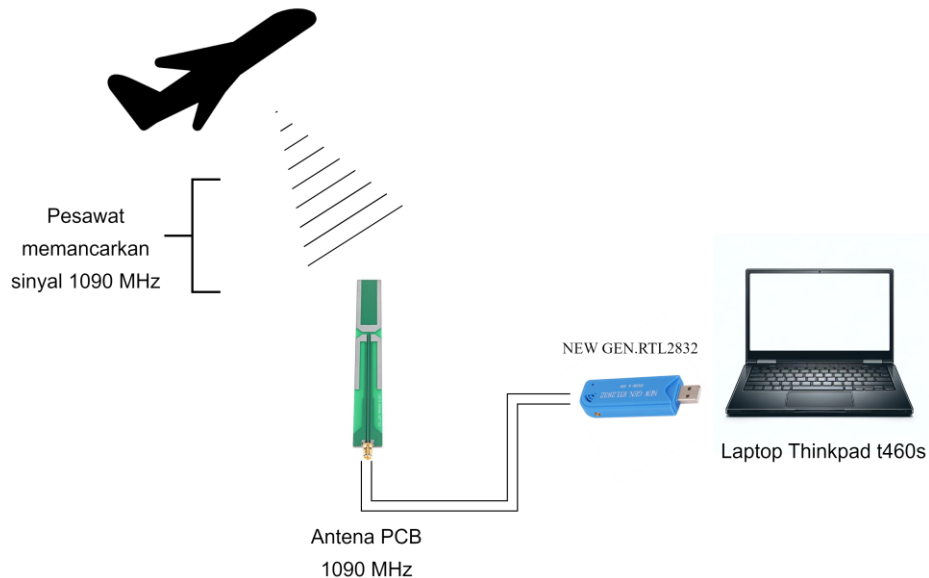


BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Sistem

Pada Gambar 3.1 menampilkan gambaran sistem yang merupakan inti dari penelitian ini, dimana akan dijelaskan secara terperinci mengenai konfigurasi dan fungsi dari setiap komponen dalam sistem pemantauan penerbangan. Mulai dari pesawat sebagai pengirim sinyal, alat penerima sinyal berbasis antenna PCB, hingga proses akhir penerimaan data menggunakan SDR yang terhubung dengan laptop.



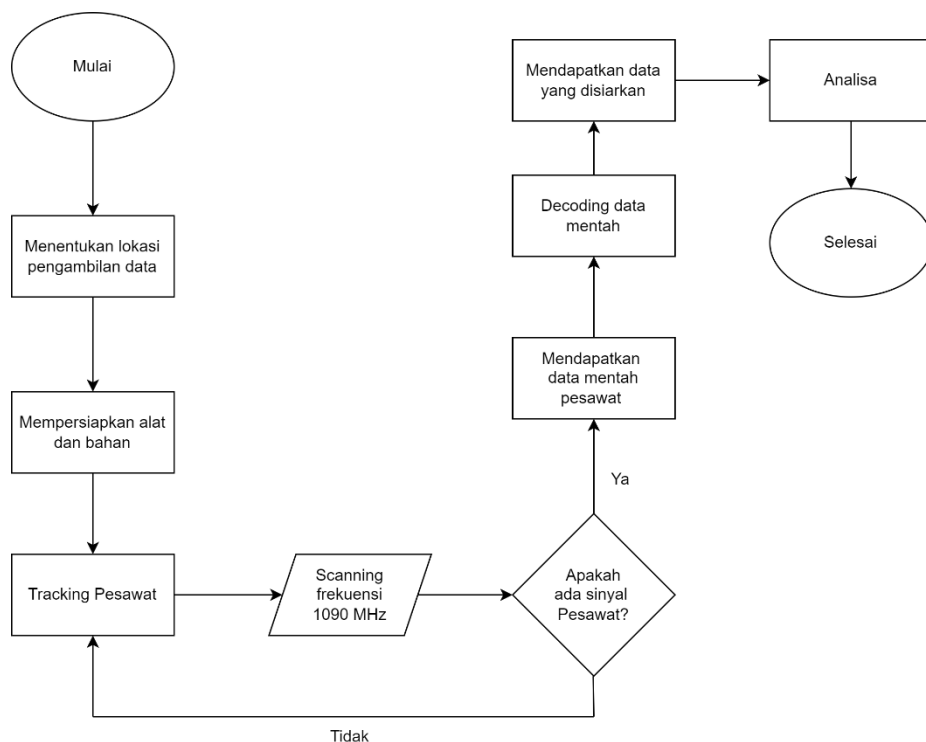
Gambar 3.1 Gambaran sistem

Pada Gambar 3.1 merupakan tampilan sinyal 1090 MHz yang dipancarkan dari *transponder* pesawat yang didalamnya terdapat sinyal ADS-B *transmitter*. Kemudian sinyal tersebut lalu diterima oleh antenna *Printed Circuit Board* (PCB) yang terhubung ke *dongle* NEW GEN RTL SDR 2832 lalu masuk ke *software* RTL1090 untuk menerjemahkan data Asterix atau format data yang digunakan dalam sistem radar dan pertukaran informasi penerbangan yang didapatkan seperti 24 bit ICAO *aircraft address*, *Nationality*, *Ident* atau *Squawk*, *Altitude*, *Latitude*,

Longitude, Speed, Heading dan *Track* kemudian data tersebut ditampilkan oleh *webservice* virtual radar *server* dengan tampilan peta/*map*.

3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan langkah-langkah atau prosedur yang diikuti dalam melakukan sebuah penelitian. Pada penelitian pemantauan ADS-B pada pesawat terbang berbasis RTL-SDR penulis membagi alur menjadi beberapa tahapan. Prosesnya dapat dilihat seperti *flowchart* pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Flowchart* penelitian

Pada Gambar 3.2 terdapat sebuah *flowchart* yang mendeskripsikan langkah demi langkah dalam proses penelitian yang terkait dengan pelacakan dan analisis data pesawat. Berikut ini adalah penjelasan dari setiap blok dalam *flowchart* tersebut:

1. Mulai

Merupakan titik awal dari proses penelitian yang ditunjukkan dalam *flowchart*.

2. Menentukan lokasi pengambilan data

Peneliti memilih lokasi yang strategis untuk mengumpulkan data penting untuk efektivitas proses *tracking* yaitu disekitar area Bandara.

3. Mempersiapkan alat dan bahan

Setelah lokasi ditetapkan langkah berikutnya adalah menyiapkan semua peralatan dan bahan yang dibutuhkan untuk pelacakan, termasuk SDR, kabel, antena, laptop, dan *software* yang relevan.

4. *Tracking* Pesawat

Dengan peralatan yang sudah siap, proses *tracking* pesawat dimulai. Peralatan ini digunakan untuk memantau dan mengidentifikasi pesawat yang lewat.

5. *Scanning* frekuensi 1090 MHz

Pada frekuensi ini *transponder* pesawat mengirimkan sinyal ADS-B yang mengandung informasi tentang pesawat tersebut. Proses *scanning* bertujuan untuk menangkap sinyal-sinyal ini.

6. Apakah ada sinyal Pesawat?

Merupakan titik pemeriksaan untuk menentukan apakah sinyal dari pesawat telah berhasil ditangkap. Jika tidak, maka proses *scanning* akan berlanjut. Jika ya maka akan berpindah ke tahap berikutnya.

7. Mendapatkan data mentah pesawat

Ketika sinyal pesawat terdeteksi data mentah yang terkandung dalam sinyal tersebut akan diambil untuk diolah lebih lanjut.

8. Decoding data mentah

Data mentah yang diperoleh dari sinyal ADS-B kemudian di-*decode*. Proses ini mengubah data mentah menjadi informasi yang dapat dipahami dan bermanfaat.

9. Mendapatkan data yang disiarkan

Setelah proses *decoding*, peneliti akan memperoleh data yang diinginkan, seperti identitas pesawat, ketinggian, kecepatan, dan lain-lain.

10. Analisa

Dengan semua informasi yang diperoleh, peneliti dapat menganalisis data tersebut untuk memenuhi tujuan penelitiannya.

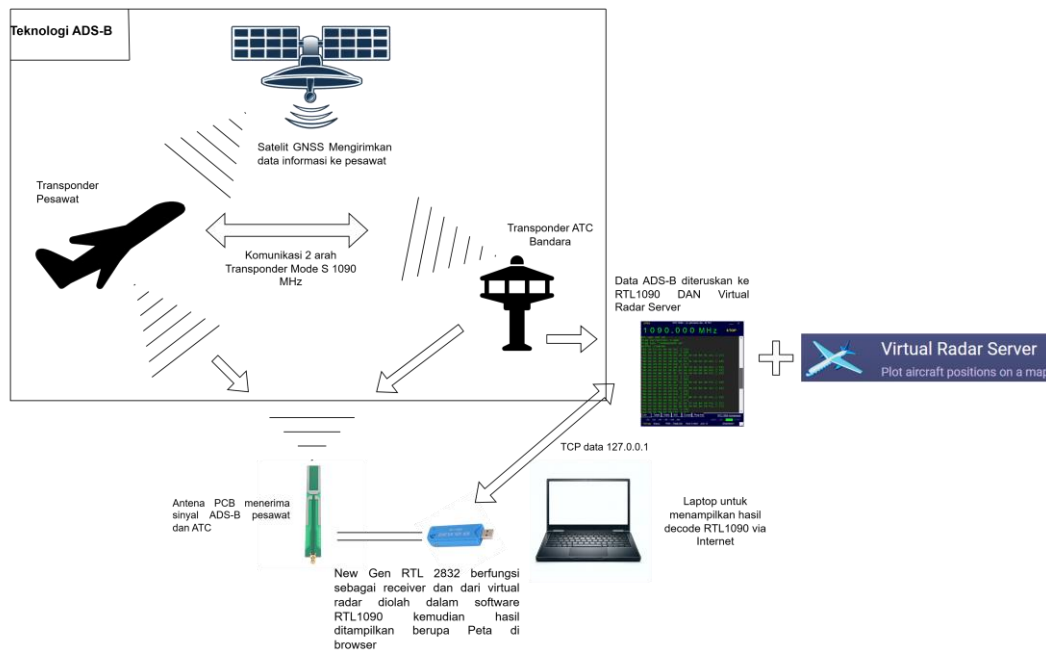
3.3 Penentuan Kebutuhan Sistem

Berikut adalah beberapa analisis kebutuhan sistem teknis diantaranya secara perangkat keras dan perangkat lunak berikut keterangan lengkap tersebut:

1. USB NEW GEN TRL-SDR 2932
2. Antenna PCB 1090 MHz
3. Kabel Extender RG174 2m
4. Laptop Thinkpad T460s
5. *Internet*
6. Zadig Ver 2.4
7. Perangkat Lunak Virtual Radar Server Ver.2.4.4
8. Perangkat Lunak RTL1090 Ver.3.0.4

3.4 Desain Sistem

Penggunaan teknologi *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast* (ADS-B) dalam pemantauan penerbangan telah menjadi aspek penting dalam industri penerbangan karena kontribusinya terhadap peningkatan efisiensi dan keselamatan. Sistem ADS-B memfasilitasi transmisi informasi terus menerus dari pesawat terkait posisi, kecepatan, dan identitas pesawat, baik ke stasiun pemantauan di darat maupun ke pesawat lain dalam radius operasional. Untuk memastikan pengimplementasian ADS-B yang efisien dan efektif, penting untuk memiliki rancangan sistem *radar virtual* yang detail dan akurat. Hal ini melibatkan penggunaan antena PCB untuk menangkap sinyal ADS-B secara optimal dan menggunakan *Virtual Radar* sebagai platform untuk memproses dan menampilkan data tersebut.



Gambar 3.3 Desain sistem

Gambar 3.3 memperlihatkan desain sistem pemantauan lalu lintas udara. Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan dan menampilkan data pesawat melalui *webservice*. Proses ini berawal dari pemanfaatan sinyal ADS-B yang dipancarkan oleh pesawat, dimana *transponder* pesawat berperan sebagai pemancar informasi. Sinyal ini mengandung data identitas pesawat, ketinggian, dan kecepatan, yang diterima oleh stasiun di darat.

Komunikasi dua arah antara *transponder* pesawat dan *Transponder ATC Bandara* memainkan peran penting dalam sistem ini. Transponder bandara, terutama di menara kontrol, bertugas menerima dan mengirimkan sinyal untuk navigasi dan pengawasan lalu lintas udara. Sistem ini juga melibatkan Antena PCB yang mampu mendeteksi sinyal ADS-B dari berbagai arah dan memungkinkan pengumpulan data yang lebih luas dan akurat.

Terakhir data yang diterima ATC diolah oleh *Virtual Radar Server*. Server ini mengonversi data menjadi visualisasi posisi pesawat pada peta interaktif yang dapat diakses secara *online*. Proses transmisi dan penerimaan data menggunakan protokol TCP/IP dengan alamat IP 127.0.0.1 yang biasa digunakan untuk pengujian jaringan lokal. NEW GEN RTL2832 sebagai penerima sinyal RTL-SDR dan radar

virtual serta laptop yang berfungsi sebagai perangkat dan memungkinkan peneliti melihat data lalu lintas udara secara *real-time*.

3.4.1.1 Bandara

Bandara atau bandar udara merupakan sebuah area atau fasilitas yang digunakan untuk penerbangan dan pendaratan pesawat terbang. Bandara biasanya mencakup landasan pacu (*runway*), terminal penumpang, dan fasilitas pendukung lainnya seperti menara kontrol, hanggar, dan area parkir pesawat. Dalam penelitian ini peneliti akan melakukan pengamatan di dua lokasi Bandara, yaitu Bandar Udara Jenderal Besar Soedirman dan Yogyakarta International *Airport*.



Gambar 3.4 Bandara JB Soedirman

Gambar 3.4 menampilkan Bandara Wirasaba yang juga dikenal dengan nama Bandara Jenderal Besar Soedirman, berlokasi di koordinat *latitude* -7.516111 dan *longitude* 109.294444 di Desa Wirasaba, Kecamatan Bukateja, Kabupaten Purbalingga di Provinsi Jawa Tengah. Bandara ini berawal dari sebuah landasan yang digunakan oleh TNI Angkatan Udara dan telah berkembang menjadi bandara komersial. Pengoperasian Bandara Wirasaba sebagai bandara komersial dimulai pada 1 Juni 2021 dengan penerbangan komersial perdana yang terjadi pada tanggal 3 Juni 2021.



Gambar 3.5 Bandara YIA

Bandara Yogyakarta *International Airport* (YIA) yang terletak di koordinat *latitude* -7.905959 dan *longitude* 110.060547 di Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta, merupakan bandara dengan desain arsitektur modern yang menggabungkan unsur tradisional khas Yogyakarta seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.5. Bandara ini mulai beroperasi pada tahun 2019 dan menggantikan Bandara Adisutjipto pada tahun 2020. Sejak itu jumlah penumpang terus meningkat, dengan total 2,94 juta penumpang pada tahun 2022, termasuk penumpang domestik dan internasional.

3.5 Kebutuhan untuk *Hardware* dan *Software*

3.5.1 *Hardware*

Hardware yang dipakai dalam pembangunan sistem monitoring lalu lintas penerbangan meliputi:

Tabel 3.1 *Hardware* yang dipakai

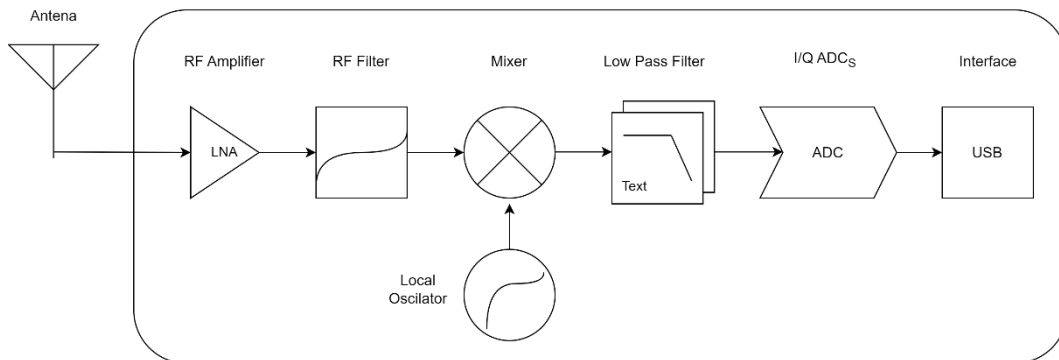
Nama Perangkat	Jenis Perangkat dan Fungsi
NEW GEN.RTL2832	Sebagai penerima sinyal DVB-T dan DAB dan perangkat ini bertugas untuk menerima sinyal televisi dan radio, tetapi juga dapat dijadikan sebagai perangkat penerima sinyal eksperimen.
Laptop	Sebagai pembawa tampilan antar muka melalui <i>internet</i> atau <i>web browser</i> .
Kabel Extender RG174	Berfungsi untuk menempatkan antena di lokasi yang lebih optimal, seperti di luar ruangan atau di tempat yang lebih tinggi, guna mendapatkan penerimaan sinyal yang lebih baik.
Antena PCB 1090MHz	Antena PCB 1090MHz berfungsi untuk menerima atau mengirim sinyal radio secara efisien pada frekuensi 1090MHz, khususnya untuk sinyal ADS-B yang digunakan dalam pemantauan lalu lintas udara.

3.5.1.1 NEW GEN.RTL2832

NEW GEN.RTL2832 merupakan sejenis perangkat penerima SDR yang populer di kalangan penggemar radio. RTL2832U merupakan *chipset* yang biasanya digunakan dalam *dongle* USB DVB-T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*) yang terjangkau. Ketika digabungkan dengan *software* tertentu perangkat ini dapat digunakan untuk menerima berbagai jenis transmisi radio termasuk FM, AM, SSB, ADS-B dan lain-lain dalam berbagai frekuensi. Berikut ini Spesifikasi NEW GEN.RTL2832 :

Tabel 3.2 Parameter SDR NEW GEN. RTL2832

Spesifikasi	Detail
Demodulator	Realtek RTL2832
Receiver	Realtek R820T2
Range Frekuensi	24-1760 MHz
Tuner	Rafael Micro R820T2
Bandwith	3.2 MHz
ADC	8-bit
Noise Figure	< 4.5dB
Input impedance	75 Ohm



Gambar 3.6 Tampilan blok diagram SDR NEW GEN. RTL2832

Pada tampilan blok diagram diatas pada Gambar 3.6 menampilkan sebuah penerima SDR di mana sinyal yang ditangkap oleh antena diperkuat oleh LNA (*Low Noise Amplifier*) dan frekuensinya disaring. Mixer bersama dengan *local oscillator* mengonversi sinyal tersebut menjadi *baseband I/Q*. Kemudian *lowpass filters* memurnikan sinyal sebelum ADC mengubahnya menjadi format digital. Sinyal digital ini selanjutnya dikirim ke laptop *via* USB untuk demodulasi atau analisis lanjutan.

3.5.1.2 Laptop

Laptop yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lenovo Thinkpad T460s, yang dilengkapi dengan prosesor Intel(R) Core(TM) i5-6300U CPU berkecepatan 2.40GHz hingga 2.50 GHz, RAM sebesar 8 GB, dan sistem operasi 64-bit dengan prosesor berbasis x64.

3.5.1.3 Kabel Extender RG174

Kabel Extender RG174 adalah jenis kabel koaksial yang digunakan untuk memperpanjang atau menghubungkan perangkat elektronik, terutama dalam sinyal radiofrekuensi (RF) dan transmisi data. Berikut ini tabel spesifikasi kabel Extender RG174:

Tabel 3.3 Spesifikasi kabel Extender RG174

Spesifikasi	Detail
Jenis Kabel	RG174
Panjang Kabel	2 m
Diameter Luar	Sekitar 2.55 mm
Impedansi	50 ohm
Frekuensi Maksimal	Biasanya hingga 1 GHz
Bahan Konduktor Inti	Tembaga berlapis perak
Konektor	<i>Male to Female</i>



Gambar 3.7 Kabel *Extender* RG174

3.5.1.4 Antena PCB 1090MHz

Antena *Printed Circuit Board* (PCB) 1090 MHz merupakan pada antena yang dirancang khusus untuk beroperasi pada frekuensi 1090 MHz dan dibuat menggunakan teknik PCB (*Printed Circuit Board*). Antena PCB adalah jenis antena yang umum digunakan dalam aplikasi seperti *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast* (ADS-B) yang merupakan sistem yang digunakan dalam pengawasan lalu lintas udara.

Tabel 3.4 Spesifikasi antena PCB 1090 MHz

Spesifikasi	Detail
Model	CTRF-ANTENNA-PCB-1090-17920-SMAK
<i>Frequency Center</i>	1060-1120 MHz
Gain	6dBi
VSWR	≤1.5
Impedance	50 ohm
<i>Polarization</i>	Vertikal
<i>Directional</i>	<i>Omnidirectional</i>
Max Power	20W
Konektor	SMA <i>Female</i>



Gambar 3.8 Bentuk antena PCB 1090MHz

3.5.2 Software

Perangkat lunak atau *software* yang digunakan untuk membangun sistem pemantauan lalu lintas pesawat adalah berikut:

Tabel 3.5 Software yang dipakai

Nama Software	Fungsi
RTL-SDR Driver 2832	Instalasi <i>driver</i>
Zadig Ver 2.4	Instalasi pengaturan <i>driver</i> USB
RTL1090 Ver 3.0.4	<i>Decoder</i> , menampilkan data mentah
Virtual Radar Server Ver.2.4.4	<i>Decoder, Map viewer</i>

3.5.2.1 RTL-SDR Driver 2832

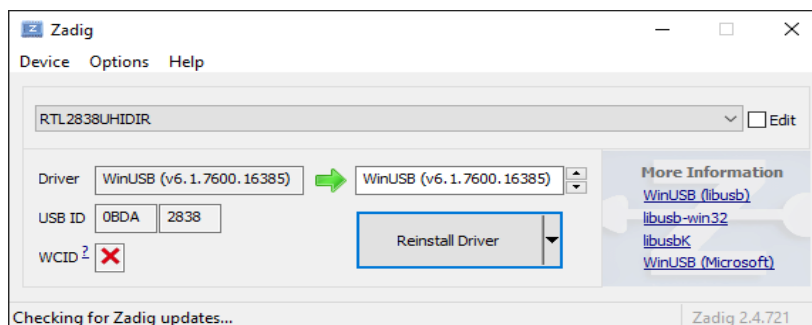
Penginstalan *driver* merupakan proses mengonfigurasi perangkat keras komputer dengan perangkat lunak yang memungkinkannya berkomunikasi dan berinteraksi dengan sistem operasi. Sebelum melakukan pengujian menggunakan *hardware* SDR NEW GEN. RTL2832 terlebih dahulu melakukan penginstalan *driver* supaya sistem operasi laptop dapat mengenali dan berkomunikasi dengan perangkat RTL-SDR yang terlihat pada Gambar 3.9.

```
cmd.exe
Downloading RTLSDR Driver
Host: 'github.com', url: '/rtlsdrblog/rtl-sdr-blog/releases/latest/download/Release.zip'
2683884 total bytes written to tmp/Release.zip.
Downloading Zadig
Host: 'github.com', url: '/pbatard/libwdi/releases/download/b721/zadig-2.4.exe'
5158456 total bytes written to zadig.exe.
Archive: tmp/Release.zip
  creating: tmp/x64/
  inflating: tmp/x64/convenience_static.lib
  inflating: tmp/x64/libgetopt_static.lib
  inflating: tmp/x64/msvcr100.dll
  inflating: tmp/x64/pthreadVC2.dll
  inflating: tmp/x64/rtlsdr.dll
  inflating: tmp/x64/rtlsdr_exp
  inflating: tmp/x64/rtlsdr.lib
  inflating: tmp/x64/rtlsdr_static.lib
  inflating: tmp/x64/rtl_adsb.exe
  inflating: tmp/x64/rtl_biast.exe
  inflating: tmp/x64/rtl_esprom.exe
  inflating: tmp/x64/rtl_fm.exe
  inflating: tmp/x64/rtl_power.exe
  inflating: tmp/x64/rtl_sdr.exe
  inflating: tmp/x64/rtl_tcp.exe
  inflating: tmp/x64/rtl_test.exe
  creating: tmp/x86/
  inflating: tmp/x86/convenience_static.lib
  inflating: tmp/x86/libgetopt_static.lib
  inflating: tmp/x86/msvcr100.dll
  inflating: tmp/x86/pthreadVC2.dll
  inflating: tmp/x86/rtlsdr.dll
```

Gambar 3.9 Penginstalan *driver*

3.5.2.2 Zadig

Zadig merupakan sebuah *software* yang digunakan dalam *Software Defined Radio*. Fungsinya adalah untuk menginstall *driver* USB pada perangkat Windows yang memungkinkan perangkat SDR seperti *dongle* RTL-SDR untuk berkomunikasi dengan aplikasi SDR pada komputer. Berikut ini tampilan utama Zadig pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Tampilan Zadig Ver 2.4

3.5.2.3 RTL 1090

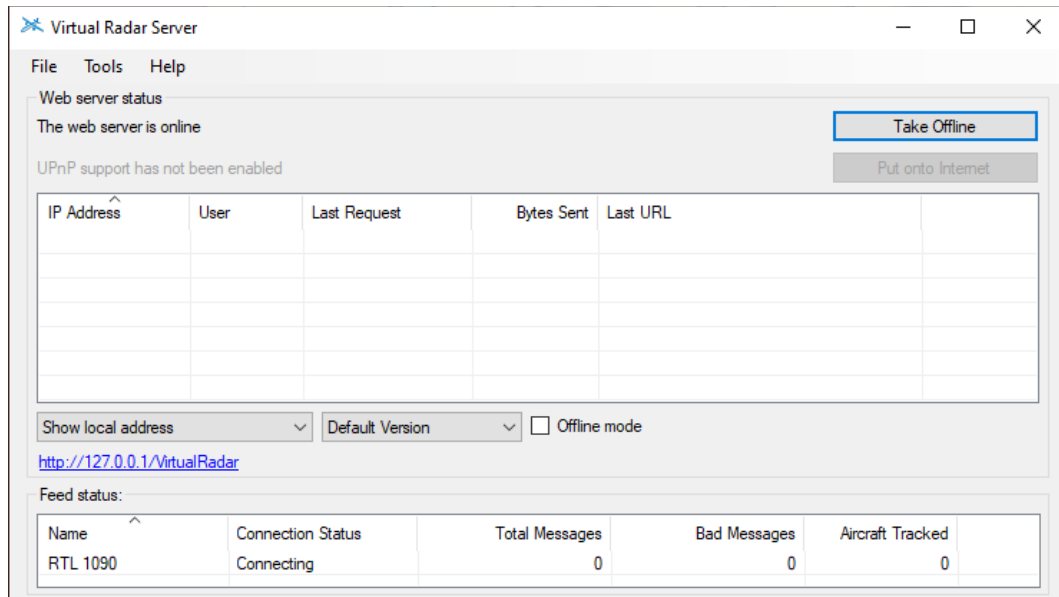
RTL1090 merupakan *software* yang mendekode sinyal ADS-B pada frekuensi 1090 MHz dan tersambung dengan perangkat RTL-SDR untuk menangkap sinyal radio. *Software* ini mengonversi sinyal menjadi data terbaca seperti identitas pesawat dan posisinya, memungkinkan pemantauan penerbangan *real-time* serta penting untuk pengawasan dan navigasi penerbangan. Berikut ini tampilan utama RTL 1090 pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Tampilan RTL 1090 Ver 3.0.4

3.5.2.4 Virtual Radar Server

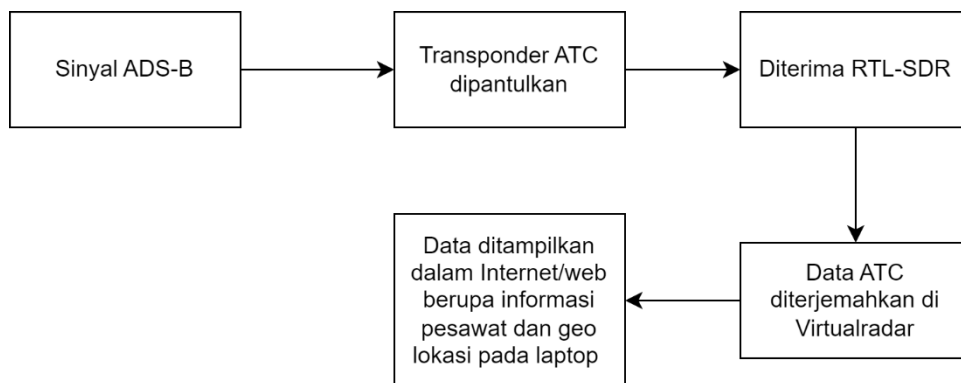
Virtual radar merupakan sistem yang memperkirakan waktu kedatangan pesawat secara *real-time*. Server Virtual Radar memanfaatkan arsitektur lambda *cluster* untuk pengolahan data pengawasan dan menggunakan model pembelajaran mesin untuk menghitung ETA, serta menampilkan visualisasi pada Virtual Radar Server. Data yang didapatkan dari dekoder RTL 1090 ditampilkan dalam bentuk peta pada *web browser* melalui Virtual Radar Server. Berikut ini tampilan utama Virtual radar pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Tampilan *Virtual radar server* Ver.2.4.4

3.6 Proses Kerja Sistem

3.6.1 Diagram Tahap Kerja

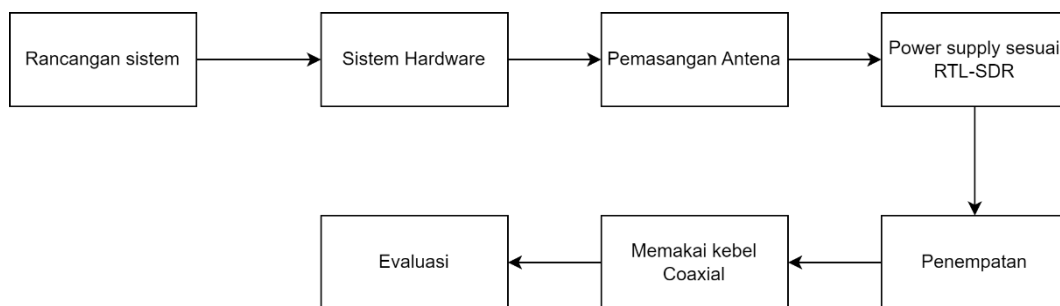


Gambar 3.13 Diagram cara kerja sistem

Pada Gambar 3.14 sinyal ADS-B yang dipancarkan oleh pesawat terbang ditangkap oleh *transponder* ATC di stasiun darat. *Transponder* ini berperan sebagai penghubung antara pesawat dan stasiun darat, mengirimkan informasi yang relevan kembali ke pesawat. Selanjutnya, sinyal ini diterima oleh perangkat RTL-SDR yang terhubung dengan antena PCB, yang mampu menangkap sinyal dari semua arah. Sinyal yang diterima kemudian dialirkan ke *software* rtl1090, di mana sinyal ADS-

B diolah dan diinterpretasikan menggunakan virtual radar. Sistem ini berfungsi sebagai server lokal yang berskala kecil, yang tidak hanya mengolah data penerbangan tetapi juga menerjemahkan sinyal-sinyal tersebut. Selanjutnya hasil olahan data ini ditampilkan dalam bentuk visualisasi pada sebuah *browser internet* di laptop, yang memberikan informasi mengenai posisi, identitas, serta data geolokasi dari pesawat yang terlibat.

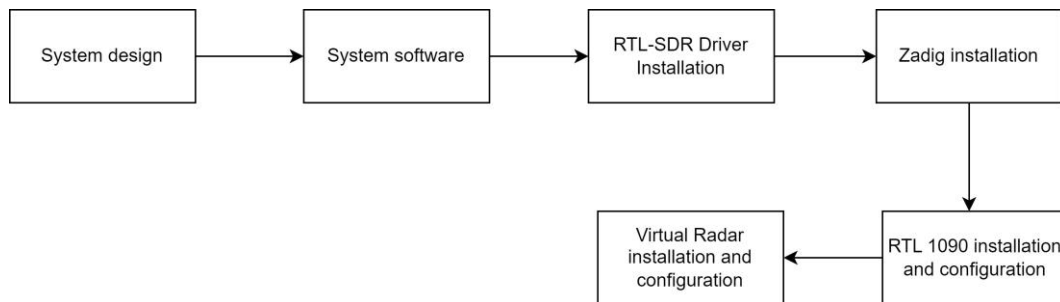
3.6.2 Skenario Kerja Sistem *Hardware*



Gambar 3.14 Alur sistem *hardware*

Pada gambar diagram 3.15 menjelaskan alur penerapan *hardware* yaitu dimulai dengan rancangan sistem yang mencakup perencanaan komprehensif tentang bagaimana sistem akan disusun dan berfungsi. Selanjutnya sistem *hardware* dipersiapkan termasuk pemilihan dan persiapan komponen fisik yang dibutuhkan. Langkah ketiga adalah pemasangan antena yang harus dilakukan dengan mempertimbangkan lokasi yang optimal untuk penerimaan sinyal yang terbaik yaitu di area yang tinggi dan terbuka. Tahap keempat melibatkan konfigurasi *power supply* yang cocok dengan spesifikasi RTL-SDR untuk memastikan kestabilan sistem. Penempatan yang tepat dari *hardware* menjadi langkah kelima di mana semua komponen diletakkan dan diatur sedemikian rupa sehingga mendukung kinerja sistem secara keseluruhan. Penggunaan kabel *coaxial* sebagai tahap keenam dan penting untuk memastikan koneksi yang terbaik antara komponen. Selanjutnya proses penerapan diakhiri dengan evaluasi komprehensif. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua bagian dari sistem bekerja dengan baik dan bahwa sistem secara keseluruhan dapat melakukan fungsinya dengan efektif.

3.6.3 Skenario Kerja Sistem *Software*



Gambar 3.15 Alur sistem *software*

Pada Gambar diagram 3.16 menjelaskan alur penerapan pada *software* yang dimulai dengan rancangan sistem yang memetakan struktur dan fungsi perangkat lunak yang akan digunakan. Selanjutnya adalah *setup* dari sistem *software* itu sendiri yang melibatkan instalasi dan konfigurasi perangkat lunak dasar. Langkah ketiga adalah instalasi *driver* RTL-SDR yang memungkinkan *hardware* RTL-SDR berkomunikasi dengan laptop.

Setelah itu instalasi zadig dilakukan untuk mengganti *driver* USB bawaan dengan *driver* yang kompatibel dengan RTL-SDR di sistem operasi Windows. Berikutnya dilakukan instalasi dan konfigurasi rtl1090 sebuah perangkat lunak yang memproses sinyal ADS-B yang diterima oleh RTL-SDR.

Dan terakhir virtual radar dipasang untuk menyajikan data penerbangan yang telah diolah dalam bentuk visual pada *browser* laptop peneliti. Dengan demikian, peneliti dapat memonitor penerbangan dengan tampilan yang interaktif dan informatif. Keseluruhan proses ini menggaris bawahi pentingnya penerapan *software* yang tepat untuk pengolahan dan visualisasi data dalam sistem pemantauan penerbangan.