

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radar

Radar sebagai alat Navigasi pesawat yang menggunakan sinyal elektromagnetik untuk mendeteksi dan mengetahui posisi suatu target yaitu dengan mengolah gema sinyal elektromagnetik yang dipantulkan oleh target. Jarak target dapat diketahui dengan menghitung waktu yang dibutuhkan oleh sinyal merambat ke target dan dipantulkan ke penerima. Lokasi target dalam sudut dapat diketahui dengan mendeteksi amplitude maksimum dari penerima yang memiliki HPBW sempit. Dengan mengetahui dua komponen yaitu jarak dan sudut kedatangan dari sinyal yang terpantul maka posisi dari terget dapat diketahui [6]..

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin hari semakin canggih, fasilitas pendukung pelayanan navigasi penerbangan pun semakin berkembang dengan cepat. Penggunaan teknologi peralatan navigasi penerbangan yang awalnya masih konvensional yakni menggunakan radar kini perlahan mulai beralih ke *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B)* [7].

2.1.1 Mode S transponder

Mode S adalah mode yang lebih canggih lagi dari sebuah transponder. Sebuah transponder dengan mode S tidak hanya dapat menjawab interrogasi SSR dan memberikan posisi dan jarak dari SSR tapi juga dapat “mengobrol” dengan transponder mode S yang lainnya. Kemampuan ini digunakan oleh alat di pesawat yang bernama TCAS (Traffic Collision and Avoidance System) yang dapat mencegah tabrakan pesawat udara. Jika 2 buah pesawat udara mendekat dengan sangat cepat maka transponder mode S akan menghitung rasio mendekatnya kedua pesawat tersebut dan jika membahayakan maka alat TCAS akan berbunyi, "traffic, traffic!" sehingga penerbang akan menghindari tabrakan [8].

Selain memancarkan ketinggian dan data-data lain, transponder juga sangat membantu untuk mengatur pergerakan pesawat di darat. Di bandar udara yang memiliki ground surveillance radar dapat memantau pergerakan pesawat di darat sebelum terbang atau sesudah mendarat. Banyak bandar udara super sibuk dan juga berjarak pandang jelek, yang menggunakan ground surveillance radar ini untuk mengatur pesawat yang datang dan pergi. Ground controller (pengatur darat) dapat melihat posisi pesawat di radar jika dia tidak dapat melihat pesawat karena jarak pandang yang kurang baik karena kabut misalnya [8].

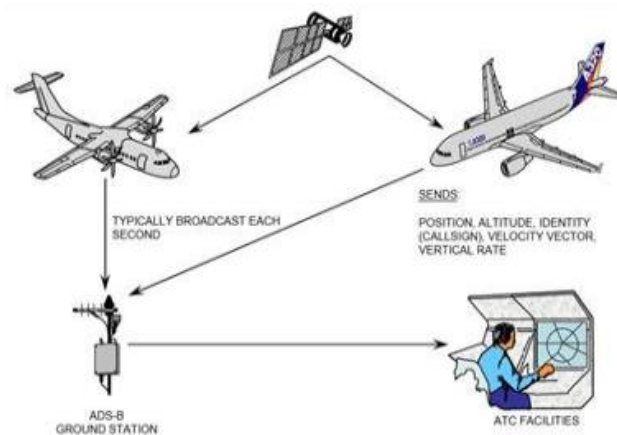
Dalam keadaan darurat atau emergency, transponder ini berguna untuk memberitahu ATC. Contohnya adalah kode 7600. Jika penerbang memasukkan kode 7600 di transponder maka ATC akan tahu bahwa pesawat yang bersangkutan mengalami kerusakan radio komunikasi, baik tidak bisa mengirim atau tidak bisa mendengar komunikasi radio. Kode lainnya adalah 7700, artinya pesawat tersebut mengalami keadaan darurat dan butuh bantuan segera. Biasanya alarm akan berbunyi di radar ATC [8].

2.2 ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*)

ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*) merupakan teknologi pengamatan yang diterapkan pada transportasi udara untuk pengendalian lalu lintas udara yang menggunakan kombinasi teknologi *Global Positioning System* (GPS) dari satelit atau *backup Flight Management System* (FMS) yang ada di pesawat masing-masing. Data yang diterima tersebut selanjutnya digunakan oleh *Air Traffic Control* (ATC) dalam mengawasi pesawat terbang untuk digunakan oleh ATC dalam memonitoring pesawat terbang seperti : posisi terbang, ketinggian terbang, kecepatan terbang dan parameter lainnya, dimana data-data tersebut dibutuhkan oleh ATC untuk mengatur lalu lintas di ruang udara. *Coverage* maksimum dari ADS-B adalah 370 km. *Transponder* ADS-B berfungsi untuk mengirimkan informasi ke ADS-B *receiver* yang ada di darat (*ground station*) [9].

ADS-B sudah digunakan untuk pelayanan APP di beberapa bandar udara di Indonesia. Diantaranya terdapat di Bandar Udara Kuala Namu – Medan,

Soekarno Hatta- Jakarta, Juanda Surabaya dan Sultan Hasanuddin – Makassar dan beberapa bandar lainnya. ADS-B sebagai receiver yang beroperasi pada frekuensi 1090 MHz menggunakan antenna sebagai media untuk menerima gelombang elektromagnetik yang dikirim oleh pesawat. Prinsip dasar cara kerja ADS-B dapat dilihat pada Gambar 2.1 [10].



Gambar 2.1 Prinsip Kerja ADS.

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa pesawat menerima informasi koordinat posisi pesawat dari satelit menggunakan global positioning system (GPS) yang terdapat di pesawat. Lalu pesawat mengirimkan informasi posisi, identifikasi, jarak dan ketinggian kepada peralatan ADS-B menggunakan peralatan yang disebut transponder di pesawat dalam bentuk gelombang elektromagnetik. ADS-B menerima gelombang elektromagnetik tersebut menggunakan antenna. Setelah diterima melalui antenna, gelombang elektromagnetik tersebut di proses oleh peralatan ADS-B sehingga informasi dari pesawat dapat ditampilkan pada layar yang digunakan oleh ATC untuk mengatur lalu lintas penerbangan [10].

2.3 RTL-SDR

2.3.1 SDR Software

Software Defined Radio adalah suatu konsep sistem komunikasi radio yang komponen berupa hardware diatur oleh software komputer. SDR mampu menerjemahkan sinyal yang ditangkap oleh perangkat keras yang berupa transmitter / receiver yang nantinya akan diterjemahkan kedalam komputer sebagai proses decoding sinyal itu sendiri. Sistem ini tentunya memerlukan perangkat keras yang digunakan sebagai antenna dan software yang digunakan untuk proses decode sinyal tersebut [11].

2.3.2 RTL-SDR Hardware

RTL-SDR adalah sebuah usb dvb-t / dongle yang digunakan untuk menangkap siaran televisi digital. Alat ini bukan hanya digunakan untuk streaming siaran televisi digital saja, namun bisa digunakan menjadi alat penerima multi-mode dan multiband atau sebut saja alat yang bisa digunakan sebagai hardware SDR. Chipset DVBT RTL-SDR adalah Realtek RTL2832U yang mampu menangkap signal radio dari frekuensi tertentu dan paket tersebut dalam bentuk RAW data, tentunya untuk dapat menterjemahkan RAW data kedalam komputer maka diperlukan software yang mampu melakukan proses decoding tersebut seperti GNU RADIO [11].



Gambar 2.2 RTL-SDR R820T2.

2.4 Antena

Antena merupakan elemen rangkaian yang merubah bentuk gelombang terbimbing pada saluran kabel (Tx) ke dalam gelombang ruang bebas dan menangkap semua gelombang elektromagnetik, dan sebaliknya-Rx. Fungsi antena adalah untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya. Sebaliknya antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik dan mengubahnya menjadi sinyal listrik [12].

Antena menempatkan peran penting untuk mengirimkan gelombang radio dan menerima sinyal gema baik pada frekuensi yang sama atau di sebuah band frekuensi dalam durasi waktu [13].

2.4.1 Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip adalah sebuah antena yang difabrikasi dengan menggunakan teknologi Printed Circuit Board (PCB) dan digunakan untuk sinyal frekuensi gelombang mikro (microwave). Antena Mikrostrip terdiri atas conducting strip sebagai radiating patch dan ground plane dimana keduanya dipisahkan oleh sebuah bahan dielectric. Antena Mikrostrip tunggal umumnya memiliki gain dan directivity yang rendah [13].

Antena Mikrostrip merupakan antena yang banyak dikembangkan dalam berbagai aplikasi. Salah satunya adalah pada bidang navigasi dengan teknologi satelit atau GPS (*Global Positioning System*) yang bekerja pada frekuensi 1575.42 MHz (L1). Antena mikrostrip bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz) sehingga, antena mikrostrip dapat digunakan untuk antena telepon selular/*wireless* maupun komunikasi satelit [14].

2.4.1.1 Dimensi Antena

Dimensi antena merupakan sebuah ukuran mikrostrip mulai dari panjang dan lebar patch, ground plane, substrat serta saluran transmisi untuk diketahui, dalam mengetahui seberapa besar ukuran antena yang ingin dibuat, maka sebelumnya harus mencari tahu terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan.

seperti tebal dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan.

Dimensi antenna harus disesuaikan, karena apabila panjang antenna terlalu pendek maka *bandwidth* akan menjadi sempit sedangkan apabila terlalu panjang *bandwidth* akan menjadi lebih lebar tetapi efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antenna terutama antenna mikrostrip (W) impedansi input juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antenna mikrostrip dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

a. Lebar patch

Berikut merupakan rumus mencari lebar patch antenna mikrostrip [15] :

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \dots\dots\dots (2.1)$$

b. Panjang patch

Berikut merupakan rumus mencari panjang patch antenna mikrostrip [15]:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r}{4 \sqrt{1 + \frac{12h}{a}}} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\Delta L = 0.412h \left[\frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

c. Lebar *ground plane* dan substrat

Berikut merupakan rumus mencari Lebar *ground plane* dan substrat antenna mikrostrip [15]:

$$W_g = 6h + W_{patch} \dots\dots\dots (2.5)$$

d. Panjang *ground plane* dan substrat

Berikut merupakan rumus mencari panjang *ground plane* dan substrat antenna mikrostrip [15]:

$$L_g = 6h + l_p + l_f \dots\dots\dots (2.6)$$

e. Lebar saluran mikrostrip

Berikut merupakan rumus mencari lebar saluran antenna mikrostrip [15]:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.8)$$

f. Panjang saluran mikrostrip

Berikut merupakan rumus mencari panjang saluran antenna mikrostrip [15]:

$$L_f = \frac{1}{4} \lambda_g = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{1}{4} \frac{c/f}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} : \dots\dots\dots (2.9)$$

g. Matching impedance

Berikut merupakan rumus mencari *Matching impedance* antenna mikrostrip [15]:

1. Impedansi :

$$Z_{0,1} = \sqrt{Z_0 \times Z_l} : \dots\dots\dots (2.10)$$

2. Panjang saluran :

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_g = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{1}{4} \frac{c/f}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots\dots\dots (2.11)$$

3. Lebar Saluran :

$$W = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] : \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan :

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

h = ketebalan substrat

ϵ_r = permitivitas dielektrik substrat

f_r = frekuensi resonansi / frekuensi kerja

c = konstanta cahaya di ruang bebas

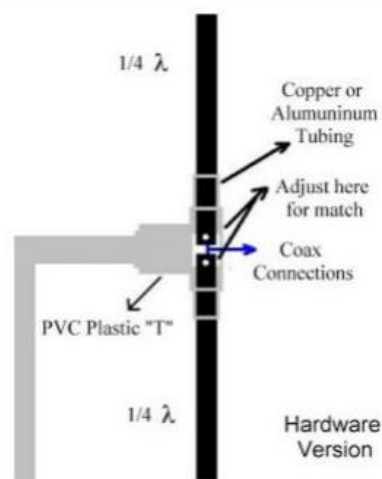
λ_0 = panjang gelombang di udara

λ_g = panjang gelombang pada bahan substrat

- W = lebar saluran transmisi
- L_f = panjang saluran transmisi
- L_t = panjang saluran *impedance matching*
- L_g = panjang *groundplane*
- W_g = lebar *groundplane*
- L = panjang patch

2.4.2 Antena Open dipole

Antena Dipole adalah antena RF yang dapat dibuat secara sederhana hanya dengan menggunakan seutas kawat atau kabel seperti gambar 2.6 yang berfungsi untuk mengalirkan medan elektromagnetik. Contoh antena Dipole adalah Antena Dipole setengah gelombang (setengah lamda) dan antena dipole 1/4 gelombang. Macam-macam antena Dipole tergantung dari panjang antenanya. Antena dipole sebenarnya sama dengan antena pada umumnya. Perlu diingat bahwa antena bekerja pada gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan magnet dan medan listrik. Bila Antena Dipole dialiri dengan arus listrik maka akan tercipta gelombang elektromagnetik dan gelombang tersebut akan memancarkan ke arah tertentu. Saat gelombang ini bertemu dengan logam atau antena lainnya maka gelombang elektromagnetik ini akan di terjemahkan dan diambil informasinya. Informasi tersebut dapat berupa suara, gambar, atau video seperti pada TV [3] .



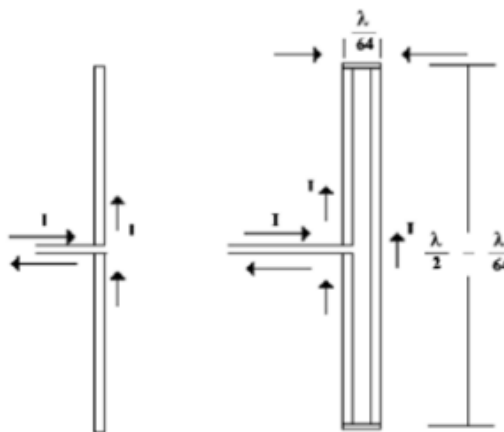
Gambar 2.3 Antena dipole

Kelebihan antenna ini tentu saja dari pembuatannya yang mudah. Kekurangan antenna ini ada pada performanya dibandingkan dengan antenna lainnya seperti Yagi atau Parabola yang memiliki kualitas lebih baik. Fungsi antenna dipole sama seperti antenna lainnya untuk menerima dan memancarkan sinyal elektromagnetik. Antenna ini merupakan cikal bakal dari antenna Yagi yang biasa digunakan untuk Televisi [3].

2.4.3 Antenna Folded Dipole

Antenna folded Double dipole yang dimodifikasi dalam bentuk penambahan elemen reflektor sudut agar dapat digunakan sebagai antenna directional reflektor akan menghasilkan gain yang besar karena memiliki polarisasi yang terarah, atau memiliki kuat sinyal yang besar pada saat dipancarkan pada arah tertentu. Reflektor sudut yang diuji adalah reflektor sudut 90° dan 60° [4].

Sebuah antenna folded dipole adalah sebuah dipole dengan pencatuan ditengah (center feed half dipole) dengan didampingi $\frac{1}{2}$ dipole lain yang dipasang dekat dengan dipole utama dan dihubungkan diujungnya. Jarak antara kedua dipole tersebut adalah $\frac{1}{64}$ lambda dari frequency kerjanya dan panjang secara keseluruhan adalah $\frac{1}{2}$ lambda seperti gambar 2.7 dibawah ini [16].



Gambar 2.4 Antenna Folded Dipole.

Sebuah antenna Folded Dipole secara kelistrikan berbeda dengan dipole biasa dimana selain rangkaian resonan serinya dia juga mempunyai rangkaian resonan paralel. Dengan menjadikan satu dikedua ujungnya akan menimbulkan

efek rangkaian resonansi paralel tersebut. Bila kedua ujungnya dijadikan satu akan menjadikan tegangan RF di kedua ujungnya sama nilainya sehingga distribusi tegangan dan arus RF di kedua element tersebut akan sama dengan dipole biasa. Bilamana kedua bahan antena folded dipole tersebut sama diameternya maka tahanan input di titik catunya menjadi 4 kali dari dipole tunggal biasa. Secara teoritis $4 \times 73.16 = 293 \text{ Ohm}$. Ini menjadikan alasan untuk menggunakan kabel transmisi twin lead, dimana untuk daya pancar besar menggunakan kawat paralel dengan ukuran tertentu akan tetapi bila daya pancar kecil dapat menggunakan kabel transmisi penerima TV [16].

Antena open dipole dan antena folded dipole memiliki pola radiasi omnidirectional yang memancarkan kekuatan sama di semua arah. Memiliki perhitungan yang relevan. Panjang gelombang antena dihitung dengan menggunakan rumus Sebagai berikut [17] :

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(2.14)$$

Untuk menghitung panjang antena secara teoritis akan menentukan panjang antena yang digunakan. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut [17] :

$$l = \lambda \times K \dots\dots\dots(2.15)$$

keterangan:

Λ = Panjang Gelombang (M)

C = Cepat rambat cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$ atau 300000000 m/s)

F = Frekuensi (Hz)

F = Frekuensi

l = Panjang Elemen Antena

K = *Velocity Factor* (Bahan Antena)

2.5 Gain

Gain antena adalah perbandingan daya pancar suatu antena terhadap daya pancar antena referensi atau pertambahan daya diradiasikan pada arah tertentu. Pengukuran Gain dilakukan untuk mengetahui besarnya jarak pancar serta coverage area yang dapat dicapai oleh antena melalui daya yang dipancarkan. Gain dapat dihitung dengan membandingkan kerapatan daya maksimum antena

yang diukur (Antenna Under Test) dengan antenna referensi yang diketahui gainnya. Berikut ini perhitungan gain [18].

$$GA = GR_{\text{standar}} + (PR_{\text{yang diuji}} - PR_{\text{standar}}) \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

G_A : Gain Antena Mikrostrip

G_R : Gain antenna standar (diasumsikan 2,15 dBi)

P_R : Daya yang dihasilkan Menggunakan antenna

P_R : Daya yang dihasilkan dari antenna referensi

2.6 Voltage Standing Wave Rasio (VSWR)

Voltage Standing Wave Rasio (VSWR) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{\text{max}}$) dengan minimum ($|V|_{\text{min}}$). Tujuan pengukuran VSWR adalah untuk mengetahui besar gelombang berdiri akibat adanya sinyal pantul. Semakin besar nilainya maka akan semakin buruk. Nilai VSWR yang diharapkan pada tugas akhir ini adalah $\leq 2\text{dB}$. Nilai VSWR sebanding dengan nilai return loss, semakin kecil nilai return loss maka nilai VSWR akan semakin kecil [18].

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.7 Return Loss

Pengukuran return loss dilakukan dengan cara yang hampir sama dengan pengukuran VSWR. Return Loss sendiri adalah parameter yang mengindikasikan seberapa matching antenna yang didesain. Persamaan return loss adalah [18]:

$$\text{Return Loss} = -20 \text{Log}_{10} |\Gamma| \dots\dots\dots(2.18)$$

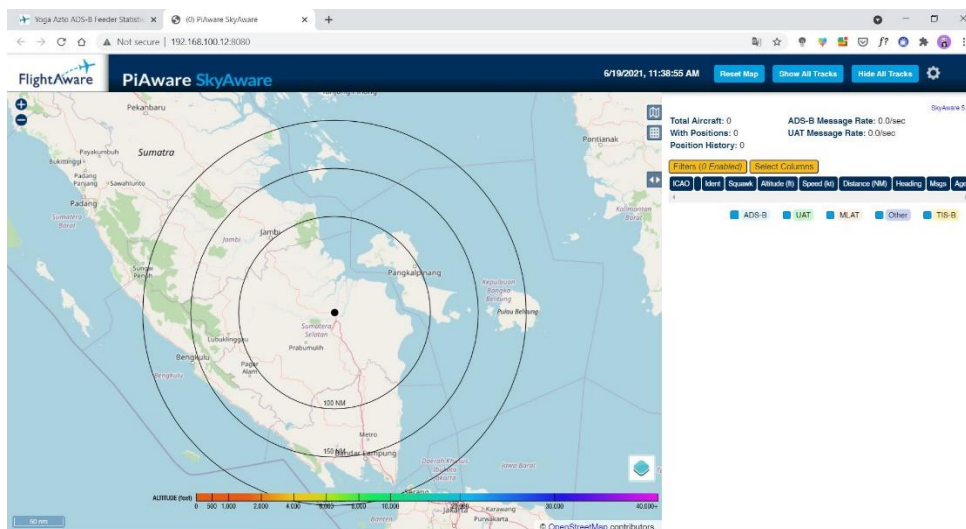
2.8 Dump1090

Aplikasi Dump1090 adalah aplikasi monitoring pesawat yang dikombinasikan dengan RTL-SDR yang biasanya digunakan untuk decoding

ADS-B. Dump1090 jika dijalankan di Raspberry Pi, maka akan mengubah seluruh Pi menjadi pemroses data ADS-B. Dump1090 sangat kuat dan pandai mendekode sinyal lemah. Dump 1090 memiliki kemampuan untuk memecahkan kode pesan DF11 dan DF17. Kedua pesan ini dipadatkan pada kecepatan nominal 1 Hz oleh transponder Mode S. Pesan squitter DF17 yang diperluas digunakan untuk sistem ADS-B yang berisi informasi seperti kecepatan udara, posisi pesawat dan identitas [19].

2.9 PiAware

PiAware adalah aplikasi monitoring pesawat berbasis web yang berjalan pada Raspberry Pi untuk mengirimkan data dump1090 ADS-B dan Mode S secara aman ke FlightAware. PiAware dapat menjalankan Raspberry Pi mereka sendiri dengan penerima ADS-B dan dump 1090. Data yang diterima akan ditampilkan seperti data Asterix, 24 bit ICAO Aircraft Address, Callsignal Nationality, Ident atau Squawk, Altitude, Massage, Longitude, Speed, dan Heading. Pada PiAware juga menampilkan posisi pesawat dalam bentuk *maps* dan bentuk *virtual* pesawat terbang [20][21].



Gambar 2.5 Tampilan *software* Pi Aware

2.10 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Sebagai bahan pertimbangan pembuatan tugas akhir, diperlukan untuk mengetahui perbandingan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya antara lain sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sebelumnya

Judul	Software	Hardware	Kelebihan	Kekurangan	Tujuan	Hasil
Rancang Bangun Receiver Menggunakan Antena 1090 Mhz Dan Low Noise Amplifier Untuk Menambah Jarak Jangkauan Penerimaan Sinyal Dan Data Parameter Target ADS-B Berbasis RTL820T2[22]	adsbSCOPE, rtl1090	RTL-SDR R820T2	Mampu menerima data dan parameter target ADS-B untuk 284 km pada rentang perangkat lunak adsbSCOPE dan 287,63 km secara matematis.	Tidak menjelaskan dan tidak dapat mengetahui seberapa jauh receiver dapat menerima sinyal dan data parameter target dari pesawat	Mengetahui seberapa jauh jangkauan target pesawat dari penerima dan mengetahui bagaimana jangkauan data penerimaan sinyal parameter target	Rancangan Receiver ADS-B Dengan Menggunakan Low Noise Amplifier Dengan Menggunakan Antena ADS-B 1090 Mhz Mampu Menerima Sinyal Dan Data Parameter Target Sejauh 284 Km Pada Range Software Adsbscope Dan 287,63 Km.
Rancangan Aplikasi Ads-B Pada Uav Dan Drone Komersil Dengan Raspberry Pi 3b[23].	Software RTL1090,	RTL-SDR, UAV dan drone, Raspberry PI 3B	UAV atau drone dapat melakukan pengintaian untuk mengumpulkan informasi dalam melakukan aksi berbahaya	Harus Mendapatkan Izin ketika UAV atau drone diterbangkan pada area Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP).	untuk menunjukkan lokasi dengan menggunakan navigasi <i>Global Positioning System</i> (GPS), yang dapat diaplikasikan pada UAV dan	ADS-B Dapat Diaplikasikan Untuk Mengirimkan Data Penting Termasuk Komunikasi Antara Pesawat Dan UAV/ Drone Ke Stasiun Darat.

					<i>drone.</i>	
Studi Ekperimental Penerima ADS-B Menggunakan RTL 1090 Dan RTL – SDR R820T2 Di Bandara Juanda Surabaya[24]	Software RTL1090, Virtual Radar Server.	SDR - RTL R820T2	1.Dapat menyisipkan data lainnya seperti data cuaca, avionic, dan lain-lain. 2.Dapat menerima sinyal dari segala arah secara line of sight	Jumlah pesawat yang terbaca tergantung pada jumlah traffic pesawat yang melewati bandara	untuk mendapat informasi berupa 24 bit ICAO aircraft address, Nationality, Ident atau Squawk, Altitude, Latitude, Longitude, Speed, Heading dan Track.	Rtl-Sdr Mampu Menampilkan Informasi parameter-parameter pesawat. Dengan Menggunakan Aplikasi Virtual Radar Server Yang Terintegrasi Dengan Aplikasi Rtl1090.