

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Rochmawati Ada Wiyah, Suwadi, Gamantyo Hendrantoro pada tahun 2013 yang berjudul "Perancangan dan Pembuatan Tahap RF *Downlink* 2,4 GHz Untuk Pengiriman Citra Pada Sistem Komunikasi Satelit Nano" meneliti tentang perancangan RF *Downlink* pada frekuensi 2,4 GHz untuk pengiriman citra dimana rancangan RF *Downlink* terbagi menjadi 2 yaitu *upconverter* dengan *power amplifier*, perancangan *upconverter* yang diteliti menggunakan IC TRF1121 sedangkan *power amplifier* menggunakan IC TRF1123 yang didalamnya sudah terdapat tiga jenis penguatan daya. Hasilnya penguatan dengan menggunakan IC TRF1123 dengan daya *output* sebesar -18,56 dBm dengan *gain* 35 dB sedangkan frekuensi yang dihasilkan dari IF 210 MHz menjadi frekuensi RF 2155 MHz. Kekurangan dari penelitian ini yaitu kesalahan penggunaan kalimat RF *downlink* yang seharusnya RF *uplink* karena tahap perancangan *upconverter* dengan *power amplifier* seharusnya terdapat pada tahap RF *uplink* [1].

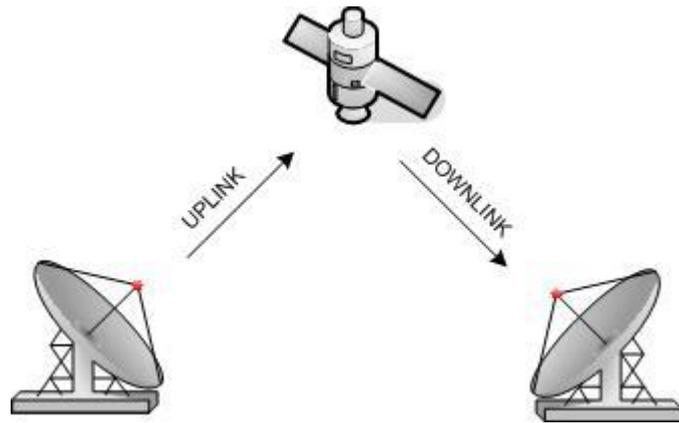
Sedangkan Siti Mutmainah, Suwadi dan Gamantyo Hendrantoro pada tahun 2013 dengan penelitiannya yang berjudul "Perancangan Dan Implementasi RF *Downlink* Pada S-Band Frekuensi 2400 Mhz Untuk Stasiun Bumi Satelit Nano" membahas mengenai perancangan LNA dan *down converter* dimana perancangan LNA menggunakan IC TRF 1115 dan *down converter* menggunakan IC TRF 1112 dan hasilnya Sistem *receiver RF-downlink* yang dirancang ini masih memiliki performansi yang cukup baik pada ketinggian 700 km. Dimana dengan sistem ini ditambahkan LNA menjadikan daya *output* penerima sebesar -98,946 dBm, sedang *sensitivitas* penerima yang terukur yaitu -72,229 dBm, *gain* yang diperoleh pada perancangan ini sebesar 18,11 dB dengan nilai *noise figure* 3,5 dB. Kekurangan pada penelitian ini yaitu terjadinya penurunan *gain* dengan semakin tingginya frekuensi yang dikarenakan karakteristik *lumped element* yang dipakai mengalami perubahan yang mempengaruhi kinerja alat serta ketidaksesuaian *gain* yang dikarenakan *power supply input* tidak stabil [3].

Sedangkan Andzaz Zilfa Millatisilmi, Ir.Mas Sarwoko Suratmadja,MSc. dan Ir. Yuyu Wahyu, ST.MT. pada tahun 2016 dengan penelitiannya yang berjudul "Perancangan Dan Realisasi *Low Noise Amplifier* Frekuensi *S-Band* (2,425 Ghz) Untuk Aplikasi Stasiun Bumi Satelit Nano" membahas mengenai perancangan LNA untuk komunikasi satelit nano dengan rentan frekuensi *S-Band*, dimana perancangan LNA menggunakan *IC ATF 55413* menggunakan metode *single stage amplifier* dengan *bilateral design*, hasil yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu pengukuran dari rangkaian LNA dengan frekuensi 2,425 GHz menghasilkan *gain* sebesar 15,63 dB sedangkan perhitungan *noise figure* yang dihasilkan sebesar 3,02 dB. Kekurangan dari penelitian ini yaitu pengukuran LNA seharusnya menggunakan *network analyzer* agar dapat mengetahui nilai dari parameter S, tetapi pada penelitian ini tidak ada dikarenakan membutuhkan *DC block module* untuk melakukan pengukuran tersebut dikarenakan untuk menjaga-jaga agar tidak ada arus yang bocor masuk ke alat ukur yang dapat mengakibatkan alat ukur tersebut rusak [2].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1. Sistem Komunikasi Satelit

Dalam suatu sistem komunikasi satelit terdapat dua elemen dasar yang berperan penting, antara lain: satelit (*space segment*) dan stasiun bumi (*ground segment*). Runtutan pengiriman sinyal dalam komunikasi satelit berawal dari stasiun bumi pada sisi pengirim, dimana stasiun bumi pengirim akan mengirimkan sinyal informasi yang telah diubah menjadi sinyal Radio Frekuensi (RF) menuju ke satelit dengan menggunakan frekuensi *uplink*. Sinyal yang dikirimkan menuju satelit selanjutnya dilakukan penguatan dan dikonversi dari frekuensi *uplink* menjadi frekuensi *downlink* untuk di transmisikan ke stasiun bumi penerima yang nantinya diubah lagi dari sinyal Radio Frekuensi (RF) menjadi sinyal informasi, dalam komunikasi satelit memiliki kendala yaitu sinyal yang mudah terganggu oleh *noise* dikarenakan menggunakan frekuensi yang tinggi, salah satu *noise* yang paling sering menjadi kendala dalam sistem komunikasi satelit yaitu pengaruh dari atmosfer salah satunya pengaruh hujan [4].



Gambar 2.1 Sistem Komunikasi Satelit [4].

2.2.2. Alokasi Frekuensi Satelit

Alokasi Frekuensi Satelit dalam sistem komunikasi satelit terdiri dari beberapa bagian yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Alokasi frekuensi satelit

Frekuensi Band	Uplink (GHz)	Downlink (GHz)	Bandwidth (MHz)	Keunggulan	Kekurangan
<i>C-Band</i>	5,925 sampai 6,425	3,700 sampai 4,200	50	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teknologi lebih murah dibandingkan <i>Ku-Band</i>. 2. Tahan dari redaman hujan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Antena berukuran relatif lebih besar. 2. Dengan frekuensi diatas, Rentan dengan adanya <i>interfrekuensi</i> dari satelit <i>terrestrial microwave</i> lainnya.
<i>Ext-C-Band</i>	6,725 sampai 7,025	4,500 sampai 4,800	225	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teknologi lebih murah dibandingkan <i>ku-band</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Antena berukuran relatif lebih besar.

Frekuensi Band	Uplink (GHz)	Downlink (GHz)	Bandwidth (MHz)	Keunggulan	Kekurangan
				2. Tahan dari redaman hujan	2. Rentan terhadap interferensi dari satelit tetangga dan terrestrial <i>microwave</i>
<i>Ku-Band</i>	14,000 sampai 14,500	10,950 sampai 11,700	750	1. Kapasitas relatif lebih besar 2. Antena berukuran lebih kecil dengan ukuran 0,6 m – 1,8 m	1. Rentan dari redaman hujan 2. <i>Availability</i> untuk frekuensi ku-band terbatas tergantung faktor regional [4].

a. *Space Segment*

Space segment merupakan element jaringan VSAT dimana terdapat di langit, yang terdiri dari satelit, dalam hal ini digunakan satelit GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*).

Pada jaringan VSAT, satelit sebagai *relay* dengan menerima sinyal yang berasal *ground segment*, lalu melakukan perkuatnya, serta mengirimkannya lagi ke *ground segment* yang berada pada bagian lain. Satelit yang digunakan dalam sistem jaringan VSAT yang disebut satelit GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*), yaitu satelit yang mengorbitkan pada ketinggian 35.786 km ~ 36.000 km di atas permukaan bumi. *Geosynchronous* artinya satelit itu mengorbit sesuai dengan rotasi bumi, sehingga dapat dilihat dari suatu titik di bumi, maka satelit tersebut akan terlihat diam. Pada penggunaan satelit GEO ini dapat menguntungkan karena terminal VSAT dapat dibuat tetap menghadap ke satelit dan tidak perlu diubah-ubah arahnya karena posisi satelitnya akan tetap terhadap terminal VSAT di bumi [5].

Sesuai dengan kesepakatan *Internasional Telecommunication Union* (ITU), untuk menghindari terjadinya *interferensi*, satelit-satelit dipisahkan sejauh dua derajat jarak antar satelitnya, sehingga jumlah satelit yang dapat dioperasikan maksimal sebanyak 180 satelit, dengan pandangan untuk memaksimalkan penggunaan slot *orbital* yang ada, penempatan satelit secara bersama-sama dilakukan secara menyebar. Penempatan satelit secara bersama-sama dipisahkan 0,1 derajat yang sama dengan jarak di angkasa sekitar 30 km antar satelit. *Interferensi sinyal* dari penempatan satelit dapat dicegah dengan menggunakan cara polarisasi *ortogonal*. Pada saat itu juga perlengkapan stasiun bumi dapat menerima sinyal dari dua lokasi satelit tanpa orientasi ulang dari antena. Sinyal dapat di-diferensiasikan berdasarkan polarisasinya. Fungsi utama satelit dikerjakan oleh *transponder*. Sejumlah *transponder* menentukan kapasitas satelit dengan tiap *transponder* memiliki *bandwidth* 40MHz [5].

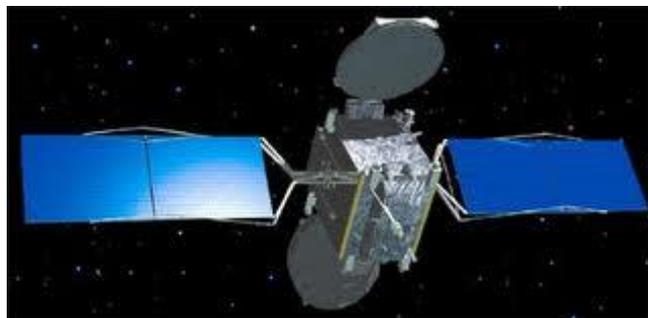
5945	5985	6025	6065	6105	6145	6185	6225	6285	6305	6345	6385				6485	6505	6545	6585	6625	6685	
1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	11V	12V				13V	14V	15V	16V	17V	18V	
5985	6005	6045	6085	6125	6165	6205	6245	6285	6325	6385	6405				6485	6525	6585	6805	6845	6885	
1H	2	3H	4H	5H	6	7H	8H	9H	10H	11H	12H				13H	14H	15H	16H	17H	18H	
3420	4360	3500	3540	3580	3620				3720	3780	3800	3840	3880	3920	3960	4000	4040	4080	4120	4160	
13H	14H	15H	16H	17H	18H				1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	

Gambar 2.2 Tabel pembagian *transponder* pada satelit [5].

Lebar bidang frekuensi dalam satu *transponder* sebesar 40MHz, maka sesuai dengan lebar bidang frekuensi yang digunakan pada satelit terdapat 18 *transponder* dengan polarisasi *vertikal* dan 18 *transponder* dengan polarisasi *horizontal* dengan demikian jumlah keseluruhan *transponder* dalam satu satelit adalah 36 *transponder*. Namun demikian dalam operasinya lebar bidang frekuensi *transponder* yang digunakan sebesar 36 MHz, 2 MHz disisi kiri dan kanan dari *spektrum* lebar bidang frekuensi *transponder* merupakan frekuensi gap (*Guard Band Frequency*) yang

dimaksudkan untuk pengamanan agar tidak terjadi interferensi antar *transponder* [4].

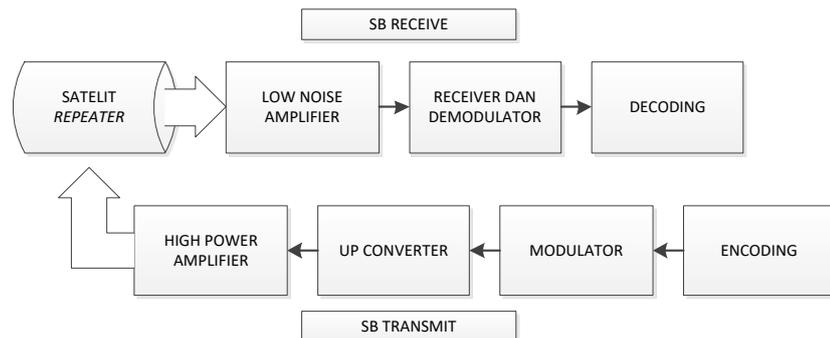
Sifat dari gelombang *elektromagnetik* adalah gelombang yang mempunyai dua polarisasi yakni polarisasi *horizontal* yaitu jika medan listrik dari gelombang *elektromagnetik* searah dengan perambatannya dan polarisasi *vertikal* jika medan listriknya tegak lurus dengan arah perambatannya, kedua polarisasi tersebut dimanfaatkan dalam sistem komunikasi satelit dengan menggunakan suatu alat pada *subsistem* antena yang disebut *polarizer* (alat untuk memilih polarisasi), sehingga dalam komunikasi satelit mempunyai dua polarisasi [4].



Gambar 2.3 Satelit (*Space Segment*)

b. *Ground Segment*

Merupakan element jaringan VSAT yang berada di bumi, yang terdiri dari *HUB station*, dan terminal VSAT itu sendiri.[6].



Gambar 2.4 Blok diagram *ground segment*.

1. *Hub Station*

Hub station fungsinya untuk mengontrol seluruh operasi jaringan komunikasi. Pada bagian hub ada *Server Network Management System* (NMS) yang fungsi akses pada operator jaringan untuk memonitor dan mengontrol jaringan komunikasi dengan integrasi perangkat keras dan

komponen-komponen perangkat lunak. *Operator* dapat memonitor, memodifikasi serta melakukan download informasi konfigurasi kepada masing-masing VSAT. NMS *workstation* terletak pada *user data center*. Stasiun hub terdiri atas *Radio Frequency (RF)*, *Intermediate Frequency (IF)*, dan peralatan *baseband*. Stasiun ini memiliki fungsi mengatur *multiple channel* yang berasal dari *inbound* dan juga *outbound* data. Pada jaringan *private* terdedikasi, *hub* biasanya ditempatkan bersamaan dengan fasilitas *data-processing* yang dimiliki *user*. Pada jaringan *hub* yang dibagi-bagi, hub dihubungkan ke *data center* atau peralatan *user* dengan menggunakan sirkuit *backhaul terrestrial*. Peralatan RF terdiri atas antenna, *low noise amplifier (LNA)*, *down-converter*, *up-converter*, dan *high-power amplifier*. Kecuali untuk antenna, *subsistem* RF hub pada umumnya dikonfigurasi menggunakan *redundancy* 1:1. Peralatan IF dan *baseband* yang terdiri dari IF *combiner/divider*, *modulator* dan *demodulator*, juga peralatan yang fungsinya memproses untuk antarmuka channel satelit dan antarmuka peralatan pelanggan. Unit antarmuka satelit menyediakan kontrol komunikasi menggunakan teknik *multiple akses* yang sesuai [7].

Menurut keperluannya, HUB terbagi menjadi dua jenis :

a. Dedicated HUB

Dedicated Hub cara kerjanya dimiliki dan digunakan sepenuhnya oleh jaringan sebuah perusahaan.

- 1) Jaringan VSAT merupakan aset perusahaan dan sepenuhnya dikontrol dan diatur oleh perusahaan.
- 2) Letak HUB yang berada dikantor pusat perusahaan.
- 3) Biaya yang dikeluarkan perusahaan lebih mahal dari *shared hub*.

b. Shared HUB

HUB dimiliki dan digunakan tidak hanya oleh perusahaan tersebut, tetapi oleh operator pemilik HUB.

- 1) Jaringan VSAT dimiliki dan dioperasikan oleh pihak operator VSAT.

- 2) Sebuah HUB digunakan secara bersamaan dengan beberapa perusahaan kecil.
- 3) Perlu koneksi menuju HUB yang dikarenakan lokasi HUB yang terdapat diluar perusahaan.
- 4) Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan pengguna jaringan VSAT relatif murah dari *dedicated hub* karena cukup mengeluarkan biaya sewa.

2. **Terminal VSAT**

Sebuah terminal VSAT terdiri dari *Outdoor Unit* (ODU) dan *Indoor Unit* (IDU). ODU merupakan perangkat *outdoor* yang terdiri atas antena dan *Radio Frequency Transmitter* (RFT). Antena memiliki fungsi sebagai pemancar dan menerima gelombang radio RF. Antena pada ODU dapat memancarkan gelombang radio RF dari stasiun bumi ke satelit dengan besar frekuensi dari 5,925 GHz - 6,425 GHz dan bisa menerima gelombang besar radio RF dari satelit ke stasiun bumi dengan besar frekuensi dari 3,7 GHz - 4,2 GHz. Sedangkan komponen RFT pada *outdoor unit* memiliki fungsi untuk melakukan penguat daya sehingga sinyal dapat dipancarkan pada jarak yang jauh .

Indoor Unit (IDU) terdiri atas modem VSAT yang berguna sebagai *modulator* serta *demodulator*. *Modulasi* merupakan satu proses penumpangan sinyal informasi dengan sinyal IF pembawa yang dihasilkan oleh *synthesizer* agar sinyal kuat dan tahan terhadap *interferensi*. Frekuensi IF besarnya mulai dari 52MHz sampai 88MHz dengan frekuensi center 70 MHz. Sedangkan *demodulasi* adalah proses untuk memisahkan antara sinyal informasi digital dengan sinyal IF dan meneruskannya menuju perangkat *terrestrial* yang ada. Secara umum *Indoor Unit* berfungsi untuk menghubungkan antena VSAT dengan terminal pelanggan lainnya serta dapat meneruskan sinyal informasi ke perangkat lain yang terhubung dengannya bila diperlukan

3. **SB Transmit**

SB Transmit merupakan stasiun bumi pada sisi transmit, biasanya terletak pada *HUB station*. *SB Transmit* terdiri dari :

a. Encoding

Encoding merupakan suatu proses pengkodean atau penyandian suatu informasi yang berasal dari suatu sumber data, dengan kata lain yang dimaksud dari penyandian itu merupakan proses untuk mengubah sinyal ke dalam bentuk yang dioptimalkan untuk keperluan transmisi data atau (penyimpanan data) atau dalam komunikasi berarti tindakan pemberian arti simbol-simbol pada pemikiran [8].

b. Modulator

Modulator adalah suatu rangkaian yang memiliki fungsi untuk melakukan proses modulasi. Modulasi yaitu proses menumpangkan sinyal atau data informasi pada frekuensi gelombang pembawa (*carrier signal*) agar sinyal informasi dapat dikirim ke penerima. [6]

c. Up Converter

berfungsi untuk mengkonversi sinyal *intermediate frequency* (IF) atau sinyal frekuensi menengah dengan frekuensi *centernya* sebesar 70 MHz menjadi sinyal RF *Uplink* (5,925 – 6,425 GHz) [6].



Gambar 2.5 Up Converter

d. High Power Amplifier

Penguat daya diklasifikasikan berdasarkan kelas operasinya. Masing-masing kelas operasi mempunyai sifat yang berbeda satu sama lain. Penggunaan dari masing-masing kelas disesuaikan dengan kebutuhan. Kelas operasi menentukan *linearitas* dan efisiensi dari penguat daya. *Linearitas* berhubungan dengan besar *distorsi* yang terjadi pada kaki *transistor* atau IC, sedangkan *efisiensi* menentukan besar catu daya yang dibutuhkan untuk memperoleh keluaran daya tertentu [9].

Parameter utama untuk melihat kinerja dari HPA adalah daya *output* dan *gain*. Daya *output* dan *gain* harus dapat dicapai berdasarkan spesifikasi *datasheet*.

$$G_{db} = 10 \log \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad (2.1)$$

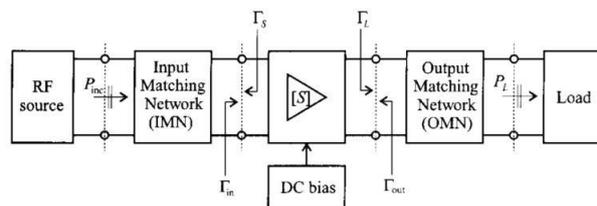
dimana :

G (*gain*) = perbandingan daya *output* dengan daya *input* (dB)

P_{out} = daya *output amplifier* (watt)

P_{in} = daya *input amplifier* (watt)

Arsitektur *power amplifier* terdiri dari tiga langkah perancangan. Tahap pertama dibutuhkan rangkaian *matching* antara impedansi sumber dengan impedansi *input*. Tahap kedua adalah sebuah *amplifier* dengan daya dan *gain* yang sesuai dengan kebutuhan, dalam perancangannya menggunakan sebuah *transistor* atau IC. Tahap terakhir juga dibutuhkan rangkaian yang *match* antara impedansi *output* dengan impedansi beban [9].



Gambar 2.6 Karakteristik *power amplifier* [1].

4. *SB Receive*

SB Receive merupakan stasiun bumi pada sisi penerima, biasanya terletak pada *remote station*. *SB receive* terdiri dari :

a. *Low Noise Amplifier (LNA)*

LNA berfungsi memberikan penguatan terhadap sinyal yang datang dari satelit melalui antena dengan *noise* yang cukup rendah dan *bandwidth* yang lebar (500 MHz). Untuk dapat memberikan sensitivitas penerimaan yang baik, maka LNA harus memiliki *noise temperatur* yang rendah dan mempunyai penguatan / *gain* yang cukup tinggi (Gain LNA = 50 dB). LNA harus sanggup bekerja pada *band* frekuensi antara 3,7 GHz sampai dengan 4,2 GHz (*bandwidthnya* 500 MHz) [10].



Gambar 2.7 LNA

b. Down Converter

berfungsi untuk mengkonversi sinyal RF *Downlink* (3,7 MHz – 4,2 MHz) menjadi sinyal *intermediate Frequency* dengan frekuensi *center* sebesar 70 MHz [11].



Gambar 2.8 Down Converter

c. Demodulator

Demodulator adalah rangkaian yang memiliki fungsi untuk memisahkan informasi asli dari gelombang campuran (gelombang informasi yang termodulasi, *demodulator* biasanya disebut juga sebagai *detector* [11].

d. Decoding

Decoding merupakan suatu proses menerjemahkan sinyal *encoding* untuk memperoleh sinyal informasi dari sumber data [12].

2.2.3. AMPLIFIER

a. Pengertian Amplifier

Pengertian *Amplifier* adalah komponen elektronika yang di pakai untuk menguatkan daya atau tenaga secara umum. Dalam penggunaannya, *amplifier* akan menguatkan signal suara yaitu memperkuat signal *arus I* dan tegangan *V* listrik dari *inputnya*. Sedangkan *outputnya* akan menjadi arus listrik dan tegangan yang lebih besar [9].

Besarnya pengertian *amplifier* sering di sebut dengan istilah *gain*. Nilai dari *gain* yang dinyatakan sebagai fungsi penguat frekuensi *audio*,

gain power amplifier antara 200 kali sampai 100 kali dari signal *output*. Jadi *gain* merupakan hasil bagi dari daya di bagian *output* dengan daya di bagian *input* dalam bentuk fungsi frekuensi. Ukuran *gain* biasanya memakai *decible* (dB).

Dalam bagian pengertian *amplifier* pada proses penguatannya *audio* ini terbagi menjadi dua kelompok bagian penting, yaitu bagian penguat signal tegangan (V) yang kebanyakan menggunakan susunan *transistor darlington*, dan bagian penguat arus susunannya *transistor paralel*. Masing masing *transistor* berdaya besar dan menggunakan sirip pendingin untuk membuang panas ke udara, sehingga pada saat ini banyak yang menggunakan *transistor simetris komplementer*.

Power amplifier rakitan berfungsi sebagai penguat akhir dan *preamplifier* menuju ke *drive speaker*. Pengertian *amplifier* pada umumnya terbagi menjadi 2, yaitu *power amplifier* dan *integrated amplifier*. *Power Amplifier* adalah penguat akhir yang tidak di sertai dengan *tone control* (*volume, bass, treble*), sebaliknya *integrated amplifier* adalah penguat akhir yang telah disertai dengan *tone control*.

b. Kelas-kelas Amplifier

1. Penguat Kelas A

Penguatan kelas A biasa disebut juga penguat daya. Penguat daya kelas A memiliki linearitas paling tinggi, namun tidak efisien. Cara lain untuk menyatakan jenis kelas A adalah sudut konduksi *transistor* adalah 360° . Cara mendapat, *linearitas* dan *gain* yang tinggi, tegangan *dc* pada *base* dan *drain amplifier* harus ditentukan dengan baik sehingga *amplifier* beroperasi pada daerah linear. Ingat tidak ada *transistor* yang linear sempurna [9].

2. Penguat Kelas B

Untuk meningkatkan efisiensi dari suatu *amplifier*, *transistor* dari *amplifier* dapat dibuat aktif hanya separuh waktu. *Transistor* hanya bekerja pada positif saja atau negatif saja dari sinyal *input*. Penguat kelas B hanya melakukan *proses* penguatan pada setengah gelombang dari *input*. Efisiensi kelas B lebih tinggi

daripada kelas A. Namun, kelas B tidak lebih *linear* dibandingkan kelas A. Untuk itu kelas B akan menghasilkan sedikit *distorsi* harmonic yang harus *filter* terlebih dahulu dari sinyal yang di *amplified* [9].

3. Penguat Kelas AB

Penguatan kelas AB dibuat diantara kelas A dan kelas B untuk mendapatkan efisiensi dan *linearitas*. *Transistor* akan bekerja pada daerah diantara setengah daerah kerja dan kurang dari daerah kerja sepenuhnya. $180^0 < AB < 360^0$ dengan efisiensi 50% dan 78.5%. Namun kelas AB merupakan *amplifier* yang tidak *linear* [9].

4. Penguat Kelas C

Penguatan kelas C memberikan daya beban yang lebih besar daripada penguat daya kelas B. Penguat kelas C biasanya menggunakan transistor daya. Transistor daya ini memiliki karakteristik yang dioptimalkan untuk sinyal RF. Konektor mengalir kurang dari 180^0 terlihat pulsa seperti sempit [9].

5. Penguat Kelas D

Penguat kelas D biasanya didefinisikan sebagai *swithing circuit* yang menghasilkan setengah *sinusoida* dari arus *input* [9].

c. Jenis-jenis *Amplifier*

Amplifier memiliki berbagai variasi seperti OTL, BTL dan OCL yang banyak dipergunakan di pasaran. Dan setiap jenis komponen dan pengertian *amplifier* tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing [13]. Berikut penjelasan satu persatu :

1. **OTL** (*Output Transformer Less* = keluaran tanpa *trafo*), yaitu rangkaian *amplifier* yang menggunakan *elco* sebagai ganti *transformer*, misalkan nilai 2200 *uf* untuk *amplifier* yang memiliki *watt* besar. Umumnya tegangan rangkaian *amplifier* ini hanya + (positif) dan - (negatif / *ground*).
2. **BTL** (*Bridge Transformator Less*) , yaitu rangkaian *Amplifier* OCL yang digabung dengan metode *Bridge* (jembatan). Sehingga

power outputnya menjadi 2 kali lipat dari *power* Rangkaian *Amplifier OCL*.

- OCL** (*Output Capacitor Less* = keluaran tanpa kapasitor), yaitu rangkaian *amplifier* yang memiliki skema rangkaian dari transistor/IC penguat *final* langsung ke *speaker output* (tanpa perantara apapun). Umumnya tegangan *amplifier* ini *simetris* yaitu + (positif), 0 (nol), – (negatif).

d. Spesifikasi LNA

1. Linearitas

Linearitas amplifier menyatakan bahwa sinyal *output* mempertahankan keaslian sinyal *input*, dengan :

$$V_0(t) = A \cdot V_1(t) \quad (2.2)$$

Dimana :

V_0 = tegangan *output*

V_1 = tegangan *input*

A = konstanta penguatan [1].

2. Efisiensi

Efisiensi parameter yang didefinisikan sebagai perbandingan dari daya *output* dengan daya *input*, yang artinya membandingkan berapa persentasi daya *output* dari *amplifier* dibandingkan dengan daya *input* pada rangkaian [14].

3. Penguatan

Penguatan merupakan perbandingan antara harga besaran keluaran dengan harga masukan [10]. Terdapat 3 jenis penguatan, yaitu :

- **Power Gain**

Perbandingan antara daya yang hilang pada beban Z_L (P_L) dengan daya yang diberikan ke bagian *input*. Tipe *gain* ini tidak tergantung pada impedansi sumber (Z_S).

- **Available Gain**

Perbandingan antara daya yang terdapat pada *two-port network* dengan daya yang terdapat pada sumber.

$$\text{Available Gain} = \frac{\text{amplifier output power}}{\text{available power dari generator source}} \quad (2.3)$$

- **Transducer Power Gain**

Perbandingan antara daya *output* P_L yang dikirim ke beban Z_L terhadap daya input yang disediakan oleh sumber kepada rangkaian.

Pada kondisi *simultaneous conjugate* $G_T = \text{match}$ dalam kasus *bilateral* dimana $S_{12} \neq 0$, $G_t = G_p = G_a$ sehingga berlaku juga $G_{T,max} = G_{pmax} = G_{a,max}$. Untuk memperoleh $G_{t,max}$ dibutuhkan syarat *koefisien refleksi* sumber dan beban sebagai berikut :

$$\Gamma_S = \Gamma_{IN}^* \quad (2.4)$$

$$\Gamma_L = \Gamma_{OUT}^* \quad (2.5)$$

Agar syarat *simultaneous conjugate match* terpenuhi, *koefisien* refleksi sumber dan beban dapat digunakan persamaan berikut [15] :

$$\Gamma_S = \Gamma_{IN}^* = \Gamma_{MS} = \frac{B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2C_1} \quad (2.6)$$

$$\Gamma_L = \Gamma_{OUT}^* = \Gamma_{ML} = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2} \quad (2.7)$$

$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2 \quad (2.8)$$

$$B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2 \quad (2.9)$$

$$C_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^* \quad (2.10)$$

$$C_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^* \quad (2.11)$$

4. *K-factor*

Kestabilan dalam merancang suatu LNA merupakan faktor yang sangat penting karena hal tersebut menentukan apakah suatu sistem tersebut layak digunakan [16]. Di dalam rangkaian *two-port*, *osilasi* mungkin terjadi apabila koefisien masukan maupun keluaran lebih besar dari satu yang akan mengakibatkan hambatan negatif pada *port*. Ketidakstabilan ditandai dengan [2] :

$|\Gamma_{in}| > 1$ atau $|\Gamma_{out}| < 1$, dimana pada kasus *unilateral* $|S_{11}| > 1$ atau $|S_{22}| > 1$

- *Unconditional stability* (Kestabilan tidak tergantung kondisi)
 Δ Syarat $|\Gamma_{in}| < 1$ dan $|\Gamma_{out}| < 1$ baik untuk semua *pasif source* maupun impedansi beban.

- *Conditional stability*

Syarat $|\Gamma_{in}| < 1$ dan $|\Gamma_{out}| < 1$ hanya untuk semua *pasif source* dan impedansi beban tertentu, dengan potensi tidak stabil. Penentu kestabilan ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21} \quad (2.12)$$

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{|1 - S_{11}\Delta|^2 + |S_{21}S_{12}|} > 1 \quad (2.13)$$

Jika $K > 1$ dan $|\Delta| < 1$, transistor memiliki kestabilan tanpa syarat (*unconditionally stable*) untuk semua impedansi sumber dan beban. Sebaliknya, jika $K < 1$ dan $|\Delta| > 1$ maka transistor berpotensi tidak stabil (*potentially unstable*) untuk semua impedansi sumber dan beban, yang artinya *transistor* akan lebih sulit untuk diaplikasikan.

5. *Noise Figure*

Disamping faktor kestabilan dan *gain*, faktor penting lain yang perlu diperhatikan untuk merancang LNA adalah *noise figure* [15]. Persamaan untuk menentukan nilai *noise figure* adalah :

$$F = F_{min} + \frac{4rn|\Gamma_s - \Gamma_0|^2}{(1 - |\Gamma_s|^2)(1 + \Gamma_0)^2} \quad (2.14)$$

Di mana :

F = noise figure

F_{min} = noise figure minimum

M = normalisasi ekuivalen hambatan noise ($m = RN / Z_0$)

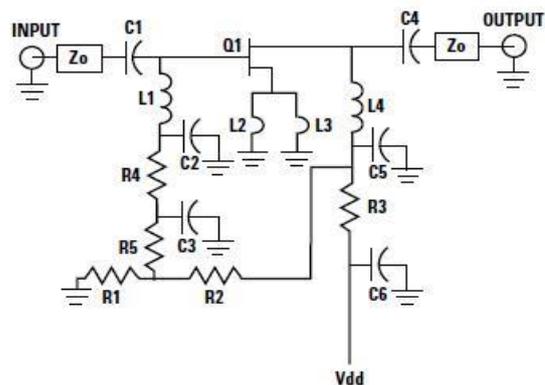
Y_s = $g_s + j b_s$ (admitansi sumber)

Y_o = $g_o + j b_o$ (admitansi sumber)

Y_s dan Y_o dapat dinyatakan dalam bentuk lain

6. DC Biasing

DC biasing merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain penguat dengan pengoperasian yang tepat supaya transistor dapat bekerja sesuai titik kerja yang ditentukan dimana noise yang dihasilkan kecil. Terdapat 2 macam bias transistor yaitu bias pasif dan aktif [1]. Namun pada tugas akhir ini menggunakan bias pasif karena lebih sederhana rangkaiannya dibandingkan bias aktif.



Gambar 2.9 Tipe ATF55143 dengan bias pasif [17]

Pada gambar di atas diperoleh perhitungan sebagai berikut

[17]:

$$R_1 = \frac{V_{GS}}{I_{BB}} \quad (2.15)$$

$$R_2 = \frac{(V_{ds} - V_{GS})R_1}{V_{GS}} \quad (2.16)$$

$$R_3 = \frac{V_{DD} - V_{ds}}{I_{ds} - I_{BB}} \quad (2.17)$$

Pada rangkaian *DC biasing* terdapat komponen *kapasitor* (C) dan *induktor* (L) yang masing-masing memiliki fungsi. Kapasitor merupakan *DC block* yang berfungsi untuk mencegah arus *DC* keluar dari rangkaian *DC biasing* dimana kapasitor tersebut diletakkan pada *input* dan *output* rangkaian *DC biasing*. Sedangkan *induktor* merupakan *DC feed* yang berfungsi untuk mencegah arus *AC* menginterferensi rangkaian *DC biasing*. Untuk menentukan nilai kapasitor dan induktor sebagai *DC block* dan *DC feed*, dapat digunakan aturan nilai $X_C \leq \frac{Z_0}{10}$ dan $X_L \geq Z_0 \cdot 10$ pada frekuensi kerja yang diinginkan [17]. Adapun rumus untuk mencari nilai *DC block* dan *DC feed* yaitu :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.18)$$

$$C = \frac{1}{2\pi X_C} \quad (2.19)$$

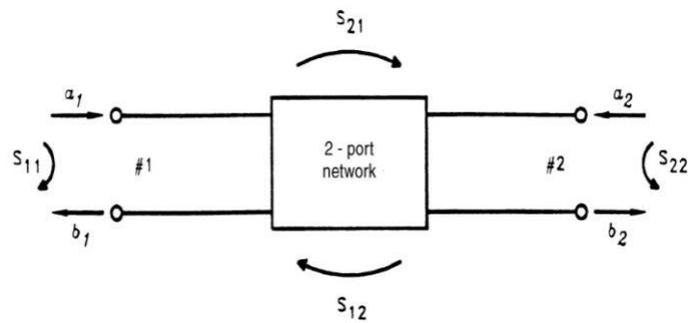
$$X_L = 2\pi f L \quad (2.20)$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (2.21)$$

7. Parameter Scattering (S)

Scattering parameter atau disebut juga S-parameter merupakan suatu relasi atau hubungan antara tegangan gelombang datang dengan tegangan gelombang pantul dalam suatu rangkaian empat kutub (*two-port network*) yang terhubung dengan saluran transmisi yang mempunyai impedansi karakteristik Z_0 . Untuk beberapa komponen elektronik atau suatu rangkaian listrik lainnya. S-parameter dapat dihitung dengan bantuan alat ukur yang menggunakan *vektor network analyzer*. S-parameter juga merupakan suatu nilai yang terdapat pada *datasheet transistor*, biasanya

transistor RF yang digunakan untuk memprediksi performansi dan perancangan suatu *amplifier* [10].



Gambar 2.10 Two port network and S parameter.

Dalam menentukan nilai parameter S, dapat diperoleh dari persamaan [18]:

$S_{11} = \frac{b_1}{a_1}$ ketika $a_2 = 0$ maka $\Gamma_1 =$ Koefisien pantul pada port 1
jika $a_2 = 0$ atau $Z_L = Z_0$

$S_{21} = \frac{b_2}{a_1}$ ketika $a_1 = 0$ maka $T_{21} =$ Koefisien transmisi dari port 1 ke port 2 jika $a_2 = 0$

$S_{12} = \frac{b_1}{a_2}$ ketika $a_2 = 0$ maka $T_{12} =$ Koefisien transmisi dari port 2 ke port 1 jika $a_1 = 0$

$S_{22} = \frac{b_2}{a_2}$ ketika $a_1 = 0$ maka $\Gamma_2 =$ Koefisien pantuk pada port 2
jika $a_1 = 0$ atau $Z_s = Z_0$

Dimana :

$S_{11} =$ Koefisien refleksi masukan

$S_{22} =$ Koefisien refleksi keluaran

$S_{12} =$ Gain transmisi mundur

$S_{21} =$ Gain transmisi maju

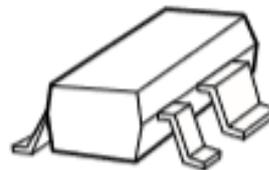
8. IC ATF55143

IC ATF55143 merupakan ic yang dikeluarkan oleh perusahaan Agilent Technologies dengan rentang dinamis tinggi, dengan noise yang kecil, pasokan tunggal E-PHEMT

yang bertempat dibahan plastik pemasangan permukaan *SC-70* (*SOT-343*) *4-lead*. Kombinasi *gain* tinggi, linearitas tinggi, dan *noise* rendah membuat *ATF-55143* ideal untuk *handset seluler* / PCS, sistem *data nirkabel* (WLL / RLL, WLAN dan MMDS) dan sistem lain dalam rentang frekuensi 450 MHz hingga 6 GHz. IC *ATF55143* juga dapat digunakan untuk pembuatan *low noise amplifier* yang diaplikasikan oleh seluler, WLAN ataupun Satelit [17].

Kemampuan yang dimiliki IC *ATF55143* :

- a. Kinerja linearitas tinggi.
- b. Teknologi *Mode* Peningkatan Pasokan Tunggal.
- c. Nilai *noise figure* rendah.
- d. Keseragaman yang sangat baik dalam spesifikasi produk.
- e. Lebar gerbang 400 *mikron*.
- f. Biaya rendah permukaan mount paket plastik kecil *SOT-343* (*4 lead SC-70*).
- g. Pilihan kemasan *Tape-and-Reel* tersedia.

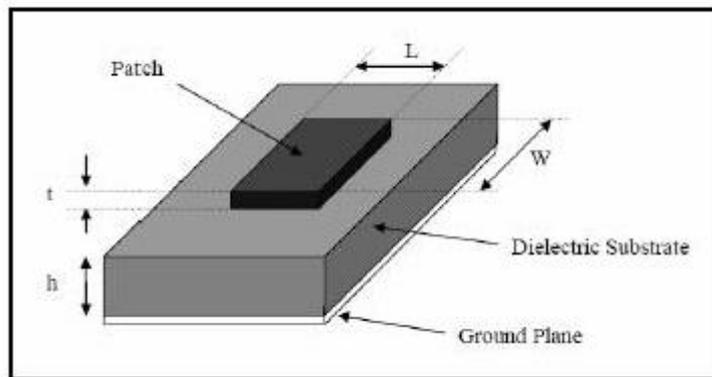


Gambar 2.11 IC *ATF55143*

9. *Mikrostrip*

Mikrostrip adalah suatu saluran transmisi yang terdiri dari strip *konduktor* dan *ground plane* yang antara keduanya dipisahkan oleh dielektrik [10].

Mikrostrip pada umumnya digunakan untuk membuat LNA karena lebih mudah dan cocok untuk frekuensi tinggi. Bentuk geometri dari *mikrostrip* seperti pada Gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.12 Bentuk *mikrostrip* [10].

2.2.4. Software *Advanced Design System (ADS) 2019*

1. Penjelasan *Software Advanced Design System (ADS) 2019*

Advanced Design System (ADS) adalah sistem perangkat lunak otomatisasi desain elektronik yang diproduksi oleh *Keysight EEs of EDA*, sebuah divisi dari *Keysight Technologies*. Ini menyediakan lingkungan desain terintegrasi untuk perancang produk elektronik RF seperti ponsel, jaringan *nirkabel*, komunikasi satelit, sistem radar, dan tautan data berkecepatan tinggi [8].

2. Fitur-fitur *Software Advanced Design System (ADS) 2019*

a. Produk *SIPro* dan *PIPro* untuk analisis Sinyal dan Integritas Daya

ADS 2019 mengubah alur kerja *Signal Integrity (SI)* dan *Power Integrity (PI)* untuk desain digital berkecepatan tinggi. Alur kerja baru dalam *ADS* memperkenalkan dua fitur produk baru, *SIPro* dan *PIPro* untuk *ADS 2019*. *SIPro* dan *PIPro* berbagi lingkungan tunggal dan memberikan hasil EM dengan akurasi tinggi dalam waktu simulasi yang jauh lebih cepat daripada pemecah EM tujuan umum. Alur kerja yang kohesif baru memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis SI dan PI pada desain umum. Pengaturan EM adalah '*net-driven*', memungkinkan pengguna untuk dengan cepat menavigasi papan yang besar dan dialihkan, dan hanya menyertakan jaring yang ingin mereka simulasikan (jaring sinyal

khusus, jaring listrik, jaring *ground*); Tidak ada waktu yang terbuang dalam pengeditan tata letak manual, tidak perlu menghapus *detail* tata letak yang tidak diinginkan sebelum simulasi. Dari antarmuka pengguna khusus baru, pengguna dapat melihat desain papan secara asli dalam 3D, dengan mudah menyalin EM-pengaturan dari satu jenis analisis ke yang lain, mensimulasikan, memvisualisasikan hasil kemudian secara otomatis menghasilkan skema yang siap untuk simulasi rangkaian lebih lanjut dan penyetulan parameter.

b. Simulasi *Balance Harmonic* dan *Circuit Envelope*

ADS 2019 terus memajukan teknologi simulasi sirkuit melalui peningkatan pada *Harmonic Balance* dan *Circuit Envelope simulator* yang meningkatkan kecepatan, konvergensi, dan akurasi. Selain itu, kecepatan anotasi DC yang ditingkatkan dilengkapi untuk desain yang paling kompleks sekalipun.

c. Simulasi Elektro-Termal untuk Windows

Simulator *Electro-Thermal* sekarang didukung penuh pada *Windows* dan *Linux* sehingga lebih mudah diakses oleh lebih banyak desainer.

d. Simulasi Momentum EM

Simulator Momentum 3D planar EM sekarang mencakup substrat berparameter untuk simulasi EM yang memungkinkan perancang memodelkan variabilitas proses. Dukungan impor TSMC iRCX dan Via penyederhanaan & Simulasi *Dummy Metal Fills* juga termasuk dalam rilis ini.

e. Verifikasi Tata Letak dan Tata Letak

Banyak peningkatan dan kemampuan baru membuat *Layout ADS*, lebih cepat, lebih intuitif dan pembuatan kuat. Beberapa tambahan baru termasuk, penegakan kisi-kisi pabrikan, peningkatan jaring tanah, penampil 3D yang lebih cepat, penyorotan yang ditingkatkan, konektivitas, pemetaan tata letak jaring untuk nama jaringan skematik, serta mengimpor file .brd untuk simulasi EM.

f. **RFIC Silikon**

ADS 2019 menghadirkan serangkaian peningkatan pada aliran *front-end* desain silikon RFIC. Melalui pengembangan interoperabilitas *OpenAccess* pada ADS 2019, sekarang dimungkinkan untuk melakukan desain skematis RFIC silikon dalam ADS menggunakan *Virtuoso* seperti penjelasan DC, peningkatan fungsionalitas skematis, kegunaan dan dukungan untuk tampilan konfigurasi untuk beralih di antara tampilan simulasi. Dalam *interoperabilitas*, perancang bekerja dari pustaka desain *OpenAccess* tunggal yang tetap disinkronkan antara *platform* EDA, menghilangkan langkah-langkah porting yang berlebihan dan menerjemahkan blok desain. Walaupun ini membuat ADS *alternatif* yang menarik untuk desain *frontend* skematis RFIC silikon, ini juga memungkinkan simulasi bersama di tingkat *chip* sirkuit RF yang dipartisi antara model *sirkuit spice* dan interkoneksi, atau pada tingkat *chip* modul di seluruh *chip* silikon dan paket atau laminasi menggunakan alat 3D EM industri terkemuka dari MoM, FEM dan FDTD

g. **Wireless Libraries**

Modem Canggih *W2383EP* / ET 5G baru untuk ADS memungkinkan desain dan *verifikasi* desain untuk standar *nirkabel* 5G yang muncul. Perpustakaan *nirkabel* ini berisi pengaturan simulasi pra-konfigurasi dengan sumber termodulasi dan demodulasi yang sepenuhnya sesuai dengan spesifikasi *nirkabel*. Algoritma pembangkitan sinyal dan demodulasi sepenuhnya konsisten dengan instrumentasi *Keysight* untuk membawa kepatuhan dan akurasi tingkat instrumen ke dalam simulasi rangkaian dan hasil *verifikasi* Anda. *5G Wireless Library Keysight* akan selalu menjadi yang pertama muncul bersama dengan standar terbaru karena partisipasi aktif kami dalam komite penetapan standar, yang sangat penting untuk desain dan pengembangan *instrumentasi* yang tepat waktu.