

# Desain Power Amplifier Frekuensi 135 Mhz Untuk Perangkat Transmitter Vhf Dittel Portable

Teguh Firmansyah<sup>1</sup>, Gatot Kuswara<sup>2</sup>, Windu Prasetyo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Navigasi Udara. Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI)

<sup>3</sup>[teguh.firmansyah.2014@ieee.org](mailto:teguh.firmansyah.2014@ieee.org)

**Abstrak** – Desain Power Amplifier Frekuensi 135 Mhz Untuk Perangkat Transmitter Vhf Dittel Portable. Power amplifier (PA) merupakan komponen akhir pada bagian pemancar VHF Dittel Portable yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang dikirimkan dari sumber. Pada perancangan ini power amplifier dibuat untuk bekerja pada frekuensi 135 Mhz. PA yang diusulkan menggunakan Transistor Tipe Mosfet MRF 136 dengan power supply  $V = 30 V$ ,  $V_{DD} = 28 V$  dan  $I_D = 1.2 A$  agar memperoleh gain dan output power yang besar. Untuk meningkatkan coverage area komunikasi pada saat flight check calibration. Perancangan PA menggunakan L-Network dan phi-Matching digunakan sebagai rangkaian matching input dan matching output. Tipe bias transistor yang digunakan yaitu power-divider karena memiliki tingkat sensitifitas perubahan  $\beta$  paling rendah terhadap perubahan suhu. Hasil dari simulasi dan perhitungan yang telah dilakukan mendapatkan nilai-nilai dari spesifikasi power amplifier diperoleh nilai kestabilan  $> 1$ , gain (S21) = 20 dB, output return loss (S11) = -33.89 dB. Dengan power output sesuai dengan yang diharapkan sebesar 10 watt atau 40 dBm dan bekerja tepat pada frekuensi kerjanya 135 Mhz.

**Kata kunci:** PA, Gain, Kestabilan, Return Loss, L-Network, Phi-matching

**Abstract** – Design Power Amplifier At Frequency 135 Mhz For Vhf Dittel Portable Transmitter. Power amplifier (PA) is the final component in the DITTEL Portable VHF transmitter with function to amplify the signal that is sent from the source. In this paper, the power amplifier is made to work at a frequency of 135 Mhz. PA proposed using Type Mosfet transistors MRF 136 with power supply  $V = 30 V$ ,  $V_{DD} = 28 V$  and  $I_D = 1.2 A$  in order to obtain the gain and output power are great. To boost the coverage area of communication at the time of check calibration flight. Design PA using L-Network and phi-Matching is used as an input matching circuit and output matching. Type bias transistor used is a power-divider because it has the sensitivity of the lowest  $\beta$  changes to temperature changes. The results of the simulations and calculations have been carried out, the result obtained from the specification of power amplifier: stability values  $> 1$ , the gain (S21) = 20 dB, output return loss (S11) = -33.89 dB. With a power output as expected at 10 watts or 40 dBm at frequency 135 MHz

**Keywords:** PA, Gain, Stability, Return Loss, L-Network, Phi-matching

## I. PENDAHULUAN

Navigasi udara adalah sistem peralatan yang dapat menuntun pesawat udara dari dan ke tempat tujuan dengan selamat dan lancar untuk menghindari bahaya atau rintangan dalam penerbangan, upaya memberikan pelayanan yang optimal kepada pesawat udara maka ketersediaan alat navigasi udara yang ada disepanjang jalur penerbangan sangatlah diperlukan keberadaannya. [1]

Keselamatan penerbangan dan pengontrolan pergerakan pesawat terbang yang efektif memerlukan adanya fasilitas navigasi, komunikasi, surveillance yang akurat dan handal. Untuk mencapai keselamatan penerbangan pada tingkat yang tinggi maka ditetapkan prosedur pemeliharaan standar fasilitas navigasi penerbangan. Fasilitas navigasi penerbangan tersebut senantiasa memberikan pelayanan yang maksimum kepada seluruh pemakai, dengan memberikan informasi yang seragam sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pengecekan fisik dari pola pancaran sinyal elektromagnetik di ruang udara dari fasilitas navigasi penerbangan harus dilakukan untuk menentukan kualitas

akurasi dan informasi yang diberikan untuk meyakinkan keakuratan fasilitas navigasi tersebut.

VHF Dittel Portable merupakan suatu transceiver yang menjadi bagian penting sebagai alat komunikasi antara panel operator dengan ground operator pada saat flight check berlangsung. Adapun frekuensi yang digunakan dalam operasional penerbangan bekerja pada frekuensi 117,975 Mhz sampai dengan 137 MHz yang diatur dalam Annex 10 volume 3.<sup>1</sup> Dengan frekuensi kerja yang telah dipersyaratkan tersebut, Balai Kalibrasi menetapkan pemilihan band frekuensi komunikasi pada 135 Mhz. Berdasarkan pengalaman dilapangan, dengan frekuensi komunikasi tersebut VHF Dittel dapat memberikan jangkauan komunikasi (coverage area) antara 15 – 30 Nm.

Coverage area tersebut cukup luas, tetapi kondisi yang terjadi dilapangan terkadang dalam komunikasinya terdapat kendala yaitu menyempitnya coverage area dan kualitas audio yang dipancarkan kurang bagus, hal tersebut dapat menyebabkan terputusnya komunikasi

pada saat *flight check*. Kendala tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu menurunnya kinerja dari peralatan karena sering digunakan secara terus menerus, banyaknya pemancar radio–radio amatir daerah yang menyebabkan interferensi dengan frekuensi komunikasi yang digunakan, serta usia peralatan yang sudah lama.

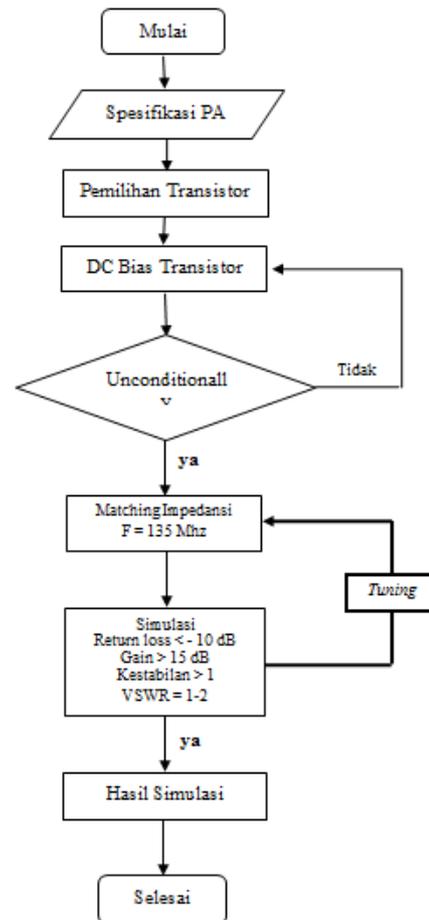
Penurunan kinerja peralatan tersebut akan mempengaruhi beberapa sistem yang ada pada *transmitter* dan *receiver* dari *VHF Dittel* itu sendiri. Salah satunya penguatan pada blok *power ampliernya* juga menurun atau penguatannya melemah. Jika blok *power amplifier* pada *system transmitter* melemah atau gainnya menurun maka sinyal RF yang dipancarkan tidak akan memenuhi *coverage area* yang diinginkan. Berdasarkan dari masalah yang ada, penulis lalu mempelajari dan memahami blok diagram pada sistem *transmitter VHF Dittel*, seperti rangkaian *Oscillator, Buffer, Audio, Modulator, serta Power Amplifier* yang berfungsi untuk menguatkan sinyal RF tersebut kemudian dipancarkan oleh Antenna dan dapat diterima di *receiver* pesawat. Kriteria perancangan power amplifier pada transmitter VHF dittel portable yang diharapkan sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Desain *Dual Stage Power Amplifier VHF Dittel Portable*

No.	Spesifikasi	Nilai
1.	Frekuensi Kerja	135 MHz
2.	Transistor	Mosfet MRF 136
3.	Kelas Amplifier	Kelas A
4.	Gain Single Stage	10 dB
5.	Gain Dual Stage	20 dB
6.	Return Loss Single Stage	< -10 dB
7.	Return Loss Dual Stage	< -10 dB
8.	Kestabilan (K)	> 1
9.	Power Output	10 W
10.	VSWR	1 - 2

II. METODE PERCOBAAN

Untuk memudahkan perancangan *dual stage power amplifier* ini tahapan perancangan dijelaskan pada diagram alir (*flow chart*) untuk memudahkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam perancangan. Gambar 1. menunjukkan diagram alir perancangan yang diinginkan.



Gambar 1. Diagram alir

Dengan melihat diagram alir diatas maka tahap perancangan dimulai dengan menentukan spesifikasi parameter *power amplifier* yang akan dirancang, dilanjutkan menentukan spesifikasi PA yang akan dirancang, kemudian memilih jenis transistor yang cocok untuk aplikasi PA sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, kemudian menentukan jenis pembiasan DC yang dirancang agar sesuai dan mampu bekerja pada titik biasnya. Hal selanjutnya adalah memeriksa kestabilan dan gain yang dihasilkan, apabila rangkaian dinyatakan belum stabil maka proses penentuan bias DC dilakukan kembali sampai rangkaian dinyatakan stabil dan gain nya sudah memenuhi kriteria yang diinginkan, hal ini sangat penting agar transistor tidak terjadi osilasi.

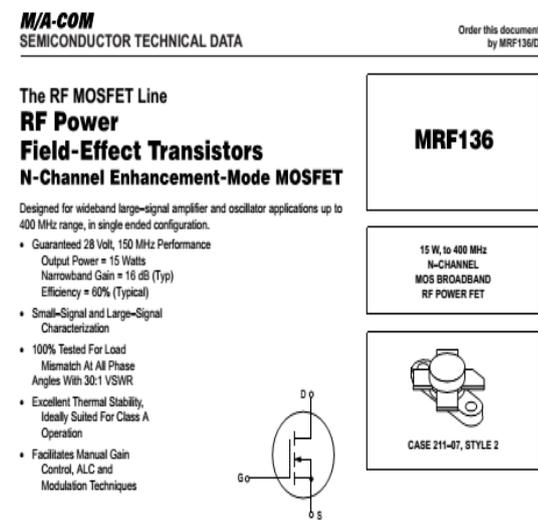
Setelah rangkaian dinyatakan stabil dan gain telah muncul pada perancangan PA stage pertama, maka langkah selanjutnya adalah membuat rangkaian *matching impedance* agar didapatkan nilai VSWR yang ideal sehingga gain yang dihasilkan akan maksimal. Kemudian memeriksa nilai semua parameter yang disimulasikan antara lain gain, input return loss, output return loss pada frekuensi kerja 135 Mhz yang sesuai dengan kriteria persyaratan. Apabila parameter belum memenuhi persyaratan maka tahap penentuan rangkaian *matching* kembali dilakukan.

Setelah nilai spesifikasi pada *PA stage* pertama telah memenuhi persyaratan, langkah selanjutnya adalah membuat rancangan *dual stage PA* dengan

menggabungkan *single stage* menjadi *dual stage*. Kemudian dilanjutkan dengan membuat rangkaian *input* dan *output matching*. Setelah semua spesifikasi memenuhi syarat, langkah selanjutnya mensimulasikan semua parameter *PA dual stage* yang telah *matching*. Langkah terakhir adalah melakukan uji coba rancangan dengan membandingkan hasil simulasi dengan hasil perhitungan dan menginterpretasikan semua hasil uji coba rancangan power amplifier tersebut.

**Pemilihan Transistor**

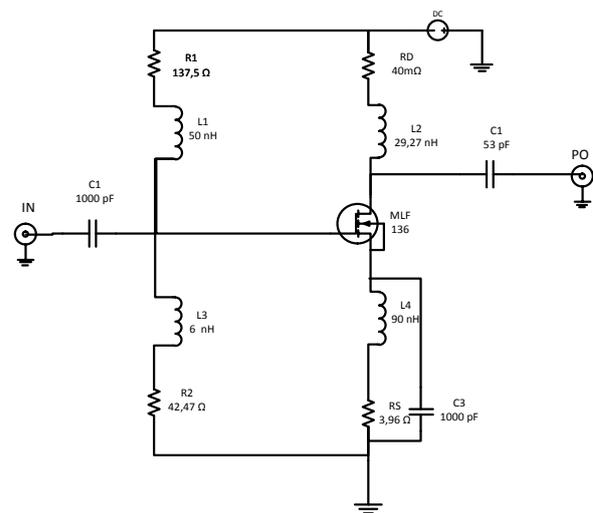
Setelah memilih karakteristik power amplifier yang akan dirancang, langkah berikutnya yang dilakukan adalah mencari komponen aktif yang berupa transistor. Pemilihan transistor ini adalah tahap paling penting dalam perancangan amplifier. Oleh karena itu, dalam memilih transistor perlu untuk memeriksa parameter-parameter pada data sheet dengan teliti. Transistor yang akan digunakan harus mempunyai gain yang tinggi dan power yang tinggi serta memiliki frekuensi kerja yang sesuai dengan karakteristik PA yang akan dirancang serta yang terpenting adalah dapat dijumpai di pasaran. Dengan melihat informasi tersebut maka penulis memilih transistor tipe *Mosfet MRF 136* yang diproduksi oleh perusahaan *Tyco Electronics by Macom* (Lampiran 1-4). *Transistor Mosfet MRF 136* termasuk kedalam jenis *high power transistor* dan berbahan dasar silikon. Alasan penulis memilih transistor *Mosfet MRF 136* karena transistor ini dapat digunakan untuk perancangan *power amplifier* yang mempunyai fitur antara lain:



Gambar 2. Feature Design Transistor Mosfet MRF 136

**Pemilihan Pembiasan Amplifier (DC Biasing)**

Hal yang harus dilakukan adalah memberikan bias pada transistor tersebut agar bekerja sesuai dengan kelas *amplifier* yang telah ditentukan. Terdapat beberapa macam DC bias yang dapat digunakan dengan mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Penulis dalam melakukan perancangan menggunakan pembiasan pembagi tegangan dikarenakan rangkaian ini tidak terpengaruh terhadap nilai  $\beta$  yang dimana nilai  $\beta$  juga sangat terpengaruh terhadap suhu. Rangkaian pembiasan pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian referensi pembiasan pembagi tegangan

Penambahan kapasitor yang diparalelkan dengan tahanan source berguna agar rangkaian lebih stabil ketika ada perubahan suhu tanpa mengganggu kineja operasi DC. Dalam perhitungan penentuan nilai tahanan penulis menggunakan aturan *rule of thumb*. Nilai dari titik kerja transistor telah penulis tentukan pada titik operasi transistor pada  $V_{DD} = 30 V$ ,  $V_{DS} = 28 V$ ,  $I_D = 1.2 mA$ . Karena nilai – nilai bias nya sudah ditentukan, dengan optimasi pada software yang digunakan nilai dari masing - masing resistansi pada bias juga bisa ditentukan yaitu  $R_D = 40 mOhm$ ,  $R_S = 3.96 Ohm$ ,  $R_L = 137.5 Ohm$ ,  $R_2 = 42.47 Ohm$ . Langkah pertama dengan mengasumsikan nilai  $I_S = I_D$  (transistor ideal). Setelah diketahui nilai  $I_S$  dan  $I_D$  maka  $V_G$  dapat dihitung.

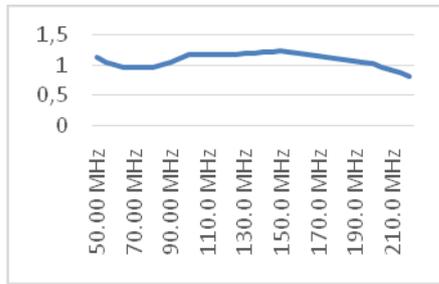
**Kestabilan Rangkaian Amplifier**

Dalam merancang sebuah amplifier sangat penting dalam memeriksa kestabilan pada rangkaian, karena amplifier dalam kondisi tidak stabil dapat terjadi osilasi. Salah satu jalan untuk mengetahui kestabilan rangkaian adalah dengan melakukan pengujian nilai Rollet’s stability factor (K) dan nilai  $\Delta$ , rangkaian dikatakan dalam kondisi stabil apabila nilai  $K > 1$  dan  $\Delta < 1$ , dengan cara ini diperlukan data scattering parameter pada tabel 4.5. Dalam perhitungan ini penulis menggunakan scattering parameter pada frekuensi 135 MHz. Sehingga nilai scattering parameter yang digunakan adalah  $S_{11} = 0.627 \angle 2.560^\circ$ ,  $S_{21} = 10.32 \angle 146.651^\circ$ ,  $S_{12} = 0.220 \angle 22.663^\circ$ ,  $S_{22} = 0.155 \angle 35.492^\circ$ .

$$|\Delta| = |S_{11}.S_{22} - S_{12}.S_{21}| = 0.324 \angle 3.817^\circ = 0.324$$

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2 |S_{12}.S_{21}|} = 1.184$$

Karena nilai  $\Delta < 1$  tetapi  $K > 1$  maka rangkaian dalam kondisi *unconditionally stable*. Sehingga rangkaian tidak perlu dinaikan nilai kestabilannya. Gambar 4. menggambarkan grafik kestabilan yang dihasilkan pada frekuensi 135 Mhz. Kestabilan pada frekuensi kerjanya telah stabil maka perancangan dapat dilanjutkan ketahap selanjutnya.



Gambar 4. Grafik Kestabilan *Single Stage*

**Maksimum Available Gain**

Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Maximum Available Gain*. Tujuan dari perhitungan ini, kita dapat nilai maksimal gain yang dimungkinkan dihasilkan oleh rangkaian sebelum dilakukan impedance. Hal pertama yang harus dihitung adalah nilai  $B_1$ . Dalam perhitungan ini penulis menggunakan data S parameter dari frekuensi tengah 127.5 MHz pada tabel 4.5 yaitu  $S_{11}=0.62 \angle 146.651^\circ$ ,  $S_{21}=10.32 \angle 146.651^\circ$ ,  $S_{12}=0.220 \angle 22.663^\circ$ ,  $S_{22}=0.155 \angle 35.492^\circ$ .

$$|\Delta| = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21} = 0.324 \angle 3.817^\circ = 0.324$$

$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2 = 1.266$$

Alasan  $B_1$  dihitung pertama kali karena ketika melakukan perhitungan MAG terdapat simbol perhitungan tambah atau kurang ( $\pm$ ). Jika  $B_1$  bernilai negatif maka dalam rumus menggunakan simbol tambah (+) dan jika  $B_1$  bernilai positif maka yang digunakan simbol kurang (-). Telah diketahui kestabilan yang terjadi pada frekuensi 135 MHz sebesar 1.18 Sehingga perhitungan MAG dapat dilakukan sebagai berikut.

$$MAG = 10 \log \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} + 10 \log |K - \sqrt{K^2 - 1}| = 20.724 \text{ dB}$$

Dari hasil perhitungan diatas, MAG untuk frekuensi 135 MHz sebesar 20.724 dB.

Untuk memenuhi spesifikasi rangkaian dengan gain lebih dari 10 dB tidak dapat dihasilkan hanya dengan rangkaian single PA, maka dari itu untuk meningkatkan gain dibutuhkan minimal dua stage *power amplifier*.

**Perancangan Impedance Matching**

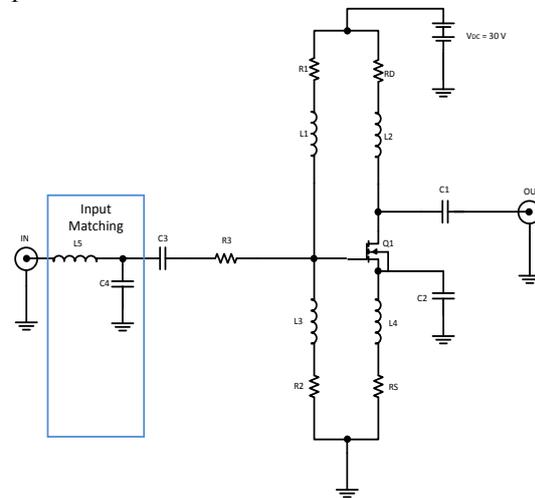
Perancangan rangkaian impedance matching ini bertujuan untuk menyesuaikan impedance rangkaian amplifier dengan impedansi media transmisi sebesar 50 Ohm, sehingga penguatan akan lebih optimal dengan noise figure yang kecil. Perancangan impedance matching ini dilakukan dengan menggunakan smith chart sehingga akan tidak perlu melakukan perhitungan-perhitungan yang rumit. Impedance matching ini dilakukan pada input dan output rangkaian amplifier. Hal pertama yang harus dilakukan adalah mencari menentukan impedansi sumber dan impedansi beban optimal dan berada pada kondisi *unconditionally stable*.

Pemilihan impedansi sumber dan impedansi beban harus hati-hati sehingga pengecekan kestabilan menggunakan *rollet stability factor* pada sub bab sebelumnya perlu dilakukan penggambaran *input stability circle* dan *output stability circle* pada *smith chart* untuk memastikan

pemilihan impedansi, yang nantinya berada dalam kondisi *unconditionally stable*. Frekuensi matching yang digunakan adalah 135 MHz dengan S-parameter yang telah diketahui sebelumnya pada tabel 4.5

**Input Impedance Matching**

Perancangan input impedance matching ini menggunakan rangkaian tiga komponen konfigurasi ‘L’ terlihat pada gambar 4.7 karena untuk input PA penulis menginginkan bandwidth frekuensi yang sempit dan menghasilkan output power yang besar. Pada input impedance matching ini dilakukan penyesuaian impedansi terminal ( $Z_o$ ) sebesar 50 Ohm dengan impedansi sumber rangkaian ( $Z_{in}$ ) yang bernilai kompleks sebesar  $57.113-j58.591$  Ohm. Oleh karena nilai dari  $Z_{IN}$  ini bernilai kompleks maka perlu dikonjugasikan terlebih dahulu menjadi  $57.113+j58.591$  Ohm. Kedua nilai ini perlu dinormalisasikan dengan 50 Ohm terlebih dahulu agar mudah untuk penggambaran pada smith chart.



Gambar 5. *Input Impedance Matching*

Karena input impedance matching menggunakan dua elemen mathing maka perlu ditentukan nilai Q terlebih dahulu. Nilai Q ini berpengaruh terhadap bandwidth frekuensi kerja yang digunakan, semakin rendah nilai Q maka bandwidth frekuensi semakin lebar. Penulis menetapkan nilai  $Q = 7$ . Nilai Q ini digambarkan pada smith chart.

Cara menyesuaikan kedua impedansi ini adalah dengan menggariskan poin  $Z_{IN}$  ke  $Z_o$ . Pada penambahan nilai paralel kapasitor  $C_4$  mengasilkan capacitive reactance sebesar  $-jX = 1.25$  Ohm sehingga nilai kapasitor  $C_4$ .

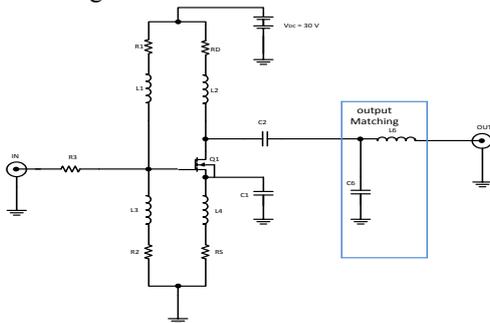
$$C_4 = \frac{1}{\omega XN} = \frac{1}{2 * 3.14 * 135 * 10^6 * 1.25 * 50} = 1.67 \text{ pF}$$

Pada penambahan nilai paralel induktor  $L_5$  mengasilkan inductive susceptance sebesar  $-jB = 0.248$  mhO sehingga nilai kapasitor  $L_5$ .

$$L_5 = \frac{N}{\omega * B} = 122.80 \text{ nH}$$

**Output Impedance Matching**

Perancangan input impedance matching ini menggunakan rangkaian tiga komponen konfigurasi “L” terlihat pada gambar 4.8 karena untuk output PA penulis bandwidth yang cukup lebar. Konfigurasi “L” ini dirangkai dengan cara low pass filter yang ditandai inductor yang dihubungkan secara seri. Pada output impedance matching ini dilakukan penyesuaian impedansi konjugasi sumber rangkaian ( $Z_{Out}$ ). Nilai komponen pada output impedance matching sama dengan input matching, karena menggunakan metode optimasi pada software dan menyesuaikan dengan nilai pendekatan pada input matching.



Gambar 6. Output Impedance Matching

Sama halnya dengan input impedance matching, output impedance matching juga menggunakan dua elemen matching, sehingga perlu ditentukan nilai Q terlebih dahulu dengan  $Q = 7$ . Cara menyesuaikan kedua impedansi ini adalah dengan menggariskan poin  $Z_L$  ke  $Z_{Out}$  pada smith chart.

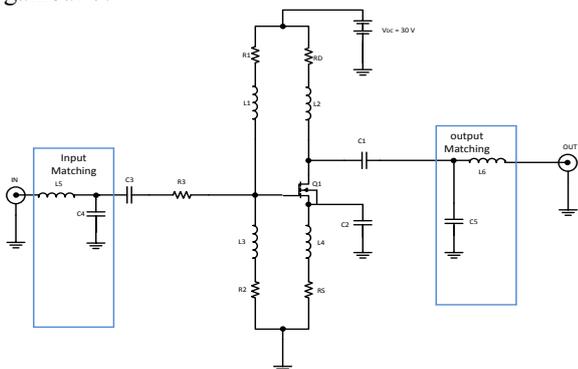
Pada penambahan nilai paralel kapasitor  $C_5$  menghasilkan capacitive susceptance sebesar  $+jB = 1.53 \text{ mOhm}$  sehingga nilai kapasitor  $C_5$  dapat dihitung sebagai berikut.

$$C_5 = \frac{B}{\omega * N} = 16.21 \text{ pF}$$

Pada penambahan nilai seri induktor  $L_6$  menghasilkan inductive reactance sebesar  $+jX = 1.05 \text{ Ohm}$  sehingga nilai kapasitor  $L_6$  dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$L_6 = \frac{XN}{\omega} = \frac{94.2 * 10^6}{52.5} = 112.85 \text{ nH}$$

Setelah diketahui nilai-nilai komponen impedance matching maka rancangan single PA tergambar pada gambar 7.



Gambar 7. Single PA dengan Input dan Output matching

### 1. Citra Warna

Citra warna merupakan citra yang *pixel*-nya merepresentasikan suatu warna. Setiap *pixel* pada citra yang direpresentasikan dalam model warna terdiri dari tiga komponen citra, masing-masing untuk setiap warna primer (RGB = Red, Green, Blue). Setiap poin informasi *pixel* (RGB) disimpan kedalam 1 *byte* = 8 bit. Hal ini menyatakan bahwa setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 256 warna.

### 2. Citra Grayscale

Citra *grayscale* merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap *pixel*-nya. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan dan putih. Banyaknya warna pada citra *grayscale* tergantung pada jumlah bit yang disediakan dimemori untuk menampung kebutuhan warna. Sebagai contoh skala keabuan 4 bit, jumlah kemungkinannya  $2^4 = 16$  warna dengan kemungkinan warna 0 (min) sampai 15 (max).

### 3. Citra Biner

Citra biner (*binary image*) adalah citra yang setiap *pixel*-nya hanya memiliki 2 kemungkinan derajat keabuan yakni 0 dan 1.[2] Pada citra biner, latar belakang berwarna putih sedangkan objek berwarna hitam. Citra berwarna dapat dijadikan citra biner dengan melakukan proses pembineran. Proses pembineran dilakukan dengan membulatkan ke atas atau ke bawah untuk setiap nilai keabuan dari *pixel* yang berada di atas atau bawah harga ambang. Metode untuk menentukan besarnya harga ambang disebut *thresholding*. [2]

#### A. White Noise

*Whitenoise Gaussian* adalah sinyal acak dengan *power spectral density* yang konstan. *Gaussian noise* adalah bentuk ideal dari *white noise* yang menyebabkan fluktuasi acak dalam suatu sinyal. *Gaussian noise* adalah *white noise* yang terdistribusi normal.[3]

#### B. Low Pass Filter

*Low Pass Filter* (LPF) adalah proses *filter* yang mengambil citra dengan gradiasi intensitas yang halus dan perbedaan intensitas yang tinggi akan dikurangi atau dibuang. *Low pass filter* digunakan untuk mengurangi detail dari gambar atau justru membuat gambar menjadi lebih kabur dari sebelumnya. *Filter* ini akan menghilangkan atau mengurangi *noise* berfrekuensi tinggi dari gambar menjadi frekuensi yang lebih rendah.[4]

#### C. Kalman Filter

Metode *Kalman filter* merupakan suatu metode yang dapat dipergunakan untuk mengestimasi variabel *state* dari sistem dinamik stokastik linier yang terkorupsi oleh *whitenoise Gaussian*. *State* dari suatu sistem dapat diestimasi oleh *Kalman filter* dengan memodelkan sistem tersebut terlebih dahulu.

#### State Vektor

*State vektor* merupakan penggambaran dari suatu sistem dinamik dan mewakilkan derajat kebebasan (*degrees of freedom*) dari suatu benda. Elemen variabel dari *state vektor* dapat bermacam-macam isinya, seperti posisi, kecepatan, akselerasi dan lainnya. Contoh yang sangat sederhana adalah sebuah mobil yang melaju dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Pada kasus ini, mobil memiliki 2 derajat kebebasan, yaitu jarak (s) dan kecepatan (v).[5]

$$X = \begin{bmatrix} s \\ v \end{bmatrix}$$

**Algoritma Kalman Filter**

Algoritma pada Kalman filter merupakan suatu fase kerja pengolahan *state vektor*. Fase kerja ini terdiri dari dua langkah, yaitu:

1. Prediksi
2. Koreksi

Fase prediksi dari Kalman filter dinyatakan dengan persamaan:

State Prediksi:

$$\hat{X}_{k+1} = A_k \hat{X}_k + B_k U_k$$

Kovarian estimate prediksi:

$$P_{k+1} = A_k P_k A_k^T + Q_k$$

2. Fasi Koreksi

Fase koreksi ditunjukkan oleh persamaan:

Kovarian pengukuran:

$$S_k = H_k P_k H_k^T + R_k$$

Penguatan Kalman:

$$K_k = P_k H_k^T S_k^{-1}$$

Estimate state update:

$$\hat{X}_{k+1} = \hat{X}_k + K_k \tilde{y}_k$$

kovarian estimate update:

$$P_{k+1} = (I - K_k H_k) P_k$$

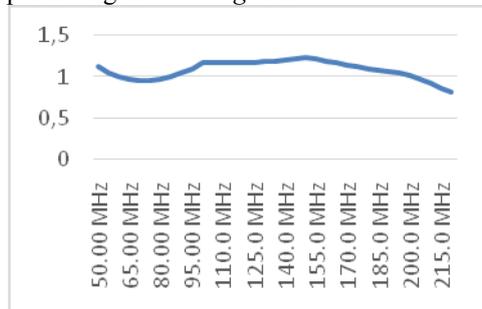
**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**1. Simulasi Rancangan Single Stage PA**

Setelah rancangan single stage telah dilengkapi oleh rangkaian *impedance matching* menandakan rancangan *single stage PA* telah selesai. Untuk selanjutnya dilakukan simulasi beberapa parameter penting antara lain kestabilan, gain, output power dan VSWR sudah memenuhi syarat untuk melanjutkan perancangan dual stage PA.

**a. Simulasi Kestabilan**

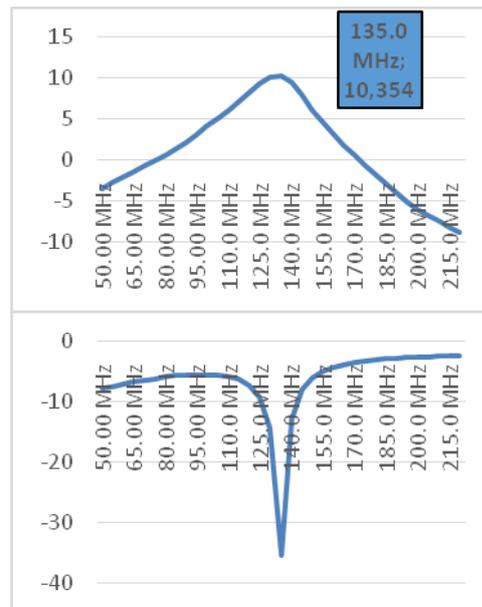
Simulasi ini dilakukan untuk memastikan rangkaian *single stage* berada pada kondisi *unconditionally stable*. Gambar 4.10 memperlihatkan grafik nilai kestabilan frekuensi 135 MHz dari grafik tersebut nilai  $K > 1$  yaitu berada pada nilai 1.198 sehingga dilihat dari faktor kestabilan memenuhi syarat untuk melanjutkan tahap perancangan *dual stage PA*.



Gambar 8. Simulasi Kestabilan Single Stage PA

**b. Simulasi S21 dan S11**

Simulasi  $S_{21}$  dan  $S_{11}$  dilakukan untuk mengetahui besar *gain* dan *return loss* yang dihasilkan dari rancangan *single stage PA*. Gambar 4.11 menunjukkan grafik  $S_{21}$  berwarna biru dengan *gain* pada frekuensi 135 MHz sebesar 20.692 dB dan *return loss* sebesar -35.417 dB.

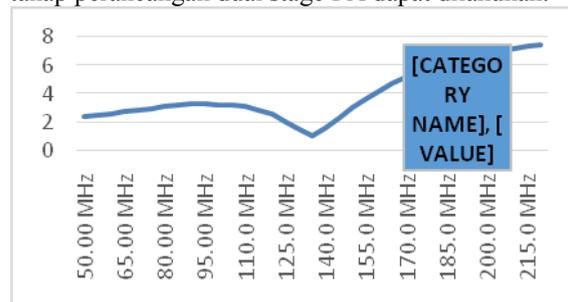


Gambar 9. Simulasi  $S_{21}$  dan  $S_{11}$  Single Stage PA

Untuk grafik input return loss digambarkan dengan warna biru didapatkan nilai dari  $S_{11}$  pada frekuensi 135 MHz sebesar -11.087 dB. Dengan melihat nilai  $S_{21}$  dan  $S_{11}$  diatas maka memenuhi syarat untuk melanjutkan perancangan *dual stage PA*.

**c. Simulasi VSWR**

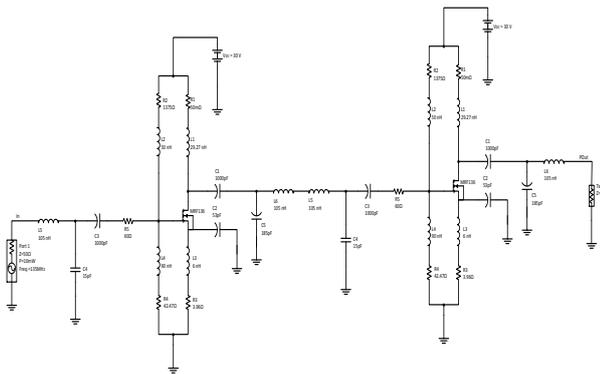
Simulasi VSWR ini dilakukan untuk mengetahui nilai *VSWR input* dan *VSWR output* rangkaian *single stage PA* pada frekuensi tengah yaitu 135 MHz. Gambar 4.12 menunjukkan nilai VSWR pada setiap frekuensi dalam bandwidth. Garis warna merah menunjukkan grafik VSWR keluaran dan grafik warna biru menunjukkan grafik VSWR masukan. VSWR single stage PA pada frekuensi 135 MHz sebesar 1.034. Dilihat dari nilai VSWR tersebut maka rangkaian dinyatakan *matching* sehingga akan memudahkan perancangan dual stage PA. Dilihat dari nilai VSWR pada frekuensi tengah ini maka tahap perancangan dual stage PA dapat dilakukan.



Gambar 10. Grafik Data VSWR Single Stage PA

**2. Perancangan Dual Stage PA**

Perancangan *single stage PA* telah sesuai dengan syarat untuk melanjutkan tahap ke perancangan *dual stage PA*. Pada tahapan ini dirancang *dual stage PA* dengan cara menggabungkan *single stage PA* yang telah dirancang menjadi dua tingkat (cara konvensional). Penambahan tersebut dilakukan dengan cara bagian keluaran single stage pertama digabungkan dengan masukan *PA stage* kedua. Perancangan ini tidak perlu melakukan *matching impedance* lagi karena *VSWR* yang dihasilkan oleh *single stage PA* telah *matching*, diidentifikasi dengan nilai *VSWR* masukan dan keluaran bernilai satu.

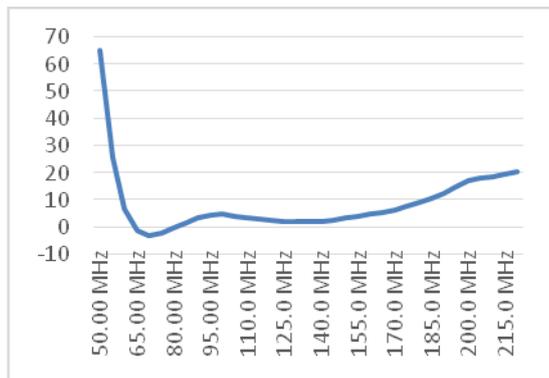


Gambar 10. Skematik Diagram Dual Stage PA

Dalam bagian ini akan dibahas simulasi rancangan dual stage PA yang telah dirancang. Simulasi ini dilakukan pada parameter-parameter spesifikasi dual stage PA yang telah ditentukan sebelumnya.

**a. Simulasi Kestabilan**

Simulasi ini dilakukan untuk memastikan rangkaian dual stage berada pada kondisi unconditionally stable. Gambar 11 memperlihatkan grafik nilai kestabilan dari frekuensi 135 MHz. Data tersebut didapatkan dengan melakukan perhitungan rollet stability. Grafik tersebut menunjukkan nilai  $K > 1$  yaitu berada pada nilai 1.90. Nilai kestabilan dual stage PA lebih tinggi dibandingkan dengan kestabilan pada rangkaian single stage PA disebabkan karena bertambahnya nilai resistansi dan terjadi peningkatan arus yang signifikan pada arus kolektor-emiter. Hasil secara keseluruhan nilai kestabilan  $k > 1$ . Dilihat dai data tersebut maka rancangan dual stage PA dengan frekuensi 135 MHz berada pada kondisi unconditionally stable. Nilai tersebut menandakan rancangan dual stage sesuai dengan spesifikasi rancangan.

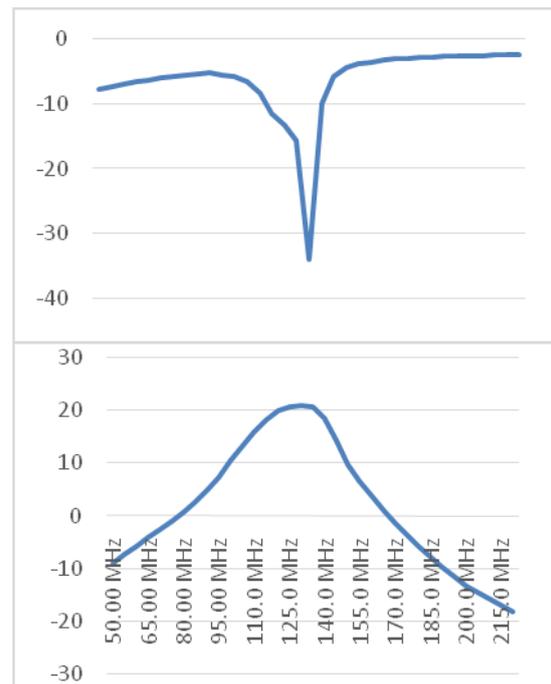


Gambar 11. Simulasi Kestabilan Dual Stage PA

**b. Simulasi S<sub>21</sub> dan S<sub>11</sub>**

Simulasi gain dan return loss ini diperlihatkan pada gambar 12. Data diambil dengan melakukan perhitungan menggunakan scattering parameter dual stage PA. Perhitungan S<sub>21</sub> dengan menggunakan rumus  $S(2,1) = 20 \log |S_{21}|$  dan untuk perhitungan S<sub>11</sub> menggunakan rumus  $S(1,1) = 20 \log |S_{11}|$ . Nilai S<sub>21</sub> dual stage pada frekuensi 135 MHz sebesar 20.69 dB naik sebesar 10.35 dB dari single stage PA. Untuk nilai S<sub>11</sub> dual stage PA pada frekuensi 135 MHz sebesar -35.41 dB single stage PA. Dilihat data tersebut maka rancangan dual stage PA telah memenuhi spesifikasi

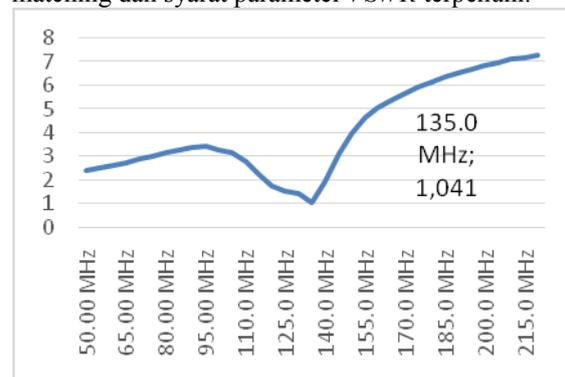
rancangan dengan input return loss < -10 dB dan forward voltage gain > 10 dB.



Gambar 12. Grafik S<sub>11</sub> dan S<sub>21</sub> Dual Stage PA

**c. Simulasi VSWR**

Simulasi simulasi Voltage Standing Wave Ratio bertujuan untuk memeriksa frekuensi tengah dalam kondisi matching. Gambar 13 menggambarkan grafik data VSWR tiap frekuensi, VSWR ini dihasilkan dengan menggunakan perhitungan. Dari data tersebut pada frekuensi tengah dihasilkan VSWR sebesar 1.034. Dari data tersebut dipastikan pada frekuensi tengah 135 MHz telah matching dan syarat parameter VSWR terpenuhi.



Gambar 13 Grafik VSWR Dual Stage PA

**d. Interpretasi Hasil Uji Coba Rancangan**

Interpretasi dari hasil uji coba perancangan dual stage power amplifier pada transmitter VHF dittel portable yang bekerja di frekuensi 135 Mhz sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Rancangan

No.	Hasil Uji Coba Perancangan	
1.	Frekuensi	135 MHz
2.	Gain Single	10.354 dB
3.	Gain Dual	20.692 dB
4.	RL Single	-35.417 dB
5.	RL Dual	-33.891 dB

6.	Kestabilan Single	1.198
7.	Kestabilan Dual	1.901
8.	VSWR Single	1.033
9.	VSWR Dual	1.043
10.	Power Output	40 Bm / 10 W

#### IV. PENUTUP

##### A. Kesimpulan

Power amplifier ini dirancang bekerja pada kelas A telah berhasil dan sesuai dengan kriteria perancangan yang diinginkan. *Power amplifier* ini telah mencapai kondisi stabil atau *unconditional stable*. Parameter kestabilannya telah bernilai lebih besar satu ( $K > 1$ ). Hal ini menandakan bahwa *power amplifier* telah mencapai kondisi stabil. Dengan demikian *power amplifier* ini tidak akan mengalami osilasi. Rangkaian power amplifier yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang di usulkan yaitu pada frekuensi 135 Mhz dengan Gain (20.69 dB), Return Loss (-33.89), VSWR (1.034), Kestabilan  $> 1$  dan Power Output (40 dBm/10 Watt).

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ICAO, Annex 10 Vol III, Communication System, 2<sup>nd</sup> Edition, ICAO, 2007, p. II-2-1
- [2] ATKP Medan, *Modul Radio Aid Navigation 1*, 2012
- [3] Bhargava, Anurag. Prasath, S Deepak Ram. Periyasamy, V. Raju, S & Abhaikumar, V (2008). *Advance Design System 2009*. Madurai, India : Thiagarajar College of Engineering (TCE)
- [4] Boylestad, Robert L & Nashelsky, Louis. *Electronic Devices And Circuit Theory 10<sup>th</sup> Edition*. : Pearson International
- [5] Erwin Sugiono, *Perancangan Dual Band High Power Amplifier Untuk Mobile Wimax dan LTE Pada Frekuensi 2.35 GHz dan 2.65 GHz*, Depok, Skripsi UI, 2011
- [6] ICAO, Annex 10 Vol III, *Communication System*, 2<sup>nd</sup> Edition, ICAO, 2007
- [7] Malvino, Albert Paul. (2003). *Prinsip-Prinsip Elektronika*. (Santoso, Joko. Terjemahan). Jakarta: Salemba Teknik. Buku asli diterbitkan tahun 1999
- [8] Manual Book VHF Dittel, Edisi 10, German, 2010
- [9] Ridho, David (2009). *Perancangan High Power Amplifier Untuk Mobile Wimax Frekuensi 2.3 GHz*, Depok, Skripsi UI. 2009