

PERANCANGAN DAN REALISASI *HIGH POWER AMPLIFIER* STANDAR DVB T2

DESIGN AND REALIZATION OF *HIGH POWER AMPLIFIER* STANDARD DVB-T2

Ega Fibri Larasati¹, Achmad Ali Muayyadi², Edwar³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

¹Ega.fibri.larasati@gmail.com, ²alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id, ³edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penyelenggaraan TV digital di Indonesia sudah dimulai sejak tahun 2012 sampai waktu terlaksanakannya *Analog Switch Off (ASO)* dimana ketika itu TV analog di Indonesia sudah tidak dipakai lagi. Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Menteri Kominfo No.32 Tahun 2013 tentang “Penyelenggaraan Penyiaran Televisi Secara Digital dan Penyiaran Multipleksing Melalui Sistem Terrestrial”. Dimana di Indonesia akan ditetapkan teknologi DVB-T2 yang berbasis penyiaran bebas berbayar (*free to air*).

Sistem pemancar televisi terdiri dari exciter, driver, HPA (*High Power Amplifier*), dan antenna. Untuk memperoleh level daya pancar yang diinginkan, dibutuhkan penguat untuk menguatkan sinyal keluaran dari exciter sebelum ditransmisikan oleh antenna. Namun sinyal keluaran dari exciter tidak bisa langsung dikuatkan oleh HPA karena level sinyalnya terlalu kecil, sehingga memerlukan beberapa tingkat penguatan untuk mencapai daya output maksimum. Agar kualitas perangkat transmisi dapat terjaga kestabilannya, maka power amplifier ini perlu pengontrolan suhu karena transistor penguat daya RF sangat rentan rusak pada suhu yang tinggi.

Pada tugas akhir ini akan dirancang dan direalisasikan HPA (*High Power Amplifier*) yang akan digunakan pada rentang frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*). HPA merupakan penguat tingkat akhir yang menentukan daya output secara keseluruhan dari RF (*Radio Frekuensi*) yang setelah itu akan dihubungkan ke antenna pemancar.

Hasil dari perancangan dan realisasi HPA pada standar DVB-T2 dapat bekerja pada frekuensi 470-690 MHz dengan penguatan yang digunakan sebesar 7-15 dB, efisiensi yang dipakai 25% pada *bandwidth* 220 MHz dan yang akan direalisasikan menggunakan FR 4 dengan ϵ_r sebesar 4.7.

Kata kunci : *High Power Amplifier*, DVB-T2.

Abstract

The implementation of digital TV in Indonesia has been started since 2012 until the time of execution of Analog Switch Off (ASO) where analog TV in Indonesia is not used anymore. The Government has issued Regulation of Minister of Kominfo No.32 of 2013 on Organizing Digital Television Broadcasting and Multiplexing Broadcasting Through Terrestrial System. Where in Indonesia will be established DVB-T2 technology that is based on free-to-air broadcasting.

The television transmitter system consists of exciter, driver, HPA (High Power Amplifier), and antenna. To obtain the desired level of transmit power, an amplifier is needed to amplify the output signal from the exciter before it is transmitted by the antenna. However, the output signal from the exciter cannot be directly amplified by the HPA because the signal level is too small, so it requires several levels of gain to achieve maximum output power. In order to maintain the quality of the transmission device, the power amplifier needs temperature control because the RF power amplifier transistor is very susceptible to damage at high temperatures.

In this final project will be designed and realized HPA (High Power Amplifier) which will be used in UHF frequency range (Ultra High Frequency). HPA is the final level amplifier that determines the overall output power of RF (Radio Frequency) which will then be connected to the transmitting antenna.

The result of HPA design and realization on DVB-T2 standard can work on 470-690 MHz frequency with 7-15 dB used gain, efficiency is 25% at bandwidth 220 MHz and which will be realized using FR 4 with ϵ_r is 4.7.

Keywords: *High Power Amplifier*, DVB-T2.

1. Pendahuluan

DVB-T2 atau *Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial* adalah standar siaran untuk TV digital dan merupakan kelanjutan dari standar sebelumnya yaitu DVB-T. Indonesia mengadopsi standar DVB-T2 sejak tahun 2012 yang ditetapkan oleh peraturan menteri kominfo No 5 tahun 2012 dimana Pemerintah akan mengganti TV analog di Indonesia menjadi TV digital. Hal ini disebabkan karena TV digital dapat menghemat spektrum frekuensi. Dalam 1 frekuensi TV digital terdapat 9 program yang dapat diaplikasikan sedangkan dalam 1 frekuensi TV analog hanya terdapat 1 program saja yang dapat diaplikasikan sehingga TV digital dapat menghemat kanal frekuensi dibanding TV analog

Sistem pemancar TV digital terdiri dari *exciter* (*PCI Card DVB-T2*), *driver*, HPA (*High Power Amplifier*), dan antenna. Dalam tugas akhir ini akan penulis akan membuat salah rangkaian dari pemancar TV digital yaitu HPA.

HPA berfungsi untuk meningkatkan level daya sinyal pada masukan di rentang frekuensi yang telah ditentukan sampai dengan level daya yang diinginkan pada keluarannya.

Migrasi dari teknologi analog ke teknologi digital tentunya membutuhkan penggantian perangkat baik disisi pemancar televisi ataupun penerima siaran televisi. Sedangkan perangkat TV digital jauh lebih mahal dari perangkat TV analog. Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mencoba menggunakan komponen bukan khusus untuk TV digital tetapi bisa bekerja sesuai spesifikasi TV digital.

Pada tugas akhir ini penulis akan membuat *High Power Amplifier* dengan menggunakan transistor MOSFET dengan tipe LF2810A yang akan bekerja pada frekuensi UHF. *Bandwidth* yang dirancang mencapai 220 MHz dengan *gain* yang diharapkan bisa mencapai 7-15 dB sesuai dengan *datasheet* MOSFET transistor. VSWR yang diharapkan ≤ 2 .

2. Teori Penunjang High Power Amplifier DVB-T2

2.1 DVB-T2

Pada DVB-T2 frekuensi yang dipakai yaitu pada frekuensi UHF. Frekuensi yang dipakai sama seperti TV analog tapi yang membedakan yaitu pada DVB-T2 memakai sistem OFDM untuk modulasinya. Untuk penguat yang dipakai HPA pada DVB-T2 mempunyai gain sebesar 8-36 dB. Keluaran daya mencapai 500 Watt dimana semakin besar keluaran daya maka semakin besar pula daya pancar TV

2.2 Penguat Daya RF

Penguat secara harfiah diartikan dengan memperbesar dan menguatkan sinyal input. Tetapi yang sebenarnya terjadi adalah sinyal input direplika (copied) dan kemudian di reka kembali (re-produce) menjadi sinyal yang lebih besar dan lebih kuat. Penguat RF merupakan perangkat yang berfungsi memperkuat sinyal frekuensi tinggi yang dihasilkan osilator RF dan diterima oleh antena untuk dipancarkan. Penguat RF yang ideal harus menunjukkan tingkat perolehan daya yang tinggi, gambaran noise yang rendah, stabilitas dinamis yang baik, admitansi pindah baliknya rendah sehingga antena akan terisolasi dari osilator, dan selektivitas yang cukup untuk mencegah masuknya frekuensi IF, frekuensi bayangan, dan frekuensi-frekuensi lainnya. Pada penguat RF, rangkaian yang umum digunakan adalah penguat kelas A dan Kelas C. Secara umum, penguat RF lengkap terdiri dari tiga buah tingkatan, yaitu *buffer*, *driver*, dan *final*.

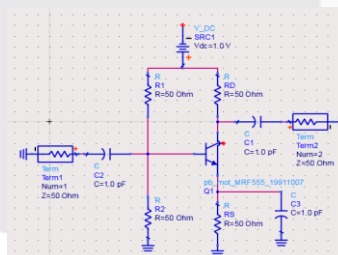
2.3 Rangkaian Prategangan

Penguat Kelas A

Penguat kelas A merupakan jenis penguat yang memiliki tingkat efisiensi paling rendah yaitu 25%, namun memiliki distorsi sinyal yang paling kecil. Penguat kelas A memiliki titik kerja efektif setengah tegangan V_{cc} dan arus *bias* diatur sedemikian rupa agar titik kerja transistor berada tepat ditengah kurva garis beban. Karena memiliki distorsi yang kecil, maka penguat kelas A banyak digunakan sebagai rangkaian penguat awal dari sebuah sistem.

2.4 Rangkaian DC Biasing

Sebuah transistor memerlukan tegangan *bias* untuk dapat bekerja. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan terhadap rangkaian *bias* untuk memastikan bahwa titik kerja transistor berada pada daerah yang aktif dan sesuai dengan kebutuhan perancangan. Ada beberapa tipe rangkaian prategangan yang dapat diaplikasikan untuk transistor FET:



Gambar Konfigurasi prategangan pembagi tegangan.

$$V_{th} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} V_{DD}$$

$$R_{th} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$I_G = 0$$

$$V_{RTH} = V_G$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_S R_S = V_G - I_D R_S$$

2.5 Parameter S (Scattering) Jaringan Dua Port

Penguat daya termasuk dalam perangkat yang memiliki dua kutub (dua *port*) yaitu masukan dan keluaran, sehingga harus digunakan suatu parameter untuk mengetahui karakteristik dari penguat yang akan dibuat. Untuk transistor yang bekerja pada frekuensi tinggi, parameter S merupakan parameter yang paling sesuai digunakan untuk menganalisis karena mudah dalam perhitungan, mudah dipahami, dan memberikan banyak informasi dengan cepat.

2.1 Stabilitas Penguat Daya

Pada faktor kestabilan penguat daya, beberapa definisi konstanta yang sering digunakan sebagai berikut:

- Determinasi dari parameter S

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$$

- Faktor Kestabilan Rollet K

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} > 1$$

Dari faktor di atas dapat diketahui jenis dan syarat kestabilan dari penguat, yaitu:

- Stabil tanpa syarat (unconditional stable) yaitu kondisi jika $K > 1$ dan $|\Delta| < 1$. Penguat selalu stabil untuk pemilihan Γ_S dan Γ_L sembarang pada *smithchart*. Selain itu, syarat untuk stabil tanpa syarat yaitu $|\Gamma_{in}| < 1$ atau $|\Gamma_{out}| < 1$ [6].
- Stabil bersyarat (conditional stable) yaitu kondisi jika $K < 1$ dan $|\Delta| < 1$. Penguat masih bisa stabil untuk daerah tertentu saja. Untuk pemilihan Γ_S dan Γ_L tidak boleh sembarang pada *smithchart* [6].

$$\Gamma_{in} = \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L}$$

$$\Gamma_{out} = \frac{S_{22} - \Delta\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S}$$

dari persamaan berikut, maka didapat nilai Γ_S dan Γ_L :

$$\Gamma_S = \Gamma_{sm} = \frac{1}{2B_1} \left[A_1 \pm \sqrt{A_1^2 - 4|B_1|^2} \right]$$

$$\Gamma_L = \Gamma_{Lm} = \frac{1}{2B_2} \left[A_2 \pm \sqrt{A_2^2 - 4|B_2|^2} \right]$$

$$A_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2$$

$$A_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2$$

$$B_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^*$$

$$B_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^*$$

2.6 Microstripe line

Saluran mikrostrip pada umumnya digunakan pada medium transmisi IC gelombang mikro. Saluran ini memiliki banyak keuntungan seperti murah, ukuran kecil, mudah dalam integrasi perangkat aktif, menggunakan metode *photolithographic* untuk

produksi sirkuit, mudah dalam produksi massal dan cocok dengan *monolithic circuit*. *Monolithic circuit* adalah sirkuit mikrostrip pada substrat GaAs dengan kedua perangkat aktif dan pasif pada *chip* yang sama. Adapun kerugiannya adalah *loss* tinggi, kemampuan penanganan daya rendah kestabilan temperatur lebih besar.

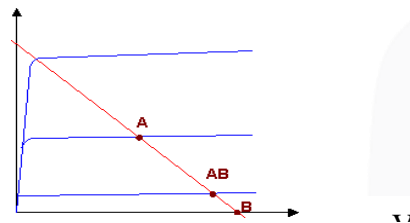
3.1 Spesifikasi Power Amplifier

Berikut spesifikasi yang akan dirancang:

1. Frekuensi kerja : UHF (470-690 Mhz)
2. *Bandwidth* sinyal : 220 MHz
3. *Return loss*: ≤ -10 dB
4. S-Parameter menghasilkan VSWR : ≤ 2
5. (Gp) *power gain* : 7-15 dB (dapat di tuning)
6. Impedansi *Input* dan *Output* : 50Ω *balance*
7. Penguat : kelas A (mempunyai linieritas yang tinggi)

3.2 Rangkaian Prategangan

Langkah awal untuk merancang rangkaian prategangan adalah menentukan terlebih dahulu titik prategangannya (bias point). Agar parameter S yang dihasilkan oleh rangkaian prategangan yang dirancang dengan parameter S yang tertera di data sheet bernilai sama, maka digunakan titik prategangan dan catuan dengan nilai yang sama dengan yang direkomendasikan di data sheet. Sehingga didapatkan nilai-nilai sebagai berikut:



Gambar Penentuan titik kerja Transistor

$$V_{GS} = 5 \text{ V}$$

$$R3 = 10 \Omega$$

$$R1 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$V_{DS} = I_{DS} \times R2$$

$$R2 = 192 \Omega$$

$$C = 100 \text{ Pf (3.5)}$$

$$L = 1 \mu\text{H}$$

3.3 Penyepadanan Impedansi

Dalam sebuah rangkaian, penyepadanan impedansi diperlukan untuk menyepadankan impedansi sumber dan beban agar terjadi transfer daya maksimum. Rangkaian yang sepadan dapat memaksimalkan penguatan daya, meminimalkan noise figure, dan mengoptimalkan VSWR. Pada Tugas Akhir ini, teknik penyepadanan yang digunakan adalah trafo $\lambda/4$ untuk input dan output dan lumped element.

Tabel Hasil perhitungan penyepadanan impedansi

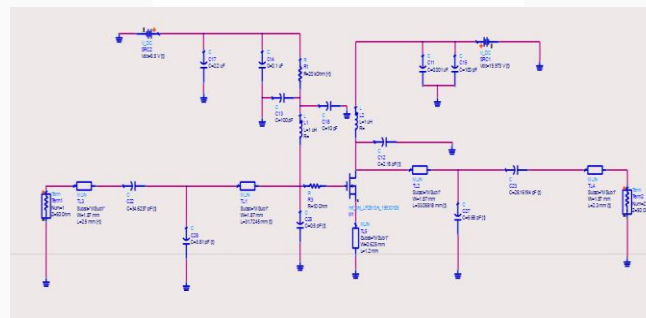
Simbol	Nilai
V_{GS}	5 V
R3	10 Ω
R1	20 k Ω
R2	192 Ω
C	100 Pf
L	1 μH
Δ	0.334484 \angle 107.183775
K	1.55217

B_1	$0.311315\angle - 145.711616$
B_2	$0.54446\angle - 133.427978$
A_1	0.6632461744
A_2	1.112756
Γ_s	$0.6981883301\angle 145.711616$
Γ_L	$0.811\angle - 133.457978$
Γ_{in}	$0.239914\angle - 123.14824$
Γ_{out}	$1.654683\angle 141.02897$
Z_n	9.7
A	0.43738
B	5.46322
$\frac{w}{h}$	1.87
λ_s	$0.28m$
d	0.202λ
Z_n	6
A	0.3322
B	5.46322
$\frac{w}{h}$	1.87
λ_0	$510mm$
λ_s	$0.28m$
d	$0.25-0.048=0.202 \lambda$

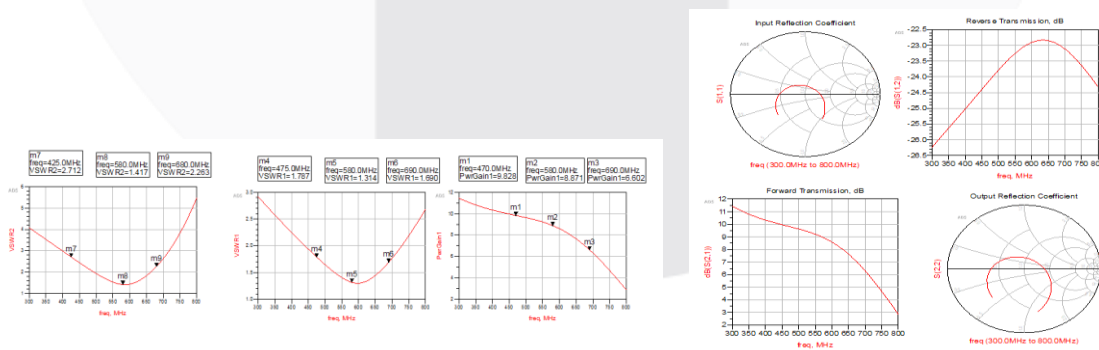
3.4 Mikrostrip

Tabel Panjang Mikrostrip

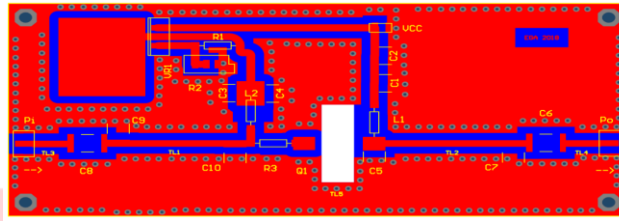
Mikrostrip	Panjang W (mm)	Panjang L (mm)
TL 1	1.67	31.72
TL 2	1.87	33.05
TL 3	1.87	2.65
TL 4	1.87	2.3



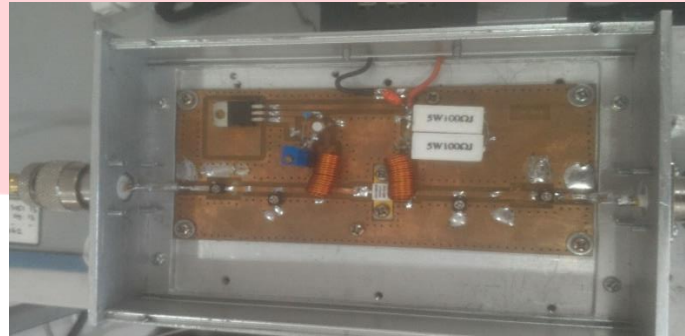
Gambar Rangkaian HPA



Gambar Hasil Simulasi Rangkaian HPA



Gambar Desain PCB



Gambar Realisasi HPA

4.1 Pengukuran Respon Frekuensi

NO	FREKUENSI (MHz)	P _{in} (dBm)	P _{out} (dBm)	Redaman (dB)	Gain (dB)
1	440	0	-28.36	32	3.64
2	460	0	-28.54	32	3.46
3	470	0	-28.07	32	3.93
4	480	0	-27.1	32	4.9
5	500	0	-26.03	32	5.97
6	520	0	-25.3	32	6.7
7	540	0	-24.91	32	7.09
8	560	0	-25.8	32	6.2
9	580	0	-25.58	32	6.56
10	600	0	-27.87	32	4.13
11	620	0	-29.85	32	2.15
12	640	0	-31	32	1
13	660	0	-31.9	32	0.1
14	680	0	-31.5	32	0.5
15	690	0	-31.8	32	0.8
15	690	0	-31.16	32	0.84

4.2 Pengukuran Efisiensi dan Linieritas

Efisiensi dinyatakan dengan besaran persentase dari *power output* dibandingkan dengan *power input*. Dari hasil pengukuran diperoleh data – data sebagai berikut :

daya *input* = 0 dBm = 1 mW

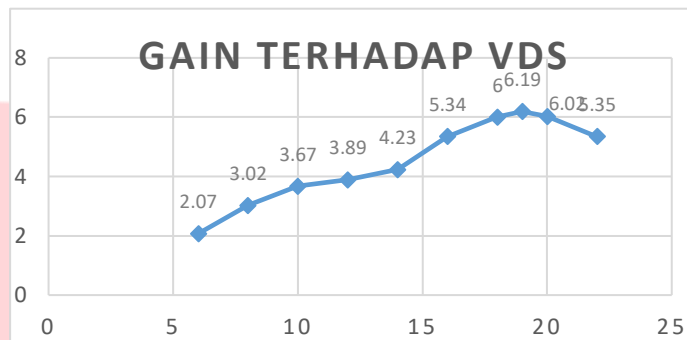
daya *output* = 6.19 dBm = 4.120 mW

daya *input power supply* = 1.3 volt x 19 mA = 24.7 mW

dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{RF_{out} - RF_{IN}}{RF_{DC}} \times 100\%$$

Maka, diperoleh nilai Efisiensi (η) = 12.631 %.



Gambar Linieritas

4.3 Perbandingan Hasil Perancangan dan Pengukuran

Tabel Perbandingan pengukuran dan perancangan.

No	Parameter	Simulasi	Pengukuran
1	Gain (dB)	8.871	6.19
2	VSWR Input	1.314	2.018
3	VSWR Output	1.417	2.218
4	Return Loss input (dB)	-17.534	-9.457
5	Return Loss output (dB)	-15.263	-8.4988
6	Frekuensi kerja (MHz)	470-690	480-600
7	Bandwidth (MHz)	220	120
8	Efisiensi (%)	25	12.631
9	Vdrain (volt)	15.973	19
10	Vgate (Volt)	6.5	5
11	Arus Drain/ Id (mA)	78.3	49

1. Tegangan dan arus yang mengalir pada gate maupun drain tidak sesuai dengan spesifikasi yang terdapat pada *datasheet* transistor MOSFET LF2810A. Sehingga penguatan dari *power amplifier* yang dihasilkan tidak maksimal.
2. Rangkaian penyesuai impedansi yang tidak match antara impedansi sumber dan impedansi beban.
3. Adanya redaman dari kabel dan konektor.
4. Pembuatan pallet PCB/ *prototype* yang kurang baik terutama *grounding* yang dapat menyebabkan rangkaian *short* dan *matching impedance* yang tidak sempurna.
5. Sistem pendingin kurang besar atau tidak mencukupi kebutuhan daya disipasi dari penguat daya tersebut sehingga daya terbuang menjadi panas. Untuk menjaga kestabilan, perlu pengaturan rangkaian penyesuai impedansi dan tegangan catu dayanya. Pengaturan rangkaian *biasing* dan penyesuai impedansi dapat mengalami perubahan penguatan, akan tetapi dapat pula menyebabkan kerusakan pada transistor RF-nya.
6. Pada saat memutar nilai kapasitor trimmer (tuning), apabila nilainya tidak sama tepat dengan nilai pada saat simulasi maka menyebabkan rangkaian tidak *match* dan nilai return loss dan VSWR yang dihasilkan semakin besar.

KESIMPULAN

1. Respon frekuensi pada *power amplifier* 480-600 MHz dengan bandwidth sebesar 120 MHz.
2. Daya input yang diberikan pada *power amplifier* sebesar 0 dBm dan daya output yang dihasilkan sebesar -25.58 dBm dengan attenuator sebesar 31 dB dan redaman kabel diestimasikan 1 dB, sehingga mendapatkan penguatannya sebesar 6.19 dB pada frekuensi UHF.
3. *Power amplifier* ini memiliki efisiensi penguatan sebesar 12.631 %. Penguat ini bekerja pada kelas A.
4. Hasil pengukuran yang kurang sesuai dengan perancangan dikarenakan nilai komponen – komponen kapasitor dan ukuran mikrostrip pada penyesuaian impedansi tidak sesuai dengan datasheet serta tegangan *biasing* yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi yang terdapat pada datasheet MOSFET LF2810A.
5. Untuk menjaga kestabilan, perlu pengaturan rangkaian penyesuaian impedansi dan tegangan catu dayanya (*biasing*).

5.2 SARAN

1. Dalam proses pengukuran diperhatikan prosedur pengukuran yang baik dan benar. Cek satu persatu komponen pendukung dari rangkaian RF nya terlebih dahulu supaya tidak terjadi *short*.
2. Meningkatkan ketelitian dalam merealisasikan *power amplifier*. Sebaiknya menggunakan *biasing* yang sesuai serta pastikan tegangan keluaran *biasing* tidak melebihi tegangan maksimum transistor RF.
3. Saat pemasangan transistor menggunakan pendingin atau heatsink yang secukupnya untuk menjaga suhu transistor.
4. Dalam proses tuning perlu dilakukan penyesuaian-penyesuaian komponen termasuk penambahan dan pengurangan komponen untuk mendapatkan respon dan penguatan yang maksimum.

6. Daftar Pustaka

- [1] Kominfo, Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, 2002.
- [2] Juningsih, Uning. 2013. Realisasi Penguat Daya RF Broadband Untuk Pemancar Televisi Digital Pada Band IV/V UHF Dengan Transistor BLW33. Laporan Proyek Akhir. Bandung. Program Diploma III Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Bandung.
- [3] Rahmi, Mira Hanafiah. 2013. “Perancangan dan Implementasi Penguat Berderau Rendah untuk Aplikasi Stasiun Bumi Penerima Satelit Nano pada Frekuensi 2,4-2,45 GHz Berbasis Mikrostrip. Bandung” : Institut Teknologi Telkom.
- [4] Braet, Olivier, Ballon, Pieter,(2008), “*Cooperation Models for Mobile Television in Europe*”, Telematics and Informatics 25 (2008).
- [5] Pozar, David M., *Microwave Engineering third edition*. John Wiley & Sons, USA. 2005.
- [6] Liao, Samuel Y. 1987. “*Microwave Circuit Analysis And Amplifier Design*”.. United State of America. Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, N. J.
- [7] Misra, K Devendra. 1949. “*Radio Frequency and Microwave Communication Circuits Analysis and Design*” : America.
- [8] Bowick, Chris. 1945. RF Circuit Design. Indianapolis. Howard W, Sans & CO.
- [9] Malvino, Albert Paul, Edisi kedua, “Dasar-dasar elektronika”. Erlangga.