



Studi Empiris Alat Peraga Penerima Frekuensi Radio GRF-3300

Deddy Susilo^{1*}, Budihardja Murtianta², Nathanael Adharta Livendra Murtianta³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana

¹ deddy.susilo@uksw.edu*, ² budihardja.murtianta@uksw.edu

* corresponding author

ABSTRACT

In a wireless communication system, the transmitter and receiver are basic components that have a role in the telecommunications system. The receiving system serves to receive an information signal. The basic structure of a radio frequency receiver system, namely: antenna - low pass filter - low noise amplifier (LNA) - mixer - phase lock loop (PLL) - demodulator - audio output. This article describes an empirical study of the GRF-3300 Receiver RF Circuit Training System by presenting the results of system testing which are very easy to understand, including the workings and functions of the receiver system props and the basic modules used in the receiving system, so that it can be used help electrical engineering students, especially telecommunications engineering majors. From the test results, the RF Circuit Training System GRF-3300 receiver training kit produces a Total Harmonic Distortion test value of around 5% when an input signal of 1V_{rms} is given.

ABSTRAK

Pada sistem komunikasi nirkabel, pemancar dan penerima merupakan komponen mendasar yang berperan dalam sistem telekomunikasi. Sistem penerima berfungsi untuk menerima suatu sinyal informasi. Struktur dasar sistem penerima frekuensi radio yaitu: antena – *low pass filter* – *low noise amplifier (LNA)* – *mixer* – *phase lock loop (PLL)* – *demodulator* – *audio output*. Dalam artikel ini menjelaskan tentang studi empiris *Receiver RF Circuit Training System GRF-3300* dengan hasil pengujian yang mudah dimengerti, meliputi cara kerja dan fungsi pada alat peraga sistem penerima serta modul-modul struktur dasar yang digunakan dalam sistem penerima, sehingga dapat membantu mahasiswa teknik elektro khususnya jurusan teknik telekomunikasi. Dari hasil pengujian, alat peraga penerima *RF Circuit Training System GRF-3300* menghasilkan nilai THD sekitar 5% pada sinyal masukan sebesar 1V_{rms}.

Article Info

Article history

Received: March 5th, 2021

Revised: May 28th, 2021

Accepted: May 30th, 2021

Keywords

radio receiver,
total harmonic distortion,
GRF-3300.

PENDAHULUAN

Secara umum, mahasiswa teknik elektro khususnya teknik telekomunikasi mengalami kesulitan untuk memahami cara kerja, fungsi serta komponen yang digunakan pada alat peraga *receiver* (penerima) dari pabrikan tertentu. Dalam pendidikan teknik

telekomunikasi penggunaan alat peraga dapat menjadi sarana yang dapat menunjang teori yang didapatkan dalam perkuliahan. *RF Circuit Training System GRF-3300* dari pabrikan GW-Instek adalah salah satu alat peraga yang dapat dipergunakan sebagai pembelajaran dan analisa untuk bagian-bagian dari *transmitter* dan *receiver* dengan alat ukur *Spectrum Analyzer*,

yang dalam artikel ini digunakan tipe GSP-830. Walaupun demikian sistem penerima ini masih cukup sulit untuk dipahami, maka diperlukan penjelasan secara mendalam dan terperinci dari sebuah alat peraga sistem penerima. Dalam artikel ini, akan menjelaskan tentang alat peraga *Receiver RF Circuit Training System GRF-3300* secara mendalam yang meliputi cara kerja, fungsi serta beberapa komponen utama yang digunakan (Manual, GWINSTEK-GRF-3300).

KOMPONEN DASAR TRAINER GRF3300

Receiver

Penerima (*receiver*) merupakan sebuah alat yang menerima pancaran sinyal termodulasi dari pemancar (*transmitter*) dan mengubah sinyal tersebut kembali menjadi sinyal informasi asli pada pita dasar (*baseband*).

Low Pass Filter

Low Pass Filter (LPF) merupakan tapis (*filter*) yang hanya melewatkan sinyal pada frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cut-off* (f_c) dan akan melemahkan sinyal pada frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi *cut-off*.

Low Nois Amplifier

Low Noise Amplifier (LNA) merupakan penguat yang terletak pada tingkat pertama sebuah *receiver*. Tujuan utama sebuah LNA digunakan adalah untuk meningkatkan penguatan dan kepekaan dari sinyal yang diterima oleh antenna penerima.

Mixer

Mixer bertujuan untuk mengubah frekuensi. Pada sistem *receiver*, sinyal akan diubah menjadi sinyal *intermediate* (menengah) yang diolah pada sirkuit *baseband*.

Band Pass Filter

Band pass filter merupakan filter yang melewatkan sinyal pada range frekuensi diatas

frekuensi batas bawah (f_L) dan dibawah frekuensi batas atas (f_H).

Demodulasi

Demodulasi merupakan proses dimana suatu sinyal modulasi yang dibentuk kembali seperti aslinya dari suatu gelombang pembawa (*carrier wave*) yang termodulasi oleh rangkaian. Jadi, sinyal informasi dikeluarkan lagi dari frekuensi *carrier* menjadi sinyal aslinya. Proses tersebut berlawanan dengan proses modulasi.

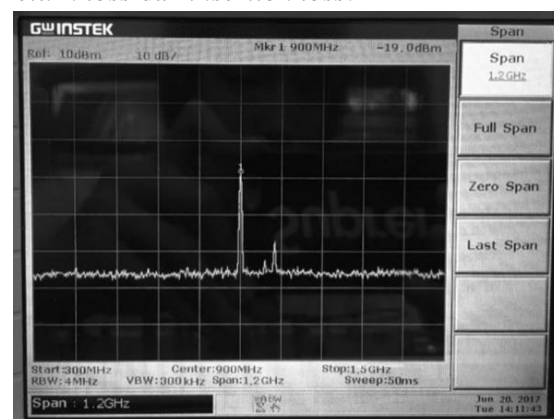
Total Harmonic Distortion

Total Harmonic Distortion (THD) merupakan nilai prosentase antara total komponen harmonisa dengan komponen fundamentalnya. Semakin besar prosentase THD ini menyebabkan semakin besarnya risiko kerusakan peralatan elektronika (Krauss, Bostian, & Raab: 1990).

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Low Pass Filter

Pengukuran modul LPF meliputi : *input tracking generator*, *input return loss*, *output return loss* dan *insertion loss*.



Gambar 1. Hasil Input Tracking Generator LPF. start: 300 MHz, center:900 MHz, stop: 1,5 GHz.

Tabel 1. Hasil pengujian *Low Pass Filter*

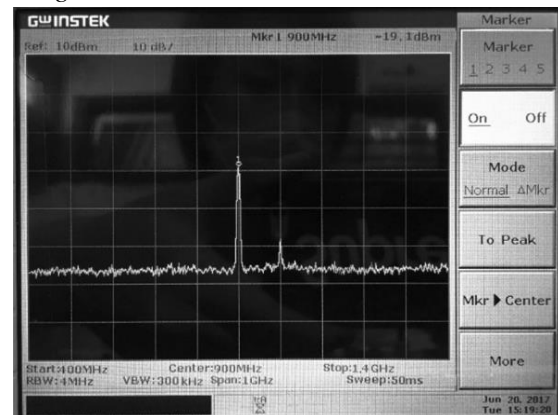
| Pengukuran | Tracking Generator (TG) | Hasil |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <i>input return loss</i> | -19 dBm | -39.3dBm -TG = 20.3dB |
| <i>output return loss</i> | -19 dBm | -39.6dBm -TG = -20.6dB |
| <i>insertion loss</i> | -20 dBm | -31.3dBm -TG = -11.3dB |

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Nilai dari *return loss* yang baik adalah di bawah -9,54 dB, nilai ini diperoleh sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak. Idealnya, filter yang disisipkan pada jalur sirkuit RF tidak menimbulkan hilangnya daya atau dengan kata lain *zero insertion loss*. Tetapi pada kenyataannya, terdapat sejumlah daya yang hilang (*power loss*) karena filter memiliki komponen yang mengandung resistansi yang menjadi penyebab utama *insertion loss*. Dari hasil percobaan dapat dilihat bahwa sinyal keluaran dari *input return loss* dan *output return loss* menghasilkan keluaran dibawah -9.54 dB sehingga saluran transmisi dapat dikatakan sudah *matching*. Juga dapat dilihat pada hasil percobaan, terdapat *insertion loss* pada modul LPF sebesar -11.3 dB.

Pengujian *Low Noise Amplifier*

Pengukuran modul *Low Noise Amplifier* dengan dua jenis LNA yaitu *Two-Stage Common Emitter LNA* dan *Cascade Inductive Series Feedback LNA* meliputi: *input tracking*

generator, input return loss, output return loss dan *gain*.



Gambar 2. Hasil *Input Tracking Generator LNA*. *start*: 400 MHz, *center*:900 MHz, *stop*:1.4 GHz.

Tabel 2. Hasil pengujian modul *Low Noise Amplifier*

| Pengukuran | Tracking generator (TG) | Hasil | |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|--|
| | | <i>Two-Stage Common Emitter</i> | <i>Cascade Inductive Series Feedback</i> |
| <i>input return loss</i> | -19.1 dBm | -46.1 – TG = -27 dB | -45.8 – TG = -26.7 dB |
| <i>output return loss</i> | -19.1 dBm | -46.5 – TG = -27.4 dB | -46.1 – TG = -27 dB |
| <i>gain</i> | -39.6 dBm | -16.7 – TG = 22.9 dB | -25.2 – TG = 14.4 dB |

Gain dan *Noise Figure* adalah faktor utama dalam *RF amplifier*. Pertimbangan pertama untuk merancang LNA yang baik adalah mendapatkan *gain* dengan *noise figure* yang optimal. Namun karena tidak mudah untuk *mencapai gain* dan impedansi sumber sinyal yang optimal pada saat yang bersamaan, maka digunakanlah dua jenis LNA yaitu *two-stage common emitter LNA* dan *cascade inductive series feedback LNA*. Saat pertama sinyal ditangani oleh *cascade inductive series feedback LNA* yang dapat menguatkan sinyal yang diinginkan, tetapi *noise* juga ikut dikuatkan. Oleh karena itu digunakannya *two-stage common emitter LNA* yang dapat mengurangi *noise* dan meningkatkan *gain*

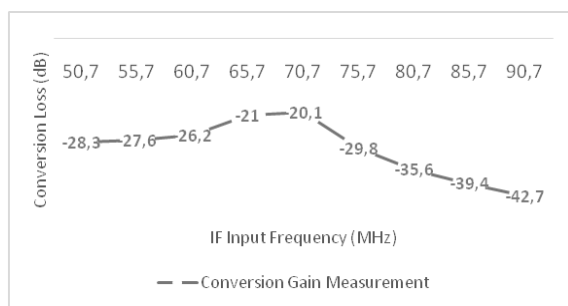
sinyal pada waktu yang bersamaan. Dari hasil percobaan *gain* didapatkan hasil keluaran yang mengalami peningkatan (*gain*) sebesar 22.9dB dan 14.4dB. Hal ini membuktikan bahwa kedua modul *Low Noise Amplifier* (LNA) dapat bekerja dengan baik.

Pengujian Mixer

Pengukuran modul *Mixer: Conversion Gain*.

Tabel 3. *Conversion Gain Measurement Mixer*

| RF Input Freq. (MHz) | LO Input Freq. (MHz) | IF Out. Freq. (MHz) | IF Out. Pwr. (dBm) | Conv. Loss (dB) | RF Out. Pwr. (dBm) |
|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| 809.3 | 860 | 50.7 | -35.3 | -28.3 | -7 |
| 809.3 | 865 | 55.7 | -34.6 | -27.6 | -7 |
| 809.3 | 870 | 60.7 | -33.2 | -26.2 | -7 |
| 809.3 | 875 | 65.7 | -28 | -21 | -7 |
| 809.3 | 880 | 70.7 | -27.1 | -20.1 | -7 |
| 804.3 | 880 | 75.7 | -36.8 | -29.8 | -7 |
| 799.3 | 880 | 80.7 | -42.6 | -35.6 | -7 |
| 794.3 | 880 | 85.7 | -46.4 | -39.4 | -7 |
| 789.3 | 880 | 90.7 | -49.7 | -42.7 | -7 |
| 784.3 | 880 | 95.7 | -52.7 | -45.7 | -7 |



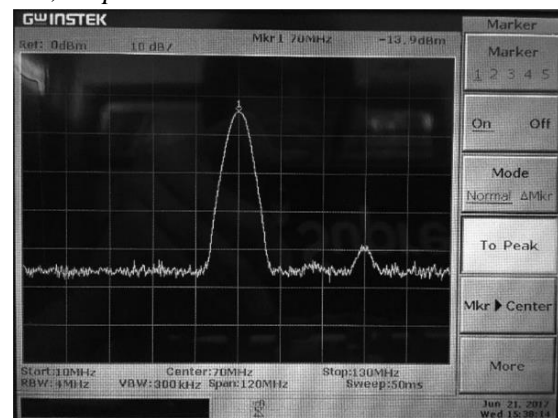
Gambar 3. *Conversion Gain Measurement Mixer*

Modul *mixer* menggunakan *dual gate FET mixer*. Perbedaan dengan *single gate FET* yaitu memiliki kontak *Schottky* yang lebih, sehingga dinamakan *dual gate FET*. Keuntungan menggunakan *dual gate FET mixer* adalah kapasitansi antaradua gerbang yang sangat kecil, yang menyebabkan isolasi yang baik. *Dual gate FET mixer* juga memiliki fungsi sebagai penguat yang memberikan *conversion gain*. Secara umum, gerbang FET pertama adalah input sinyal RF, sedangkan gerbang FET kedua adalah input sinyal LO dan saluran pembuangan FET adalah keluaran sinyal IF.

Pada hasil pengukuran dapat dilihat bahwa hasil frekuensi dari IF adalah selisih frekuensi dari RF dan LO (*down mixer*). Pada pengukuran *conversion gain measurement* didapatkan *conversion loss* sebesar -20.1 dB nilai puncak pada frekuensi 70.7 MHz.

Pengujian Band Pass Filter

Pengukuran modul *Band Pass Filter* meliputi: input *tracking generator*, input *return loss*, output *return loss* dan *insertion loss*.



Gambar 4. Hasil *Input Tracking Generator BPF*. start: 10 MHz, center:70 MHz, stop:130 MHz.

Tabel 4. Hasil pengujian modul *Band Pass Filter*

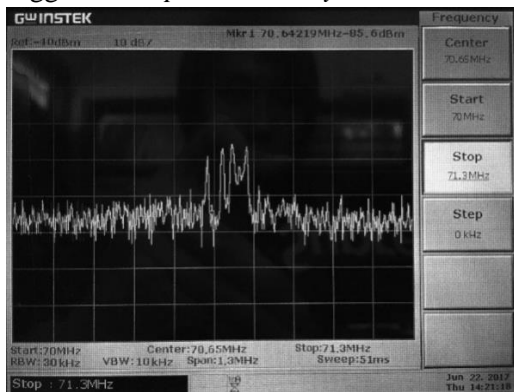
| Pengukuran | Tracking Generator (TG) | Hasil |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <i>input return loss</i> | -13.9 dBm | -38.3 dBm – TG = -24.4 dB |
| <i>output return loss</i> | -13.9 dBm | -35 dBm – TG = -21.1 dB |
| <i>insertion loss</i> | -14.6 dBm | -22.6 dBm – TG = -8 dB |

Dari hasil percobaan, dapat dilihat bahwa *band pass filter* hanya akan melewatkan frekuensi yang sesuai dengan band pass yaitu 70.7 MHz dengan f_L sebesar 68.2 MHz dan f_H sebesar 71.8 MHz, sehingga frekuensi selain itu tidak akan dilewatkan. Hal ini membuktikan bahwa modul *band pass filter* berfungsi dengan baik.

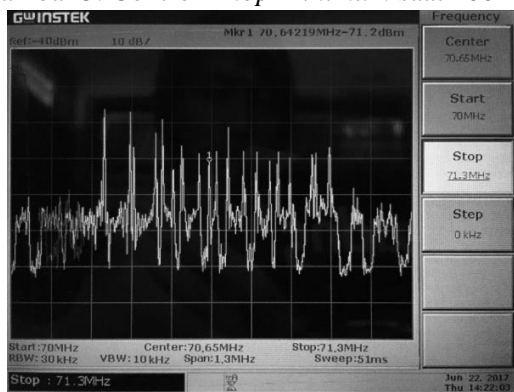
Pengujian Demodulator

Pengukuran modul *Demodulator* dengan input frekuensi 100Hz, 1 kHz, 10 kHz dan 100

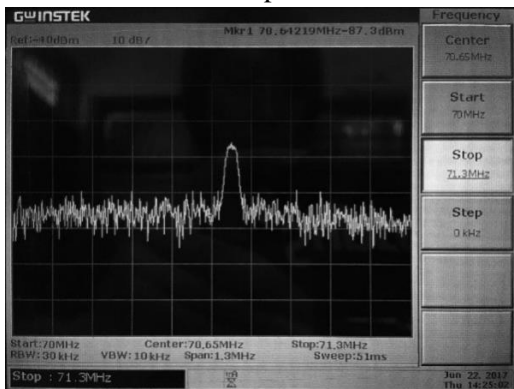
kHz. Kemudian diukur pada *output* menggunakan *Spectrum Analyzer*.



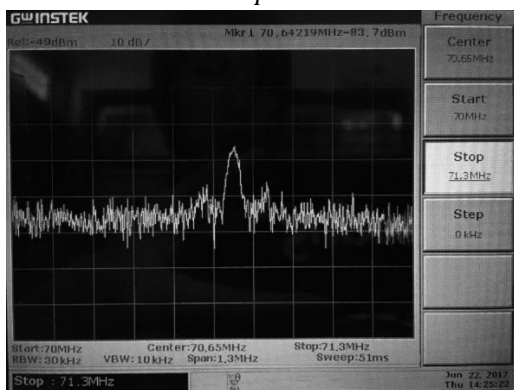
Gambar 5. Control Knop Minimum saat 100Hz



Gambar 6. Control Knop Maximum saat 100Hz



Gambar 7. Control Knop Maximum saat 100kHz

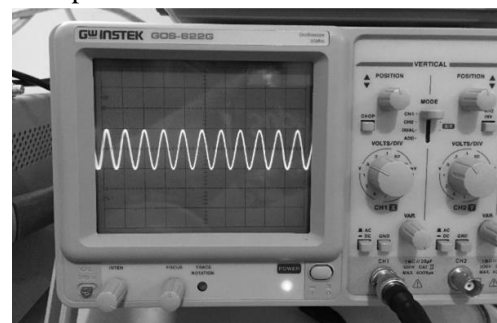


Gambar 8. Control Knop Maximum saat 100kHz

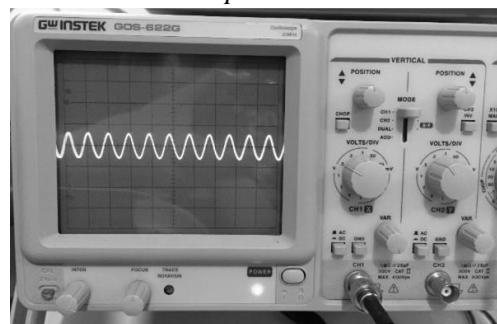
Pada percobaan menggunakan modul *demodulator*, diberikan masukan gelombang sinus dengan frekuensi 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, dan 100 kHz dengan amplitudo $2V_{pp}$. Sinyal tersebut dikirimkan dengan modul *transmitter* dan diterima oleh modul *receiver*. Lalu diukur dengan *Spectrum Analyzer* pada modul *demodulator*. Dari hasil percobaan dengan modul *demodulator* dapat dilihat bahwa perubahan frekuensi pada masukan akan mempengaruhi besaran amplitudo pada keluaran.

Pengujian Receiver

Pengukuran modul rangkaian *Receiver RF Circuit Training System GRF-3300*. Kemudian diukur pada *output* menggunakan osiloskop.



Gambar 9. Input ke Transmitter



Gambar 10. Output dari Receiver

Pada percobaan menggunakan modul *receiver*, diberikan masukan gelombang sinus dengan frekuensi 1kHz dengan amplitudo $1V_{pp}$ seperti yang terdapat pada Gambar 9. Sinyal tersebut dikirimkan dengan modul *transmitter* dan diterima oleh modul *receiver*. Dapat dilihat pada Gambar 10 yaitu sinyal keluaran dari modul *receiver* yang diamati menggunakan osiloskop, menampilkan hasil berupa gelombang sinus. Jika hasil pada Gambar 10

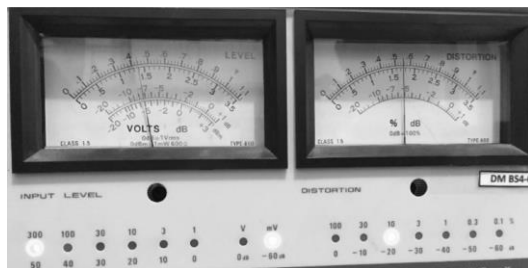
dibandingkan dengan Gambar 9, dapat dilihat adanya sedikit penurunan amplitudo pada modul *receiver*.

Pengujian Total Harmonic Distortion

Pengukuran *Total Harmonic Distortion* modul rangkaian *Receiver RF Circuit Training System* GRF-3300 dengan *Distortion Meter*.



Gambar 11. Hasil *Distortion meter* tanpa rangkaian *receiver*, input $1V_{rms}$, $THD = 0.55\%$



Gambar 12. Hasil *Distortion meter* dengan rangkaian *receiver*, frekuensi 300 Hz, input $1V_{rms}$, $THD = 5.5\%$

Tabel 5. Hasil pengujian *Total Harmonic Distortion*

| $V_{in} = 1V_{rms}$ | Total Harmonic Distortion | $V_{in} = 2V_{rms}$ | Total Harmonic Distortion |
|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| - | 0.55% | - | 0.58% |
| 300 Hz | 5.5% | 300 Hz | 16% |
| 500 Hz | 5% | 500 Hz | 14% |
| 1 kHz | 4.2% | 1 kHz | 11% |
| 2 kHz | 4% | 2 kHz | 9.8% |
| 3 kHz | 4% | 3 kHz | 11% |

Pada percobaan menggunakan *Distortion meter* untuk mengukur *Total Harmonic Distortion (THD)*, diberikan masukan gelombang sinus menggunakan *function generator* dengan frekuensi 300 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, dan 3 kHz dengan tegangan $1V_{rms}$ dan $2V_{rms}$. Sinyal tersebut dikirimkan ke *receiver* GRF-3300 kemudian diukur dengan

Distortion meter. Nilai *THD* yang diijinkan secara internasional maksimal berkisar 5%. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa *Receiver RF Circuit Training System* GRF-3300 bekerja dengan baik pada tegangan $1V_{rms}$ dengan nilai *THD* maksimum yang dihasilkan sebesar 5.5%. Sedangkan pada percobaan dengan menggunakan tegangan $2V_{rms}$, menghasilkan nilai *THD* hingga 16%. Dengan angka yang melebihi prosentase standar internasional, membuat *Receiver RF Circuit Training System* GRF-3300 tidak dapat bekerja dengan baik pada tegangan masukan $2V_{rms}$. Dari percobaan menggunakan *Distortion meter* dapat ditarik kesimpulan bahwa *Receiver RF Circuit Training System* GRF-3300 dirancang untuk bekerja dengan baik pada tegangan masukan sebesar $1V_{rms}$.

SIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan tahapan pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

1. *Low Pass Filter* menghasilkan *output return loss* sebesar -20.3 dB, *input return loss* sebesar -20.6 dB, dan *insertion loss* sebesar -11.3 dB. Dimana *output* dan *input return loss* menghasilkan keluaran dibawah -9.54 dB sehingga saluran transmisi dapat dikatakan sudah *matching*.
2. *Low Noise Amplifier* menghasilkan *gain* sebesar 22.9 dB untuk *Two-Stage Common Emitter LNA* dan 14.4 dB untuk *Cascade Inductive Series Feedback LNA*.
3. *Mixer* yang digunakan dalam sistem *receiver* merupakan *down mixer*.
4. *Band Pass Filter* memiliki *band pass* sebesar 70.7 MHz dengan f_L sebesar 68.2 MHz dan f_H sebesar 71.8 MHz.
5. Pada modul *Demodulator*, perubahan frekuensi pada masukan akan mempengaruhi besaran amplitudo pada keluaran.
6. Sistem *receiver* bekerja pada frekuensi 809.3 MHz.

7. Sistem *receiver* dapat digunakan dalam sistem telekomunikasi dengan masukan sebesar $1V_{rms}$, karena nilai *Total Harmonic Distortion* memenuhi nilai yang diijinkan secara internasional yaitu berkisar 5%.
8. *Receiver RF Circuit Training System* GRF-3300 berkualitas baik dan dapat dijadikan sebagai sarana pembelajaran bagi mahasiswa teknik elektro khususnya teknik telekomunikasi.

DAFTAR RUJUKAN

- GWINSTEK, "RF Circuit Training System GRF-3300", Good Will Instrument Co., Ltd.
- Krauss. H.L, Bostian C.W, Raab F.H, "Teknik Radio Benda Padat", UI-Press, Jakarta, 1990.