian impedansi antara pemancar NDB dan sistem antenanya, sehingga nilai total *impedance* diharapkan menghasilkan nilai 50Ω (Kementerian Perhubungan, 2015). Nilai kapasitansi yang merupakan sebuah nilai imajiner antara antena dengan *ground* sebagai konstanta dielektriknya, sering kali mengalami perubahan dikarenakan faktor cuaca. Selain itu, faktor teknis peralatan, perawatan, lingkungan, dan hal lain yang dapat menjadi penyebab perubahan impedansi (Wildan et al., 2017). Perubahan nilai tersebut harus terus dijaga agar selalu *matching* dengan pemancar NDB.

Perubahan nilai impedansi erat kaitannya dengan perubahan nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) yang merupakan perbandingan dari *reflected power* dengan *forward power*. VSWR dapat dijadikan indikasi *matching unmatching*-nya sebuah pemancar dengan antena nya. Apabila nilai VSWR tinggi, dapat merusak sebuah power amplifier pada pemancar NDB karena *reflected power* yang terlalu besar yang dapat mengurangi daya transmisi pemancar. Sehingga pada peralatan NDB diperlukan bagian ATU yang dapat menyesuaikan impedansi ke 50 ohm untuk mendapatkan nilai VSWR yang masih dalam batas toleransinya.

Perancangan ATU Simulator dengan model *loading coil* dan pemberian beban resistor dan kapasitor sebagai pengganti antena. Rangkaian dirancang dengan memperhitungkan kemudahan melakukan penyetelan antena, yang terdiri dari *course*

tuning, fine tuning dan *inner tuning* dengan model putaran 360 derajat. Sedangkan *antenna simulator* digunakan untuk mensimulasikan praktikum pengukuran parameter NDB di laboratorium program studi Teknik Navigasi Udara Program sarjana terapan di Politeknik Penerbangan Indonesia Curug. Penelitian ATU juga dilakukan oleh (Milind et al., 2018) perancangan automatic HF (High Frequency) antenna tuner pada range frekuensi 3 – 30 MHz, dengan Directional Coupler untuk mengukur Forward Power dan Reflected Power selanjutnya di tentukan nilai VSWR dan masukkan kedalam stepper motor yang dikontrol menggunakan Microcontroller ATmega32.

Pembuatan *loading coil* pada frekuensi 0.060606 MHz dengan cara menghitung induktansi pada model Kumparan Flat Pancake Wheeler juga diteliti oleh (Firdaus & Fadel, 2015), telah berhasil dilakukan transmisi daya secara nirkabel menggunakan metode induksi medan-dekat. Sedangkan (El Bakkali et al., 2011), meneliti ATU MEMS tunable inductor yang terdiri dari piezomagnetic composite core, yang bekerja pada frekuensi 2,44 GHz untuk aplikasi *cardiac implants*. Penelitian ini, diusulkan perancangan ATU Simulator pada peralatan NDB yang mampu bekerja pada frekuensi 190 KHz – 535 KHz dengan membuat *loading coil* dan *antenna simulator* agar dapat digunakan untuk praktikum pengukuran VSWR.

METODE

Penentuan Spesifikasi Rancangan

Spesifikasi perancangan ATU Simulator ditentukan berdasarkan *Manual Of Standard CASR 171-02* Spesifikasi Teknis Fasilitas Telekomunikasi Penerbangan (Kementerian Perhubungan, 2015) dan berdasarkan skep 83/VI/2005 (Kementerian Perhubungan, 2005) tentang pengujian di darat dapat dijelaskan sesuai tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi ATU Simulator pada peralatan NDB

No	Parameter	Nilai
01.	Fekkuensi kerja	190 KHz – 535 KHz
02.	RF Input Power	≤ 50 Watt (Low Power)
03.	Impedansi masukan	50 ohm

04.	Reflected Power	≤ 5% dari input power
05.	VSWR	≤ 1,5
06.	Return Loss	≤ -14 dB

Penentuan nilai VSWR dapat ditentukan dengan perbandingan forward power dan reflected power (Pozar, 2011) (Hasanah et al., 2022), persamaan untuk mengetahui nilai VSWR dapat dihitung dengan rumus (Wibisono et al., 2021) :

$$VSWR = \frac{1 + \sqrt{\frac{\text{Reflected Power}}{\text{Forward Power}}}}{1 - \sqrt{\frac{\text{Reflected Power}}{\text{Forward Power}}}} \quad (1)$$

Sedangkan nilai *return loss* dapat dihitung dengan rumus (Pozar, 2011) :

$$RL (dB) = 10 \log \frac{Pr}{PF} \quad (2)$$

Penentuan Nilai Komponen yang digunakan

Prinsip frekuensi resonansi digunakan dalam penentuan nilai induktor (L) dan kapasitor (C) pada ATU ini, nilai reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif akan memiliki nilai impedansi yang sama. Nilai C sebesar 680 pF ditentukan, maka nilai L pada resonansi frekuensi dapat dihitung dengan rumus (Alexander & Sadiku, 2017) :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

Sehingga nilai pada frekuensi bawah (190 KHz) didapatkan nilai L sebesar 1032,9 μH, frekuensi tengah (360 KHz) sebesar 287,72 μH, sedangkan pada frekuensi atas (535 KHz) sebesar 130,28 μH.

Selanjutnya dirancang nilai L dengan mempertimbangkan jumlah lilitan, panjang lilitan dan diameter lilitan dari *loading coil* dengan rumus persamaan dengan Formula Wheeler (Wheeler, 1928) :

$$L = \frac{(D^2 N^2)}{18D + 40l} \quad (4)$$

Penentuan Jenis komponen

Perhitungan rancangan lilitan loading coil dengan rumusan diatas yang dapat secara variable menghasilkan nilai L (130,28 μH – 1032,9 μH), dari hasil perhitungan

didapatkan nilai panjang lilitan 12,59 inchi, jumlah 200 lilitan, diameter lilitan sebesar 4,4 inchi pada pipa PVC, dan diameter kawat sebesar 1,6 mm sehingga didapatkan nilai L sebesar 1328 μ H. Untuk komponen kapasitor dengan kemampuan Voltage 3000V, dengan cara melakukan seri dan parallel capacitor dengan rumus (Hayt et al., 2012) :

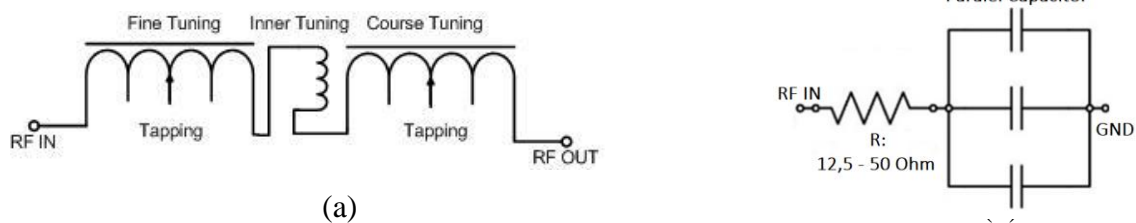
Rangkaian seri capacitor
$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (5)$$

Rangkaian parallel capacitor
$$C_{tot} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (6)$$

Sedangkan resistor dummyload menggunakan nilai 12,5 - 50 Ohm yang dipasang secara parallel dengan kemampuan daya 250 Watt.

Penentuan Rangkaian ATU Simulator

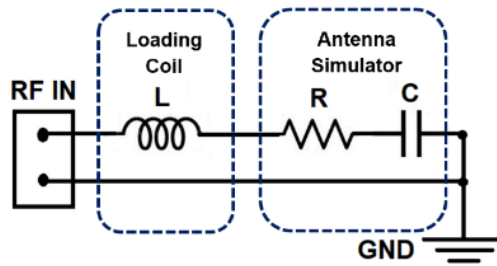
Usulan rancangan pada bagian *loading coil* terdiri dari bagian *fine tapping*, *course tapping* dan *inner coil* yang dapat diputar 360 derajat untuk mendapatkan keakuratan *matching impedance* pada peralatan NDB. Nilai impedansi *loading coil* dihitung secara tepat dibuat *tapping coil* untuk range frekuensi kerja NDB 190 Khz – 535 Khz. Gambar 1(a) menunjukkan rangkaian *loading coil* pada ATU. Sedangkan pada bagian *antenna simulator* dirancang dan dihitung menggunakan rangkaian RC seri-parallel untuk mendapatkan rangkaian yang sesuai karakteristik antenna NDB dan skema dasar rangkaian rancangan dapat dilihat pada Gambar 1(b)



Gambar 1(a). Rancangan Loading Coil pada ATU, 1.(b). Rancangan rangkaian dasar *Antenna Simulator*

Pemodelan desain Produk

Berdasarkan hasil penentuan nilai L, R, dan C pada tahapan perencanaan komponen maka dapat ditentukan rangkaian sederhana dari ATU Simulator tersebut seperti pada gambar 2.



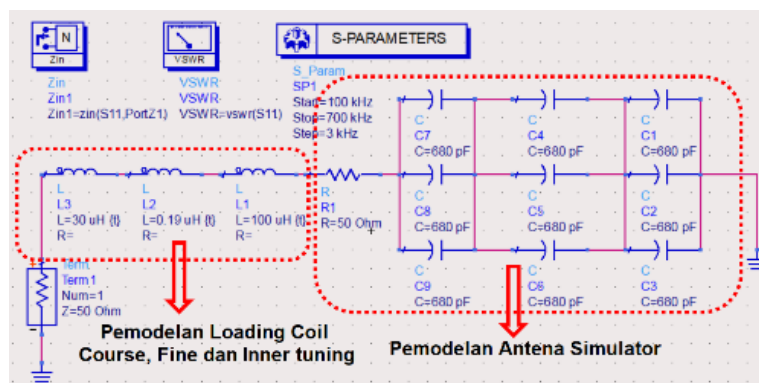
Gambar 2. Rangkaian sederhana dari ATU Simulator

Diketahui dari perhitungan diatas bahwa nilai *loading coil* diharapkan dapat dibuat pada range frekuensi NDB, yaitu antara 130,28 – 1032,9 μH , dengan nilai kapasitor tetap 680 pF dan nilai resistor sebesar 12,5 - 50 ohm agar dapat bekerja dan *matching* pada frekuensi yang dharapkan.

Pemodelan *loading coil* dibuat menjadi 6 step *tapping* sehingga masing masing *course* akan berubah pada interval $1000 / 6 = 166,6 \mu\text{H}$. Kemudian dalam *fine tuning* dibuat dengan 9 step *tapping*, sehingga interval nilai induktansi menjadi $166,6 \mu\text{H} / 9 = 18,5 \mu\text{H}$. Sedangkan untuk *inner tuning* dibuat antara rentang 0-18,5 μH , dengan step perubahan 0,1 μH .

Simulasi rancangan rangkaian pada software

Hasil desain rancangan yang dimodelkan dalam simulasi software ADS 2009, seperti tampak pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Pemodelan pada simulasi ADS

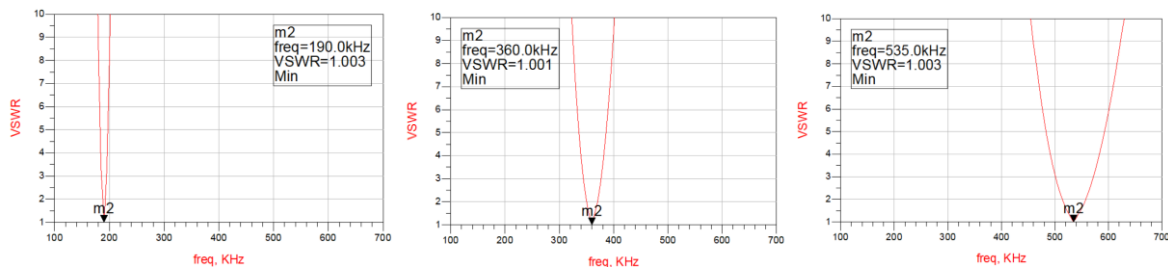
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi ATU Simulator

Pada bagian ini akan dibahas hasil simulasi dari rangkaian ATU Simulator yang bekerja pada frekuensi 190 KHz – 535 KHz. Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz, dan 535 KHz.

Hasil simulasi VSWR

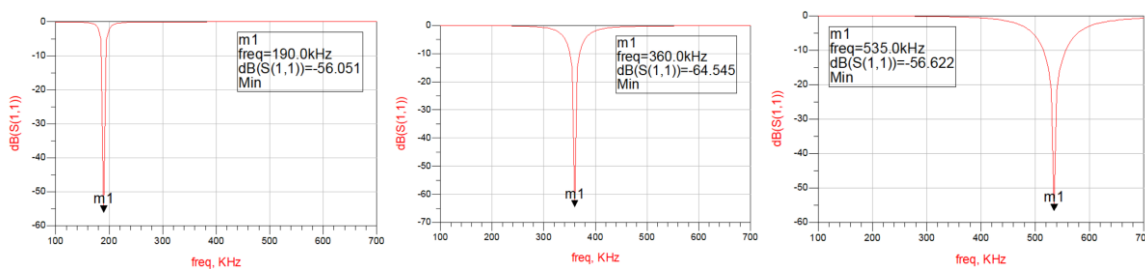
Desain Produk ATU Simulator diujicoba dengan mensimulasikan parameter penting berupa nilai VSWR pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz dan 535 KHz dengan hasil berturut turut 1,003; 1,001; dan 1,003 seperti tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil simulasi VSWR pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz, 535 KHz

Hasil simulasi Return Loss

Sedangkan simulasi pada Gambar 5 menunjukkan hasil parameter return loss pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz dan 535 KHz dengan nilai -56,052; -64,545; -56,622.

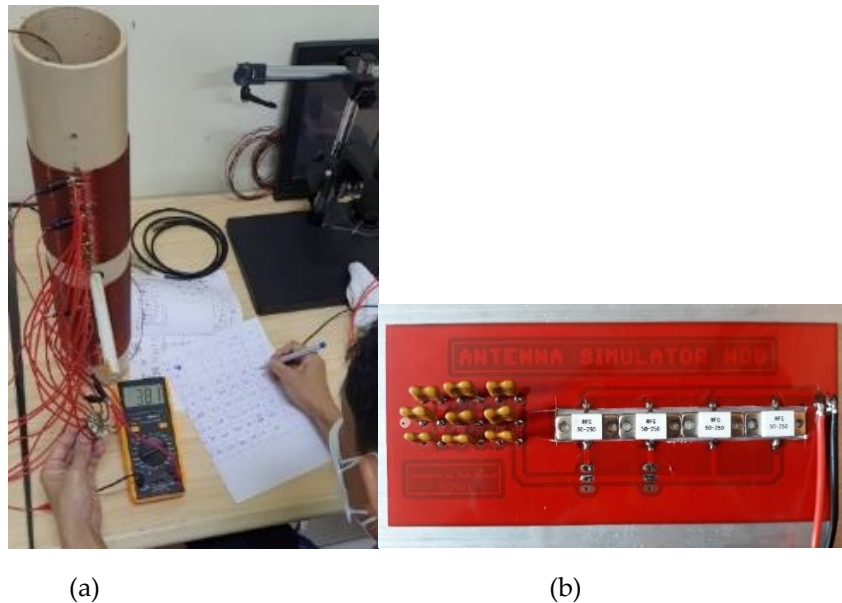


Gambar 5. Hasil simulasi return loss pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz, 535 KHz

Hasil Fabrikasi ATU Simulator

Hasil fabrikasi ATU Simulator pada bagian *loading coil* dibuat pada pipa PVC dengan kawat email diameter 1,6 mm dan *antenna simulator* menggunakan resistor RF

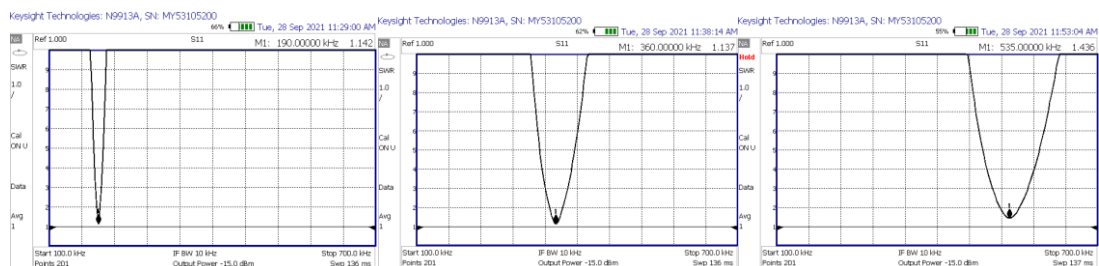
50 ohm seri dan parallel dan kapasitor dengan nilai 680 pF/3000V secara seri dan parallel. Hasil fabrikasi seperti tampak pada Gambar 6 dibawah ini.



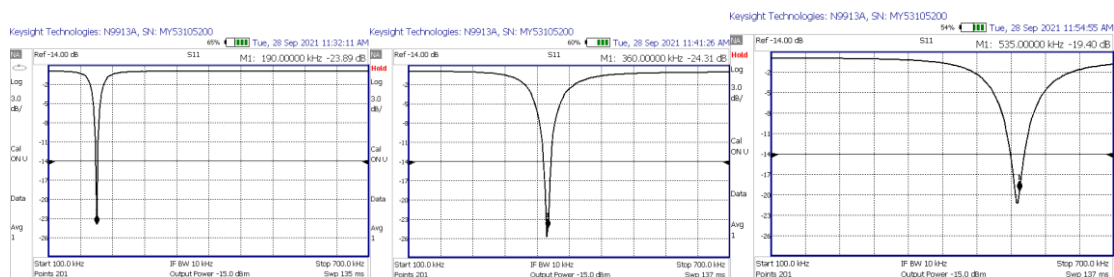
Gambar 6. (a) Loading coil ATU NDB (b) Antenna simulator ATU NDB

Hasil Pengukuran Parameter ATU Simulator

Pengukuran hasil fabrikasi ATU Simulator menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) merk Keysight N9913A. Pengukuran nilai parameter VSWR dapat dilihat seperti pada Gambar 7. Pada frekuensi 190 KHz didapatkan nilai VSWR 1,142 pada kombinasi tapping C1-F2, untuk frekuensi 360 KHz didapatkan nilai 1,137 pada kombinasi tapping C6-F5, sedangkan untuk frekuensi 535 KHz didapatkan nilai 1,436 pada kombinasi tapping C6-F7.



Gambar 7. Pengukuran VSWR pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz, 535 KHz



Gambar 8. Pengukuran return loss pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz, 535 KHz

Sedangkan parameter *return loss* pada frekuensi 190 KHz, 360 KHz, dan 535 KHz dengan hasil -23,89 dB, -24,31 dB, -19,40 dB ditunjukkan pada Gambar 8.

Hasil Ujicoba Pemakaian Produk pada NDB

Rancangan ATU Simulator NDB selanjutnya diujicoba pada peralatan NDB merk NAUTEL ND200S yang berada pada laboratorium Prodi TNU.



(a)

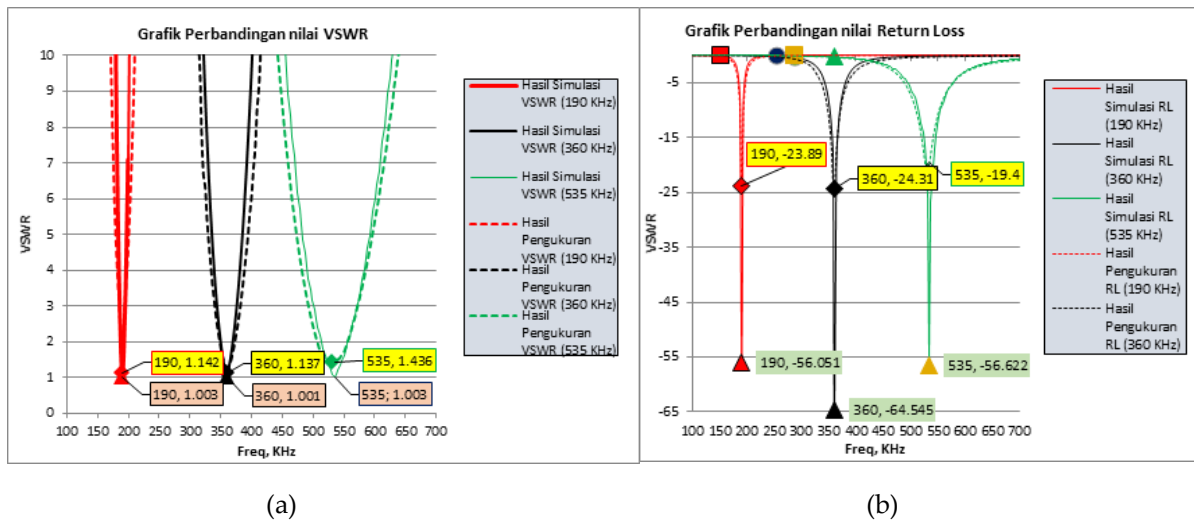
(b)

Gambar 9. Ujicoba Pengukuran Forward Power (a) dan Reflected Power (b) pada transmitter NDB

Hasil ujicoba pada peralatan NDB seperti tampak pada Gambar 9, dengan kondisi *matching loading coil* pada *tapping Course-5* dan *tapping Fine-1* (C5-F1) didapatkan nilai Forward Power 50 Watt dan Reflected Power 0,5 Watt sehingga dapat dihitung nilai VSWR adalah 1,22.

Analisis Hasil

Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran VSWR dan *return loss* ATU Simulator dapat dijelaskan pada Gambar 10 (a) dan 10 (b)..



Gambar 10. Grafik Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran VSWR (a) dan *return loss* (b) pada ATU Simulator NDB

Grafik tersebut menunjukkan data hasil ukur perbandingan simulasi dan pengukuran VSWR dan *return loss* dengan target hasil masih memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan bahwa nilai VSWR adalah $\leq 1,5$ dan *return loss* adalah ≤ -14 dB.

Pada ujicoba pemakaian ATU Simulator dilakukan pada peralatan NDB ND200S di laboratorium prodi TNU, yang bekerja pada frekuensi 282 KHz. Hasil ujicoba menunjukkan dari data pengukuran *forward* dan *reflected power* kemudian dihitung nilai VSWR sebesar 1,22 dan dianalisis berdasarkan nilai *threshold* VSWR pada spesifikasi rancangan sebesar 1,5. Ini berarti pengukuran nilai VSWR masih memenuhi syarat perancangan.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian perancangan ATU simulator pada peralatan NDB berdaya rendah yaitu telah dirancang dan direalisasikan peralatan ATU Simulator yang dapat digunakan untuk mensimulasikan praktek pengukuran *forward power*, *reflected power* dan VSWR pada peralatan NDB ND 200S yang berada di prodi TNU. Pengukuran nilai VSWR yang cukup bagus pada frekuensi batas bawah 190 KHz sebesar 1,142 dan pada frekuensi tengah 360 KHz didapatkan nilai VSWR sebesar 1,137, serta pada frekuensi batas atas 535 KHz didapatkan nilai 1,436. Nilai yang dicapai masih memenuhi spesifikasi perancangan yaitu dari batas ambang yang

ditentukan sebesar 1,5. Sedangkan ujicoba pemakaian produk pada NDB ND 200S pada frekuensi kerja 282 KHz berhasil mendapatkan nilai VSWR sebesar 1,22. Ini menunjukkan rancangan peralatan ATU Simulator dapat digunakan sebagai peralatan untuk praktikum pengukuran parameter NDB pada laboratorium Program Studi Teknik Navigasi Udara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2017). *Fundamentals of Electric Circuits* (Sixth Edit). McGRAW-HILL.
- [2] El Bakkali, M., Chan Wai Po, F., de Foucauld, E., Viala, B., & Michel, J.-P. (2011). Design of a RF matching network based on a new tunable inductor concept. *Microelectronics Journal*, 42(1), 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2010.08.004>
- [3] Firdaus, F., & Fadel, T. F. (2015). Pengaruh Sudut Antar Kumputan Pada Transfer Daya Nirkabel Menggunakan Metode Induksi Medan-Dekat. *ReTII*, 0(0 SE-Articles). <file://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/347>
- [4] Hasanah, U., Wildan, M., & Tohazen, T. (2022). Sistem Kendali dan Pemantauan Peralatan Navigasi Penerbangan Non Directional Beacon Tipe ND200S Menggunakan Nodemcu ESP8266 Berbasis Internet of Thing. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 8(1), 67. <https://doi.org/10.24036/jtev.v8i1.113268>
- [5] Hayt, W. H., Kemmerly, J. E., & Durbin, S. M. (2012). *ENGINEERING CIRCUIT ANALYSIS* (8 th). McGRAW-HILL.
- [6] ICAO. (2006). *Aeronautical Telecommunications*, Chapter 3: Radio Navigation Aids. In *Annex 10: Vol. I*.
- [7] Kementerian Perhubungan. (2005). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/83/VI/2005 Tentang Prosedur Pengujian di Darat (Ground Inspection) Peralatan Fasilitas Elektronika dan Listrik Penerbangan*.
- [8] Kementerian Perhubungan. (2015). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : KP 103 Tahun 2015 Tentang Standar Teknis dan Operasi (Manual Of Standard CASR 171-02) Spesifikasi Teknis Fasilitas Telekomunikasi Penerbangan*.
- [9] Milind, N. M., Sunil, S. B., & Murlidgar, Y. S. (2018). Automatic HF Antenna Tuner. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 05(03).
- [10] Pozar, D. M. (2011). *Microvawe Engineering* (4th ed.). Wiley.
- [11] Wheeler, H. A. (1928). Simple Inductance Formulas for Radio Coils. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, 16(10), 1398–1400. <https://doi.org/10.1109/JRPROC.1928.221309>
- [12] Wibisono, G., Wildan, M., Wahyudi, J., Widodo, E., & Firmansyah, T. (2021). Co-design Structure of Dual-Band LNA and Dual-Band BPF for Radio Navigation Aid Application. *Wireless Personal Communications*, 116. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07754-9>
- [13] Wildan, M., Hermawan, I., & Prihandoyo, A. T. (2017). Perancangan co-design dual band LNA pada radio navigation aids. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 1, 26–38.