

**ANALISA SINYAL *REMOTE CONTROL (RC) UAV SOFTWARE DEFINED
RADIO (SDR) HACKRF ONE***

(Skripsi)

Oleh

SITRONELLA NURFITRIANI HASIM



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

Signal Analysis of Remote Control (RC) UAV Software Defined Radio (SDR) HackRF One

By

Sitronella Nurfitriani Hasim

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) are the unmanned aircraft which is controlled by Remote Control (RC) when flying. The operation of the UAV needs to be regulated to maintain air traffic security, one of which is by taking over the UAV. This study discussed the FSK modulation and demodulation mechanism in the process of taking over the UAV with HackRF One. The transfer mechanism of the UAV that is done is to look for the RC frequency channels, record the RC signals, determine the period and frequency carriers, and modelling the modulation and demodulation of FSK with simulink. One parameter that is set in the process of this mechanism is to change the value of the different carrier frequencies. Then, the data obtained from the signal sent modulated results are the same as when the demodulated signal. Of $T_0 = 79 \mu\text{s}$ and $T_1 = 70 \mu\text{s}$, so that $fc_0 = 12658,22 \text{ Hz}$ and $fc_1 = 14285,71 \text{ Hz}$. To determine the size of the signal quality, it is necessary to determine the Bit Error Rate (BER) value. In this research, the obtained the BER values depend on the change of the energy value of Bit per Noise (E_b / N_0). When the E_b/N_0 value is 10 (dB), then the BER is 0.038. Moreover, when the E_b/N_0 value are 8 and 6 (dB), then the BER will be 0.078 and 0.23 respectively. It can be concluded that the greater E_b/N_0 , the lower of BER.

Keywords: UAV, Remote Control (RC), FSK Modulation, simulink, HackRF One

ABSTRAK

Analisa Sinyal *Remote Control* (RC) UAV *Software Defined Radio* (SDR) *HackRF One*

Oleh

Sitronella Nurfitriani Hasim

UAV merupakan pesawat tanpa awak yang dapat terbang dengan dikendalikan oleh *Remote Control* (RC). Berkembangnya teknologi UAV perlu diatur untuk menjaga keamanan lalu lintas udara salah satunya dengan cara mengambil alih UAV bila wahana tersebut masuk ke wilayah dilarang atau membahayakan. Penelitian ini membahas mekanisme modulasi dan demodulasi FSK pada proses ambil alih UAV dengan *HackRF One*. Mekanisme pengambil alihan UAV yang dilakukan antara lain mencari kanal frekuensi RC, merekam sinyal RC, menentukan periode dan frekuensi *carrier*, serta memodelkan modulasi dan demodulasi FSK dengan *simulink*. Salah satu parameter yang diatur dalam proses ambil alih adalah dengan mengubah nilai frekuensi *carrier* yang berbeda-beda. Data sinyal yang dikirim saat termodulasi hasilnya sama dengan saat sinyal telah di demodulasi, maka diperoleh $T_0 = 79 \mu s$ dan $T_1 = 70 \mu s$, sehingga diperoleh $f_{c_0} = 12658,22 \text{ Hz}$ dan $f_{c_1} = 14285,71 \text{ Hz}$. Ukuran kualitas sinyal dapat diketahui dengan menentukan nilai *Bit Error Rate* (BER). Dalam penelitian ini diperoleh nilai *Bit Error Rate* (BER) yang berbeda-beda dilihat dari perubahan nilai *Energi Bit per Noise* (Eb/No). Saat nilai Eb/No sebesar 10 (dB) maka diperoleh BER sebesar 0.038. Saat nilai Eb/No diturunkan menjadi 8 (dB) maka nilai BER menjadi 0.078. Saat nilai Eb/No 6 (dB) maka diperoleh BER 0.23. Dari nilai BER yang telah diperoleh dapat diketahui bahwa semakin besar nilai Eb/No maka nilai BER semakin kecil.

Kata Kunci: UAV, *Remote Control* (RC), modulasi FSK, *simulink*, *HackRF One*

**ANALISA SINYAL *REMOTE CONTROL (RC) UAV SOFTWARE DEFINED
RADIO (SDR) HACKRF ONE***

Oleh

Sitronella Nurfitriani Hasim

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **ANALISA SINYAL *REMOTE CONTROL* (RC)
UAV *SOFTWARE DEFINED RADIO* (SDR)
*HACKRF ONE***

Nama Mahasiswa : **Sitronella Nurfitriani Hasim**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315031091

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Yeti Yuniati, S.T., M.T.
NIP 19800113 200912 2 002

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

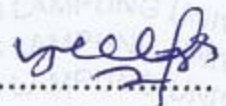
Disahkan Tanggal : **8** Oktober 2018

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Yetti Yuniati, S.T., M.T.**



Sekretaris

: **Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Teknik



: **Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Agustus 2018**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sitronella Nurfitriani Hasim

NPM : 1315031091

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Adapun karya orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dicantumkan sumbernya pada daftar pustaka.

Apabila saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, September 2018



Sitronella Nurfitriani Hasim

NPM. 1315031091

RIAWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di daerah Padang Pelawi, Provinsi Bengkulu pada tanggal 7 Maret 1995. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Rosid Hasim dan Ibu Desi Widianti yang diberi nama Sitronella Nurfitriani Hasim.

Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar (SD) di SD Al-Azhar 2 Bandar Lampung pada tahun 2007, lulus Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Al-Kautsar pada tahun 2010, lulus Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Al-Kautsar pada tahun 2013, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung (Unila) pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) Fakultas Teknik sebagai Anggota Kerohanian pada periode 2015-2016. Penulis juga pernah menjadi Asisten Laboratorium Teknik Telekomunikasi. Selain itu, penulis pernah melakukan Kerja Praktek (KP) selama 30 hari di Perusahaan PT. Telkom Indonesia Tbk kota Bandar Lampung pada tahun 2016.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini kupersembahkan untuk

” Ayah dan Mamah”

Yang selalu mendoakan penulis di waktu terbaik sepertiga malam terakhir dan senantiasa memberikan dukungan moril maupun materil dalam menyelesaikan Skripsi.

-TERIMAKASIH-

Motto

"Hai orang-orang mukmin, jika kamu menolong (agama) Allah, niscaya Dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu"

(QS. Muhammad: 7)

"Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakal pada-Nya."

(QS. Ali-Imran: 159)

"Periode kenabian akan berlangsung pada kalian dalam beberapa tahun, kemudian Allah mengangkatnya. Setelah itu datang periode khalifah aala minhaj nubuwwah (kekhilafahan sesuai manhaj kenabian), selama beberapa masa hingga Allah ta'ala mengangkatnya. Kemudian datang periode mulkan aadhdhan (penguasa-penguasa yang menggigit) selama beberapa masa. Selanjutnya datang periode mulkan jabbriyyan (penguasa-penguasa yang memaksakan kehendak) dalam beberapa masa hingga waktu yang ditentukan Allah ta'ala. Setelah itu akan terulang kembali periode khalifah 'ala minhaj nubuwwah. Kemudian Nabi Muhammad saw diam."

(HR Ahmad; Shahih)

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrohim

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wata'ala yang telah melimpahkan karunia, rahmat, inayah, dan hidayah-Nya berupa kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir di waktu yang tepat. Tidak lupa shalawat teriring salam kepada junjungan semua ummat yaitu Rasulullah Shalallahu'alaihiwassalam yang telah membimbing semua ummat dari jalan gelap gulita menuju jalan yang terang benderang seperti saat ini.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul "Analisa Sinyal *Remote Control* (RC) UAV *Software Defined Radio* (SDR) *HackRF One*" merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis sangat menyadari Laporan Tugas Akhir ini tidak mungkin selesai tanpa adanya dukungan baik materi, morill, motivasi, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.

2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan waktunya untuk membimbing dan mengajarkan banyak hal.
4. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Yetti Yuniati, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama atas kesediaannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan saran dan dukungan yang tiada henti dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
6. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji atas masukan dan ilmunya guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
7. Bapak Dr. Eng. Yul Martin, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan nasihat.
8. Ibu Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Teknik Telekomunikasi atas bantuannya selama penulis mengerjakan skripsi.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, atas didikan, arahan dan bimbingan yang telah diberikan
10. Mbak Ning beserta seluruh jajarannya atas semua bantuannya menyelesaikan urusan administrasi di Teknik Elektro Universitas Lampung selama ini.

11. Ayah, Mama, Aa Gigis, Kahfi, Argon, dan seluruh keluarga besar yang selama ini selalu memberikan dukungan, kasih sayang, dan doa tiada henti-hentinya.
12. Sahabatku Nurul Hidayani, Mba asma, Aisyah, Mba Reni, Atika, Rika, Nadia, Ummi Yanti, dan Mba Rina yang selalu memberikan dukungan, bantuan, doa, serta ketulusan selama masa perkuliahan maupun skripsi.
13. Teman-teman komunitas Yuk Ngaji Nisa Lampung atas ikatan Ukhuwah selama ini.
14. Srikandi 13 yang selalu menjadi semangat dalam masa perkuliahan.
15. Electrical Engineering 13 atas pengalaman, kebersamaan dan kekeluargaan yang kalian semua berikan sejak awal masuk kuliah sampai saat ini.
16. Teman-teman asisten dan staf Laboratorium Teknik Telekomunikasi yang menemani penulis mengerjakan skripsi dari pagi sampai sore.
17. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Semoga atas bantuan dengan ketulusan hati yang telah diberikan oleh semua pihak dibalas oleh Allah Subhanahu wataála dan semoga langkah kita selalu dalam lindungan-Nya.

Bandar Lampung, 27 September 2018

Penulis

Sitronella Nurfitriani Hasim

Daftar Isi

ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
MOTO HIDUP	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Perumusan Masalah	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Pustaka dari Penelitian yang Berkaitan	5
2.2 <i>Software Defined Radio (SDR)</i>	7
2.3 Diagram Sistem <i>Software Defined Radio (SDR) Receiver</i>	8

2.4 <i>HackRF One</i>	9
2.5 Rangkaian <i>HackRF One Frontend</i>	10
2.6 UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)	11
2.7 Frekuensi yang digunakan UAV	12
2.8 Syma X5HW	13
2.9 Modulasi dan Demodulasi	14
2.9.1 Modulasi Digital	14
2.10 <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	15
2.11 <i>Bit Error Rate (BER)</i>	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Tahapan Penelitian	16
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.4 Peralatan yang Digunakan	17
3.5 Spesifikasi Perangkat	18
3.6 Capaian Penelitian	18
3.7 Diagram Alir Penelitian	21
3.8 Diagram Alir Ambil Alih Sinyal <i>Remote Control (RC)</i> pada UAV.....	22
3.9 Modulasi dan Demodulasi FSK	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Cara Kerja Pengambilan Sinyal UAV	25
4.2 Hasil Sinyal Rekam <i>Remote Control (RC)</i> UAV oleh <i>HackRF One</i>	26
4.4 Pemodelan Modulasi dan Demodulasi FSK	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dari waktu ke waktu semakin canggih salah satunya dibidang UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan sistem pesawat tanpa awak yang dikendalikan oleh *Remote Control* (RC). UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) sangat banyak diminati oleh berbagai kalangan masyarakat dari yang muda hingga tua karena mudah digunakan serta terjangkau untuk memperolehnya.

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) secara umum dikenal sebagai *drone*, pesawat ini berbeda dengan jenis pesawat terbang lainnya karena pada UAV didalamnya tidak terdapat pilot. Awal mula penggunaan UAV digunakan untuk perang dunia oleh angkatan militer di berbagai negara karena kekhawatiran kehilangan pilot di atas wilayah musuh. Kini UAV sudah digunakan di berbagai bidang seperti alat pemantauan keamanan laut, pemantauan laju lalu lintas kendaraan, video udara, hingga hobi bagi pemiliknya.

Sampai saat ini penggunaan UAV sudah tak asing lagi di kalangan masyarakat luas, sehingga perlu kebijakan dari pemerintah untuk membuat undang-undang keamanan untuk menggunakan UAV. Menjaga keamanan lalu lintas udara untuk

penggunaan UAV dapat dilakukan dengan cara mengambil alih UAV. Selain itu juga, cara ini dapat memungkinkan untuk pengamanan suatu wilayah guna menjaga misi rahasia suatu negara.

Penelitian ini akan membahas mekanisme demodulasi FSK pada proses ambil alih UAV dengan *HackRF One*. Sinyal *Remote Control (RC)* UAV yang telah direkam oleh *software Universal Radio Hacker (URH)* dilanjutkan dengan memodelkan rangkaian *simulink* untuk mengetahui proses modulasi dan demodulasi ambil alih UAV.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan mekanisme modulasi dan demodulasi FSK pada proses ambil alih UAV dengan *HackRF One*
2. Menganalisa model simulasi menggunakan *simulink* dalam aplikasi UAV

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai proses ambil alih UAV secara teori maupun praktis
2. Mampu menganalisa proses ambil alih UAV dengan demodulasi FSK

1.4 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana proses modulasi dan demodulasi FSK dengan rangkain *simulink*?

2. Apakah hasil dari demodulasi FSK sebanding dengan output perekaman sinyal pada URH
3. Bagaimana rumus untuk membangkitkan sinyal FSK?

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Analisa fokus pada modulasi dan demodulasi FSK
2. Simulasi hanya dilakukan pada *Digital Down Converter* (DDC)
3. Obyek eksperimen terdiri dari wahana UAV dengan *Remote Control* (RC)

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang kajian pustaka yang berkaitan dengan penelitian yang akan dikerjakan, seperti (2.1) Penelitian yang Berkaitan, (2.2) *Software Defined Radio* (SDR), (2.3) Diagram Sistem *Software Defined Radio* (SDR) Receiver, (2.4) *HackRF One*, (2.5) UAV, (2.6) Syma X5HW, (2.7) Dasar Pergerakan Pesawat Tanpa Awak, (2.8) Modulasi dan Demodulasi, dan (2.9) *Analog and Digital Converter* (ADC)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tahap-tahap penelitian yang dilakukan berupa diagram alir penelitian, peralatan yang digunakan, dan persamaan modulasi dan demodulasi FSK.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai analisa perhitungan dengan persamaan modulasi dan demodulasi FSK, kemudian membandingkannya dengan hasil rekam sinyal pada URH.

BAB V

Bab ini membahas tentang simpulan yang diperoleh dari hasil perancangan analisa yang digunakan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka dari Penelitian yang Berkaitan

Penelitian [1] merupakan kelanjutan dari karya Bernard G Utermann tentang *Hacking dan Controlling Toy Flyers* dengan *platform* komersial tertentu. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang sebuah PCB baru untuk uji coba penerbangan menggunakan beberapa sensor, meningkatkan kinerja penerbangan, dan membuat beberapa kontrol pada penerbangan. Peneliti [1] untuk mencapai tujuan *Hacking dan Controlling Toy Flyers* maka perlu dilakukan beberapa tugas. Pertama, mencari komponen baru, merancang sirkuit elektronik, dan PCB untuk memprogram DsPic pada papan baru. Penelitian [1] memiliki tiga strategi untuk *hacking flyer*. Pertama adalah menghapus elektronik tertanam. Strategi ini digunakan untuk penelitian [1] karena tidak ada kontrol yang *complex* pada motor. Kedua, menghapus sistem penerimaan dan menggantinya dengan sebuah *microcontroller* yang akan meniru sinyal kontrol seolah-olah itu adalah sistem penerimaan. Ketiga, meniru impuls dari *joystick* oleh mikrokontroler dan kemudian akan dikodekan dalam kasus yang sama seperti joystick asli [1].

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) atau pesawat tak berawak telah banyak menarik perhatian pada aplikasi militer dan sipil. Langkah awal pada penelitian [2] adalah menganalisa keamanan, menyelidiki keamanan pada *controllers* UAV,

terutama *controllers* yang menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS). *Attackers* terlebih dahulu mengakses lapisan fisik *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS) agar dapat mempengaruhi *controllers*. Hal ini sulit karena adanya *pseudorandomness* urutan *hopping* dan perubahan kanal yang cepat. Namun, kesulitan ini dapat menjadi mudah saat *attackers* memperoleh urutan *hopping* dan saat kecepatan *hopping* dari sistem target tidak signifikan. Dalam penelitian [2], H. Sin mengusulkan sebuah skema umum untuk mengekstrak urutan *hopping* tipe FHSS menggunakan *Software Defined Radio* (SDR). H. Sin juga mengusulkan sebuah metode untuk mengatasi masalah terbatasnya *bandwidth* pada SDR. Penelitian [2] berhasil mengekstrak urutan *hopping* dengan menerapkan skema pada *Universal Software Radio Peripheral* (USRP) dan mengekspos sinyal *baseband* [2].

Tabel 2.1 Kajian Pustaka dari Penelitian yang Berkaitan

Peneliti	Hal Yang Diteliti	Metode Yang Digunakan	Hasil
[1]	<i>Microcontroller</i>	Menghapus elektronik yang tertanam, menghapus system penerimaan, dan meniru <i>impuls</i> dari <i>joystick</i>	Mampu membuat <i>quadcopter</i> lepas landas.
[2]	FHSS	Mengekstrak urutan <i>hopping</i> menggunakan SDR	Berhasil mengekstrak urutan <i>hopping</i> dengan menerapkan skema pada USRP dan mengeskpos sinyal <i>Baseband</i>
Penulis	Sinyal <i>Remote Control</i> (RC) pada UAV	Merekam sinyal RC dengan <i>HackRF one</i> kemudian membuat rangkaian pada <i>simulink</i> untuk mengujinya	Hasil pengujian pada <i>simulink</i> diperoleh sinyal hasil demodulasi sama dengan saat sinyal dikirim

2.2 *Software Defined Radio (SDR)*

Software Defined Radio (SDR) diperkenalkan pertama kali oleh Joseph Mitola pada tahun 1991 sebagai pengenalan dari kelas radio yang dapat diprogram dan dikonfigurasi ulang oleh perangkat lunak (*software*) sehingga menghasilkan perangkat komunikasi nirkabel, mode dan *band* frekuensi diatur oleh fungsi perangkat lunak (*software*) [3].

Software Defined Radio (SDR) adalah suatu *platform* untuk sistem komunikasi radio dan *hardware* diatur oleh *software* komputer. Perangkat lunak ini dapat disesuaikan pada frekuensi dan modulasi apa saja dengan spektrum frekuensi yang besar [4].

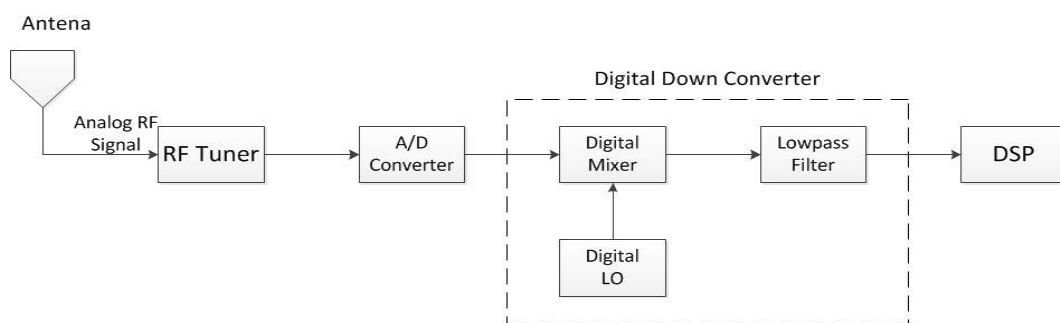
Software Defined Radio merupakan teknologi untuk membangun sistem radio *fleksibel* artinya karakteristik perangkat radio dapat diubah-ubah dapat digantikan atau dimodifikasi sesuai dengan sistem radio yang ingin dilakukan. *Multiservice* artinya sistem radio dapat digunakan di berbagai pelayanan seperti suara, teks, dan data. *Multistandard* artinya perangkat radio dapat diolah pada standar radio yang berbeda-beda seperti GSM, AMPS, GPRS, DECT, GPS, dan CDMA. *Multiband* artinya sistem radio dapat dilakukan diberbagai frekuensi kerja yang berbeda seperti 800 MHz, 900 MHz, 2400 MHz, VHF, dan UHF. *Reconfigurable* artinya konfigurasi sistem radio pada sistem tersebut dapat diubah-ubah sesuai dengan standar yang telah ditentukan. *Reprogrammable* artinya perangkat dapat di program ulang agar dapat men-*download* perangkat lunak (*software*) yang baru, seperti untuk penambahan servis, daerah frekuensi, pengkodean, dan sebagainya [5].

2.3 Diagram Sistem *Software Defined Radio (SDR) Receiver*

Diagram sistem *Software Defined Radio (SDR) receiver* terdiri dari antena, RF Tuner, A/D Converter, *digital downconverter (DDC)*, dan *Digital Signal Processing (DSP)*.

Gambar 2.2 menunjukkan diagram blok *Software Defined Radio (SDR) receiver*. RF Tuner mengubah sinyal RF (*Radio Frequency*) analog menjadi frekuensi IF (*Intermediate Frequency*) analog. ADC (*Analog to Digital Converter*) mengubah sinyal IF analog menjadi sampel sinyal IF digital. Sampel ini diumpankan ke tahap selanjutnya yaitu *Downconverter Digital (DDC)* yang ditunjukkan pada garis putus-putus. DDC biasanya merupakan satu chip monolitik tunggal atau IP FPGA, dan ini adalah komponen dari sistem SDR. *Digital Mixer* dan LO (*Local Oscillator*) menerjemahkan sampel IF digital ke *baseband*. FIR *lowpass filter* membatasi *bandwidth* sinyal dan *baseband* untuk menipiskan *lowpass filter*. Sampel *baseband* digital kemudian diumpankan ke blok DSP (*Digital Signal Processing*) yang bertugas sebagai demodulasi, *decoding*, dan proses lainnya [6].

Diagram *Software Defined Radio (SDR) receiver* dapat dilihat pada Gambar 2.2 :



Gambar 2.1 Diagram Sistem *Software Defined Radio (SDR)*

2.4 HackRF One

HackRF One adalah *Software Defined Radio* (SDR) peripheral yang mampu mentransmisikan atau menerima sinyal radio dari 1 MHz hingga 6 GHz. *HackRF One* dirancang untuk pengujian dan pengembangan teknologi radio generasi modern dan seterusnya. *HackRF One* adalah *platform* perangkat keras yang dapat digunakan untuk perangkat USB atau diprogram untuk operasi yang berdiri sendiri. Fitur dari *HackRF One* adalah sebagai berikut:

- Frekuensi operasi berkisar antara 1 MHz hingga 6 GHz
- *Half-duplex transceiver*
- Sampel kuadratur 8-bit (8-bit I dan 8-bit Q)
- Kompatibel dengan GNU Radio, SDR, dan lainnya
- *Sampling* yang digunakan hingga 20 juta *samples per second*
- *Software* yang dikonfigurasi Rx dan Tx *gain*, dan *baseband filter*
- *SMA female antenna connector*
- *SMA female clock input and output for synchronization*
- Tombol yang mudah digunakan untuk pemrograman
- *Hi-Speed* USB 2.0
- *USB-powered*
- *Open source hardware*

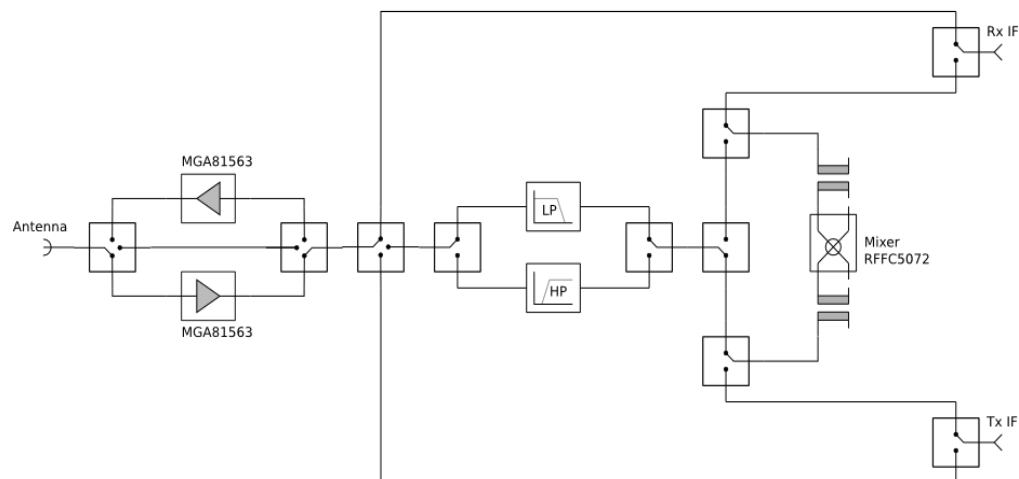
HackRF One memiliki *molded injection* plastik dan dilengkapi dengan kabel USB mikro. Antena ANT500 direkomendasikan sebagai antena *starter* untuk *HackRF One* [7].

2.5 Rangkaian *HackRF One Frontend*

Papan *HackRF One* memiliki karakteristik fleksibilitas yang tinggi untuk memilih jalur sinyal. Pengguna dapat mengatur sakelar RF pada setiap titik untuk memilih berbagai macam komponen pemograman.

Gambar 2.2 menunjukkan rangkaian *HackRF one front end*. Hal pertama yang dilewati adalah *input* antena, kemudian melewati dua *amplifier* MGA-81 GaAs MMIC. Kedua *amplifier* ini memiliki dua fungsi yaitu untuk melayani jalur *input* dan jalur *output*. Jalur sinyal *input* dan *output* yang dilewati pada *Amplifier ICs* dapat dipilih dengan *RF switches*.

Blok selanjutnya yaitu melewati LPF dan HPF yang digunakan untuk membatasi sinyal disalah satu jalur (*input* atau *output*). Setelah itu filter sinyal tiba di *RF mixer* RFFC 5071 yang digunakan sebagai pencampuran sinyal ke atas atau ke bawah tergantung pengguna memprogram. *Mixer* dan filter dapat dilewati *switch* RF agar sinyal IF dapat dialihkan langsung ke *amplifier* atau langsung ke antena [8]. Rangkaian *HackRF One* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rangkaian *HackRF One*

Keterangan:

- MGA 81563: *Amplifier*
- LP : *Low Pass*
- HP : *High Pass*
- Tx : *Transmitter*
- Rx : *Receiver*

2.6 UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) atau yang dikenal sebagai pesawat tanpa pilot adalah pesawat yang dikendalikan secara otomatis oleh program komputer yang telah dirancang. Pesawat ini dikendalikan oleh pilot yang berada di dataran atau kendaraan lainnya [9]. Sejarah mencatat bahwa ide pesawat tanpa pilot pertama digunakan sejak 22 Agustus 1849 oleh militer. Bahkan, saat ini Presiden Indonesia Joko Widodo mengusulkan untuk menggunakan UAV sebagai alat

pertahanan untuk menjaga pertahanan, keamanan, dan kedaulatan Republik Indonesia.

UAV dilengkapi berbagai perangkat lain seperti kamera, sensor, alat komunikasi, dan perangkat-perangkat yang lain. Pesawat ini tidak dapat menampung manusia sebagai penumpang, namun hanya dapat digunakan sebagai pesawat pemantauan. Pemantauan yang dilakukan oleh UAV ini membutuhkan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan pesawat yang berpenumpang dan kapal laut. Selain itu juga, pesawat tanpa awak memiliki resiko yang kecil jika dioperasikan dalam kondisi yang sulit seperti cuaca ekstrem.

2.7 Frekuensi yang digunakan UAV

Remote control tahun 1980-1990 menggunakan lisensi *bands* 27 MHz dan 35 Mhz. Sistem 27 Mhz sering digunakan untuk *toys* dan sistem 35 Mhz untuk *remote control*. Sejak beberapa tahun kemudian *band* 2.4 Ghz menjadi frekuensi yang paling banyak diminati untuk *remote control* karena beralih ke teknologi digital dan lebih murah. Sistem 2.4 Ghz sering menggunakan teknologi *Spread-Spectrum* dan tidak rentan oleh interferensi. *Transmitter* dan *receiver* saling terikat, kemungkinan menghilangkan *transmitter* lain yang terhubung ke *receiver*. *Transmitter* dengan band 35 Mhz pada saluran yang sama dapat mengambil kendali dan juga dapat menyebabkan gangguan satu sama lain.

Berikut ini adalah beberapa keuntungan sistem 2.4 Ghz:

1. Seluruh dunia dialokasikan sebagai bebas lisensi
2. Biaya rendah untuk pengguna

3. Bit *rate* yang lebih tinggi dengan *delay* yang rendah dan kontrol yang lebih presisi
4. Tidak rentan terhadap gangguan luar daripada saluran 35 MHz
5. Konsumsi energi yang rendah untuk *transmitter*
6. Lebih banyak pengguna bisa bekerja secara paralel
7. Antena lebih pendek untuk *transmitter* dan *receiver*, sehingga memudahkan untuk berintegrasi
8. Pengaturan *fail safe* dimungkinkan saat sinyal hilang

Sistem UAV dengan *band* 2.4 Ghz adalah pilihan terbaik. Spektrum lainnya yang digunakan oleh UAV adalah 433 MHz, 868 Mhz, dan 5.8Ghz. Band 2.4 GHz paling banyak digunakan untuk kontrol, 5.8 GHz paling banyak digunakan untuk untuk video, dan 433 MHz dan 868 MHz digunakan untuk telemetri [10].

2.8 Syma X5HW

Syma X5HW merupakan pesawat tanpa awak tipe *multirotor* karena menggunakan sayap yang berputar-putar agar pesawat dapat terbang. Berikut ini adalah beberapa spesifikasi dari pesawat tanpa awak tipe Syma X5HW [11]:

- a. Baterai: 3.7 V 600 mAh Li-poly
- b. Baterai *Trasmitter*: 4 “AA”
- c. Waktu *Charging*: 130 menit
- d. *Flying Time*: 5-7 menit
- e. Kendali jarak: 30 – 50 meter
- f. Ukuran pesawat: 33 X 33 X 11 cm
- g. Frekuensi: 2.4 Ghz

2.9 Modulasi dan Demodulasi

Modulasi adalah proses penumpangan frekuensi sinyal informasi terhadap frekuensi sinyal *carrier*. Modulasi dapat melakukan proses dimana parameter suatu gelombang dapat diubah-ubah tergantung pada besarnya modulasi yang diberikan [12]. Demodulasi adalah suatu proses sinyal modulasi yang terbentuk kembali seperti sinyal aslinya dari gelombang pembawa yang termodulasi [13]. Rangkaian yang diperlukan untuk modulasi disebut modulator, rangkaian yang diperlukan untuk demodulasi disebut demodulator [14].

2.9.1 Modulasi Digital

Modulasi digital adalah proses penumpangan sinyal informasi berupa sinyal digital terhadap sinyal *carrier*. Modulasi sinyal digital dibagi menjadi tiga yaitu ASK, FSK, dan PSK [15].

a. *Amplitude Shift Keying* (ASK)

Modulasi digital *Amplitude Shift Keying* (ASK) merupakan proses penumpangan sinyal digital terhadap sinyal *carrier* dengan mengubah-ubah karakteristik dari amplitudo dengan frekuensi dan fasa tetap

b. *Frequency Shift Keying* (FSK)

Modulasi *Frequency Shift Keying* (FSK), frekuensi sinyal *carrier* bervariasi untuk mewakili biner 0 dan 1 dengan amplitudo puncak dan fasa tetap konstan setiap interval bit. Frekuensi yang digunakan untuk bit 1 dinamakan *mark*, sedangkan frekuensi yang digunakan pada bit 0 dinamakan *space*.

c. *Phase Shift Keying* (PSK)

Modulasi digital *Phase Shift Keying* (PSK) merupakan proses penumpangan sinyal digital terhadap sinyal *carrier* dengan mengubah-ubah karakteristik fasa dengan amplitudo dan frekuensi tetap konstan.

2.10 *Analog to Digital Converter* (ADC)

Analog to digital converter (ADC) merupakan hal yang sangat penting untuk mengubah sinyal masukan analog menjadi sinyal keluaran digital. ADC juga memiliki peran penting sebagai antar muka untuk menganalisa data analog dengan komputer digital. Sistem komunikasi digital pada ADC untuk mentransmisikan sinyal analog sebagai sisi pengirim kemudian digitalisasi disisi penerima. Proses pengubahan data dalam bentuk digital membutuhkan konversi sinyal analog yang bersifat kontinyu dalam bentuk bit-bit biner diskrit [16].

2.11 *Bit Error Rate* (BER)

Bit Error Rate (BER) adalah jumlah kesalahan bit per satuan waktu yang digunakan sebagai pengukuran kinerja sistem radio dalam komunikasi digital. Secara singkat *Bit Error Rate* (BER) dapat dirumuskan sebagai berikut [17]:

$$BER = \frac{\text{Error}}{\text{Jumlah total bit}} \dots\dots\dots (2.1)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menganalisa secara matematis. Pembahasan diawali dengan mempelajari demodulasi FSK sebagai demodulator dari sisi penerima, menentukan parameter perhitungan, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan matematis persamaan modulasi dan demodulasi FSK. Kemudian dimodelkan menggunakan rangkaian *simulink*.

3.1 Tahapan Penelitian

Penyelasain skripsi ini ada beberapa tahapan penelitian antara lain:

1. Studi Literatur

Tahap ini, penulis mempelajari materi yang berkaitan dengan skripsi. Materi diperoleh melalui berbagai referensi atau sumber-sumber ilmiah seperti jurnal, buku, dan website resmi yang berkaitan dengan skripsi

2. Studi Bimbingan

Studi bimbingan pada tahap ini dilakukan dengan berdiskusi dengan dosen pembimbing serta bertukar pikiran sehingga menambah wawasan penulis dalam pengerjaan skripsi

3. Mempelajari FSK sebagai Demodulator

Tahap ini mempelajari modulasi FSK sebagai demodulator.

4. Menentukan parameter perhitungan

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui parameter apa saja yang dibutuhkan dalam perhitungan dilihat dari perekaman sinyal pada URH (*Universal Radio Hacker*)

5. Melakukan perhitungan matematis dengan persamaan modulasi FSK

Setelah menentukan parameter perhitungan, tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan matematis dengan persamaan modulasi FSK menggunakan rangkaian *simulink*. Melalui tahap ini, hasil yang didapat dari persamaan berupa bilangan biner

6. Membandingkan hasil data hasil yang dikirim dengan data hasil yang diterima

Tahap ini bertujuan untuk membanding hasil data yang dikirim saat proses modulasi kemudian dibandingkan dengan proses demodulasi. Dengan demikian dapat dilihat apakah hasil data yang dikirim sama dengan hasil data yang diterima

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian skripsi ini dilaksanakan pada:

Waktu : Agustus 2017 – April 2018

Tempat : Laboratorium Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro
Universitas Lampung

3.3 Peralatan yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Satu buah laptop
2. Satu buah *HackRF One*

3. Satu buah UAV

Laptop yang digunakan pada penelitian ini jenis ASUS core i.3 yang digunakan sebagai pengolahan perangkat lunak seperti GQRX dan URH. *HackRF One* yang dibutuhkan pada penelitian ini versi *Great Scott Gadgets*. Perangkat keras *HackRF One* diolah menggunakan perangkat lunak seperti URH yang berfungsi sebagai perekaman sinyal pada *Remote Control* (RC). Jenis UAV yang digunakan yaitu tipe Syma X5HW.

3.4 Spesifikasi Perangkat

Spesifikasi perangkat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat

<i>HackRf One</i>	<i>Universal Radio Hacker (URH)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Platform hardware yang digunakan sebagai perangkat USB untuk berdiri sendiri 	<ul style="list-style-type: none"> • Antarmuka hardware untuk SDR umum
<ul style="list-style-type: none"> • Frekuensi operasi: 1MHz - 6 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • Demodulasi yang mudah
<ul style="list-style-type: none"> • half-duplex transceiver 	<ul style="list-style-type: none"> • Memberi tugas participants untuk menjaga peninjauan data
<ul style="list-style-type: none"> • Port daya antena yang dikontrol software maksimal 50 mA pada 3,3 V 	<ul style="list-style-type: none"> • Decoding yang dapat diuraikan untuk memecahkan pengkodean yang rumit

3.5 Capaian Penelitian

Tabel capaian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pencapaian pengerjaan skripsi yang sudah dilakukan. Dengan adanya tabel capaian ini diharapkan memudahkan penulis untuk penulisan laporan hasil tugas akhir. Adapun penjelasan tabel capaian penelitian yang dikerjakan sebagai berikut:

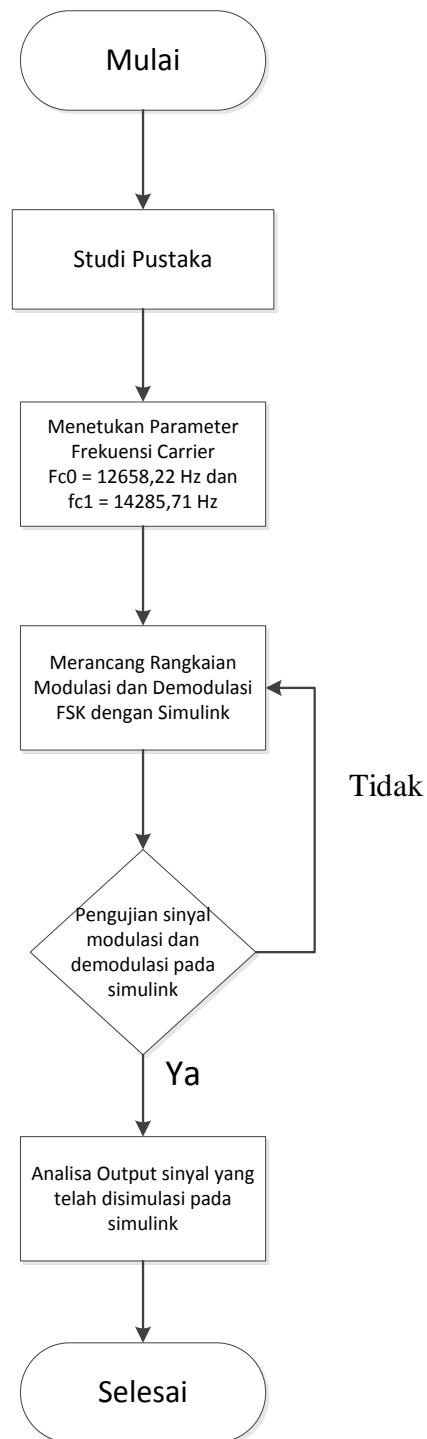
Tabel 3.2 Capaian Penelitian

No	Task, Goal, Description, dan Output
1	Task : Mempelajari <i>HackRf One</i>
	Goa : Mengetahui spesifikasi <i>HackRf One</i>
	Description : <i>HackRF One</i> adalah SDR (<i>Software Defined Radio</i>) <i>pheripheral</i> yang mampu mentransmisikan atau menerima sinyal radio. <i>HackRF One</i> dirancang untuk pengujian dan pengembangan teknologi radio generasi modern dan seterusnya
	Output : Frekuensi operasi HackRFOne berkisar 1 MHz hingga 6 GHz
2	Task : Mempelajari tentang UAV
	Goal : Mengetahui prinsip kerja UAV
	Description : UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>) atau yang dikenal sebagai pesawat tanpa pilot adalah pesawat yang dikendalikan secara otomatis oleh program komputer yang telah dirancang
	Output : UAV dapat dikendalikan dari jarak jauh oleh sebuah RC dimana pilot berada di darat
3	Task : Mempelajari tentang frekuensi yang digunakan UAV
	Goal : Untuk mengetahui frekuensi kerja RC pada UAV
	Description : RC memancarkan sinyal ke segala arah dengan band 2.4 GHz. Spektrum lainnya yang digunakan oleh UAV adalah 433 MHz, 868 Mhz, dan 5.8Ghz. band 2.4 GHz paling banyak digunakan untuk kontrol, 5.8 GHz paling banyak digunakan untuk untuk video, dan 433 MHz dan 868 MHz digunakan untuk telemetri
	Output : Mendapatkan 4 kanal frekuensi yang digunakan RC dengan frekuensi kerja 2.4 GHz. Frekuensi 2.4 GHz dibagi menjadi 4 kanal frekuensi: 2.417 ;2,433 ;2,449; 2,465
4	Task : Mempelajari tentang <i>Software Defined Radio</i> (SDR)
	Goal : Mengetahui blog diagram dari <i>Software Defined Radio</i> (SDR) <i>receiver</i>
	Description : <i>Software Defined Radio</i> (SDR) adalah suatu <i>platform</i> untuk sistem komunikasi radio dimana <i>hardware</i> diatur oleh <i>software</i> computer
	Output : diagram blok perangkat lunak <i>Software Defined Radio</i> (SDR) <i>receiver</i> memiliki beberapa tahap proses. Salah satu dari penelitian ini adalah mengetahui modulasi apa yang akan cocok untuk pengambil alihan UAV, untuk mengetahui modulasi apa yang digunakan maka dapat dilihat pada blog dikagram SDR <i>receiver</i>
5	Task : Mempelajari modulasi Digital

	Goal	: Mengetahui persamaan ambil alih dari modulasi yang sesuai dengan output dari proses pengambilalihan UAV
	Description	: Modulasi digital adalah proses penumpangan sinyal informasi berupa sinyal digital terhadap sinyal <i>carrier</i> . Modulasi sinyal digital dibagi menjadi tiga yaitu ASK, FSK, dan PSK
	Output	: Mendapatkan output dari pengambilalihan UAV berupa bilangan biner kemudian dibandingkan dengan melihat hasil persamaan modulasi digital yang telah ditentukan
6	Task	: membuat laporan hasil penelitian
	Goal	: Menulis hasil yang diperoleh disertai dengan analisis
	Description	: Penulisan laporan hasil kerja penelitian kemudian didiskusikan kepada pembimbing
	Output	: Setelah berdiskusi dengan pembimbing maka laporan siap untuk di seminarkan

3.7 Diagram Alir Penelitian

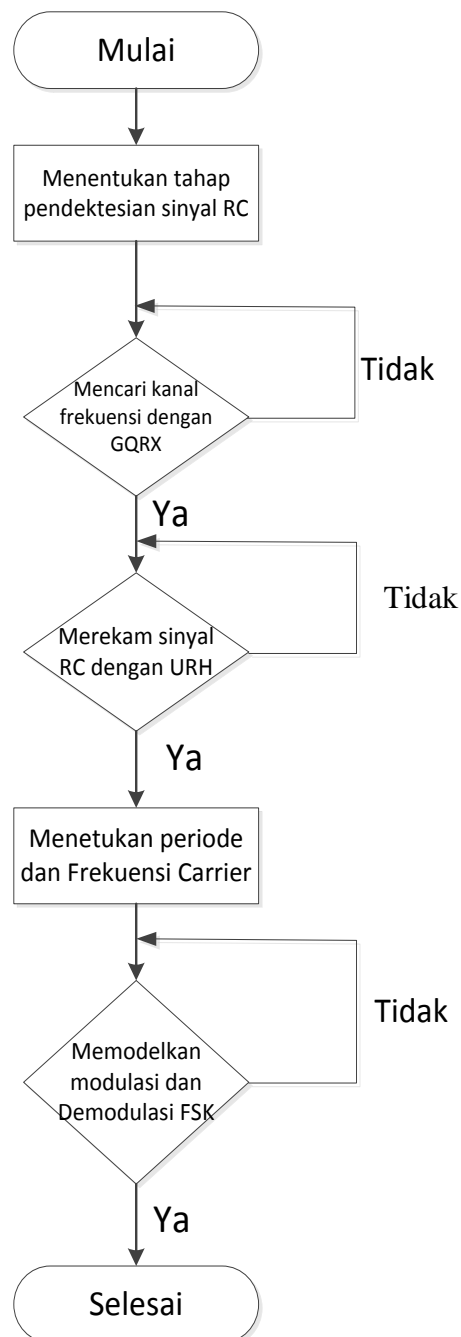
Berikut ini adalah tahapan penelitian dalam bentuk *flowchart* agar memudahkan dalam memahami langkah-langkah penelitian yang telah direncanakan:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.8 Diagram Alir Ambil Alih Sinyal *Remote Control* (RC) pada UAV

Langkah-langkah penelitian pada ambil alih sinyal *Remote Control* (RC) pada UAV dibuat dalam bentuk *flowchart* agar mudah memahami tiap tahap penelitian yang akan dilakukan:



3.2 Diagram Alir Ambil Alih Sinyal *Remote Control* (RC)

3.9 Modulasi dan Demodulasi FSK

Proses ambil alih UAV dilakukan beberapa tahap. Salah satu tahap yang dikerjakan yaitu proses modulasi. Modulasi yang digunakan untuk proses ini adalah modulasi FSK karena perekaman sinyal pada URH yang sesuai untuk proses ambil alih UAV adalah modulasi FSK. Persamaan untuk membangkitkan frekuensi sinyal FSK akan dijabarkan sebagai berikut [17]:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_{c1} t) & \text{biner 0} \\ A \cos(2\pi f_{c2} t) & \text{biner 1} \end{cases} \dots\dots\dots (3.1)$$

Untuk mendapatkan f_{c1} dan f_{c2} dapat diperoleh dengan:

$$f_{c1} = \frac{1}{T}$$

$$f_{c2} = \frac{1}{T} \dots\dots\dots (3.2)$$

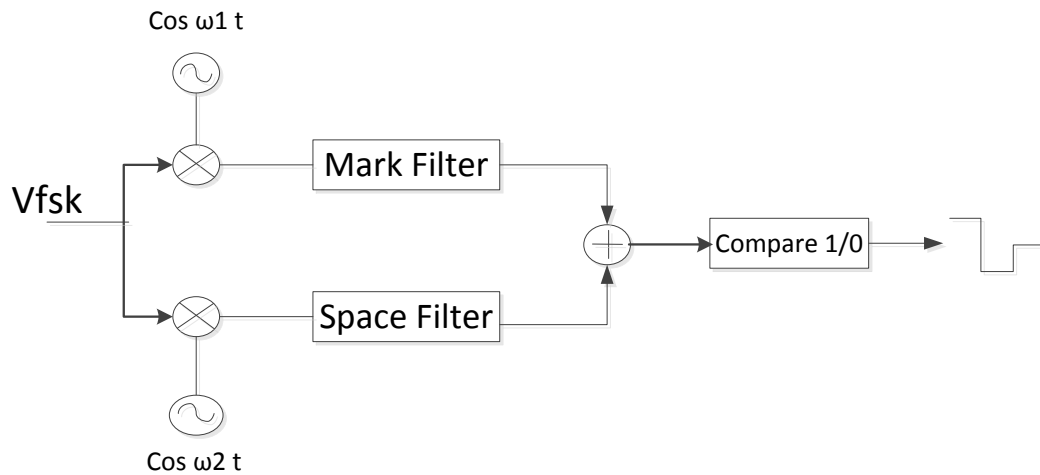
dimana:

A: Amplitudo

f_c : Frekuensi *Carrier* (Hz)

T: Periode (s)

Sinyal RC yang telah termodulasi kemudian didemodulasi untuk mendapatkan sinyal asli kembali. Proses demodulasi FSK dapat dilihat pada blok diagram Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Diagram Demodulasi FSK

Sinyal data diterima V_{fsk} dikalikan dengan *Local Oscillator* (LO) untuk membangkitkan sinyal frekuensi yang terdiri dari $(\cos \omega_c - \Delta\omega)t$ untuk digit logika 0 dan $(\cos \omega_c + \Delta\omega)t$ untuk digit logika 1. Hasil keluaran sinyal kemudian diteruskan ke filter. Setelah di filter hasil sinyal digabungkan untuk mendapatkan sinyal asli kembali. Jika *output* dari filter *mark* lebih besar daripada filter *space*, maka sinyal filter *mark* di transmisikan. Sebaliknya, jika *output* dari filter *space* lebih besar dibandingkan filter *mark*, maka sinyal yang ditransmisikan filter *space*. Hasil dari sinyal yang telah di *compare* berupa sinyal kotak seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 [18].

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dikerjakan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam konsep teoritikal mekanisme pengambilalihan UAV yang dilakukan adalah mencari kanal frekuensi RC, merekam sinyal RC, menentukan periode dan frekuensi *carrier*, serta memodelkan modulasi dan demodulasi FSK dengan *simulink*
2. Data sinyal yang dikirim saat termodulasi hasilnya sama dengan saat sinyal telah di demodulasi. Nilai $T_0 = 79 \mu s$ dan $T_1 = 70 \mu s$, sehingga diperoleh $fc_0 = 12658,22 \text{ Hz}$ dan $fc_1 = 14285,71 \text{ Hz}$

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dan kesimpulan di atas, maka dapat disarankan bahwa:

Sebaiknya penelitian ini dilanjutkan dengan membandingkan mekanisme pengambil alihan UAV dengan menggunakan modulasi ASK atau PSK

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. J. Ijspeert, "*Hacking and controlling toy flyers*", 2011.
- [2] H. Shin, "*Security Analysis of FHSS-type Drone Controller*".
- [3] E. Marpanji, "Aplikasi Platform Komputasi *Software Defined Radio* (SDR) Untuk *Digital Spectrum Analyzer*," Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY, 2007.
- [4] "*Software Enabled Wireless Interoperability Assessment Report—Software Defined Radio Subscriber Equipment*", PSWN Program, 2002.
- [5] D. V. A. Prasad, "*Low Power Reconfigurable Digital Filter Banks for Software Defined Radio Handset*", Singapore: Nanyang Technologi University, 2007.
- [6] R. H. Hosking, "*Software-Defined Radio Handbook*", New Jersey: Pentek, Inc., 2017.
- [7] M. Ossman. (2016, Agustus 2017) *.HackRF One* [online]. Tersedia di: <http://greatscottgadgets.com/hackrf>.
- [8] Ekki Plicht.(2014, Maret 2018). *HackRF One SDR test equipment 10 – 6000 MHz* [online]. Tersedia di: http://www.dolstra.nl/Ham-radio/SDR_Tranceivers/HackRF%20One%20SDR/HackRF%20One%20SDR..
- [9] "*Drone Technology: Types, Payloads, Applications, Frequency Spectrum Issues and Future Developments*," Netherlands: t.m.c. asser press, 2016.
- [10] "Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis Pada UAV(*Unmanned Aerial Vehicle*) dengan GPS(*Global Positioning System*) Waypoint," Jurnal Teknik ITS, Vol. 1 , No.2, 2016.
- [11] H. Chao, "*Autopilots for Small Unmanned Aerial Vehicles: A Survey*," *International Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 8, pp. 36-

44, 2010.

- [12] Y. F. N. Rosid, "Perancangan Simulator Modulasi dan Demoduasi BPSK," *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 1, p. No.2, 2015.
- [13] I. M. S. Wiryawan, "Perancangan Simulator Modulasi dan Demoduasi AM Menggunakan LabView", *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 1, p. No.2, 2015.
- [14] Y. F. N. Rosid, "Perancangan Simulator Modulasi Dan demoodulasi BPSK dan QPSK Menggunakan Labview," *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 1, p. No.2, 2015.
- [15] N. S. Pamungkas, "Perancangan Simulator Modulasi dan Demodulasi ASK Dan FSK Menggunakan LabView," *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 1, p. 1349, 2015.
- [16] A. H. Saptadi, "Perbandingan Waktu Konversi antara ADC 8 bit dan 10 bit dalam Mikropengendali ATMega8535," Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI), 2013.
- [17] N. Vlajic, "*Analog Transmission of Digital Data: ASK, FSK, PSK, QAM*", CSE 3213, 2010.
- [18] Sigit Kusmaryanto, "Diktat kuliah: Sistem Transmisi Komunikasi," Teknik Elektro UB, 2004.
- [19] Gary Breed, "*Bit Error Rate: Fundamental Concepts and Measurement Issues*," Tehnical Media, 2003