

Research Article

Perhitungan Waktu Tunda pada Sistem Radar Sekunder dengan Menggunakan Metode TDOA (*Time Different Of Arrival*)Paskah Handikardo Benjamin Nainggolan¹, Darjat², Yuli Christiyono²

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Abstract

The detection of the position and trajectory of the rocket is very necessary in order to launch a rocket capable of running as expected. If the position and trajectory of the rocket is not monitored properly, it could be bad. Therefore, the solution needed to be able to monitor the position and trajectory of the rocket with a specific technical studies. As an initial step in monitoring the position of the rocket is to know the time delay during the process send and receive signals between the sending station with a radio wave receiver. In this thesis, carried out a simulation application of TDOA-trilateration algorithm to compute the time delay on the secondary radar system. Techniques to get a distance that is by finding the difference between the send and receive signals between the transceiver station with a radio wave transponder. After setting on the transceiver and the transponder is set, by setting send data, protocol, and then it will be obtained automatically scanning the time delay is expected. This technique is called TDOA (*Time Different Of arrival*). This process will be simulated with MatlabR2008a.

Keyword : TDOA, time delay, rockets, radio, transceiver, transponder.**I. PENDAHULUAN****1.1 Latar Belakang**

Konsep penerapan radar sekunder sebagai pendeteksi jarak dan posisi pada obyek bergerak ini didasarkan pada penelitian penelitian yang sudah dilakukan oleh Okto Viansyah, yang melakukan perancangan Moduludukan ARF yang merupakan modul yang terdiri dari *converter* level RS232-TTL dan catu daya. Pengubah level tegangan ini digunakan untuk menyesuaikan level tegangan dengan RS232-TTL pada modul ARF, sedangkan catu daya digunakan untuk mendapatkan sumber daya pada perangkat keras ARF yang terlebih dahulu dirubah dari arus listrik AC menjadi DC oleh *adaptor*.^[12]

Ketika modul ARF dapat melakukan komunikasi data secara serial dengan komputer maka diperlukan program Rancang Bangun Perangkat Lunak Antar Muka Komunikasi Radio *Adeunis Radio Frequency (ARF)7429B* pada Sistem Radar Sekunder, yang digunakan untuk melakukan komunikasi data antar ARF, program rancang bangun perangkat lunak ini telah diteliti sebagai penelitian Zaini Agung Utama.^[11]

Radar sekunder dapat digunakan untuk menghitung jarak serta posisi suatu objek bergerak, sebagai tahap awal perlu dilakukan perhitungan waktu tunda pada proses kirim dan terima data pada sisi pengamat.

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi penerapan teknik perpaduan antara *GPS* dan sistem radar sekunder yaitu algoritma *TDOA (Time Difference of Arrival) - Trilateration* untuk menghitung waktu tunda selama proses pengiriman dan penerimaan informasi pada sisi pengamat. Perangkat lunak yang digunakan adalah Matlab 2008a. Untuk mengetahui hasil yang diperoleh, diperlukan langkah-langkah pengujian/penelitian. Langkah penelitian yang dilakukan adalah menguji algoritma Algoritma *TDOA-Trilateration* untuk mendeteksi waktu tunda dengan mengatur pengiriman data karakter pada sisi pengirim ke mode otomatis, saat data karakter diterima transponder maka secara otomatis

transponder akan merespon dengan mengirim data karakter ke sisi penerima. Saat data karakter di kirim dan data karakter di respon transponder maka waktu selama proses tersebut akan di simpan pada sisi pengamat, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung waktu tunda pada sistem radar sekunder. Pengujian sistem simulasi waktu tunda ini membuktikan bahwa Algoritma *TDOA-Trilateration* secara teori dapat diterapkan untuk mendeteksi waktu tunda yang menjadi dasar dalam penentuan dan pendeteksian posisi dan lintasan roket.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menghitung waktu tunda pada system radar sekunder dengan menggunakan metode TDOA.
2. Melakukan analisis pengaruh variasi jarak antara *transceiver* dengan *transponder* terhadap besarnya waktu tunda.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, permasalahan dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian ini tidak membahas mengenai pengendalian roket.
2. Algoritma yang digunakan untuk mendeteksi waktu tunda adalah *TDOA-Trilateration*.
3. Pembuatan program bantu menggunakan Matlab 7.6.0 (2008a).
4. Penelitian ini tidak membahas mengenai perancangan dan pembuatan perangkat keras ARF7429B.
5. Penelitian ini tidak membahas mengenai perancangan dan pembuatan perangkat keras transponder.
6. Tidak melakukan perhitungan posisi dan jarak dari roket.

II. DASAR TEORI

2.1 Adeunis Radio Frequency (ARF) 7429B^[16]

Transceiver berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal informasi dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Transceiver Radio ARF7429B mengubah data dari sebuah penghubung serial ke sebuah frame radio untuk dikirim ke bagian peralatan yang serupa (misalnya transceiver, receiver). Komunikasinya bersifat *half-duplex*. Parameter operasional dari transceiver radio (serial link, manajemen radio) dapat sepenuhnya diperbarui melalui AT Commands secara serial link.



Gambar 1 Perangkat Keras ARF7429B

2.2 Modul Dudukan ARF7429B^[15]

Modul dudukan ARF merupakan modul yang terdiri dari converter level RS232 TTL dan power supply.

Komunikasi USART : TTL - RS232

Untuk meng-komunikasikan komputer dengan mikrokontroler adalah dengan *interface* (antar muka) antara komputer dengan mikro. Beberapa *interface* yang biasa digunakan antara lain melalui port serial (port COM) , port paralel (LPT), dan port USB pada komputer.

Berikut merupakan tabel perbandingan antar baudrate dengan panjang kabel RS232 yang bisa digunakan.

Tabel 1 Perbandingan baudrate dengan panjang kabel RS232

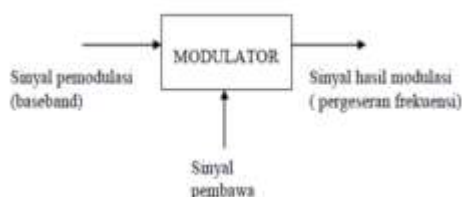
Baud rate	Maximum cable length (ft)
19200	50
9600	500
4800	1000
2400	3000

2.3 Modulasi Digital^[9]

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (*bit stream*) ke dalam sinyal *carrier*.

2.3.1 Konsep Modulasi Digital

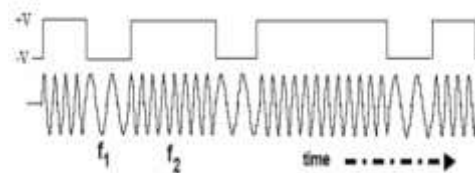
Konsep modulasi digital ada dua yaitu, *modulator* dan *demodulator*. Modulator melakukan proses modulasi, ada di *transmitter*. Demodulator melakukan proses demodulasi, yakni mengembalikan sinyal hasil modulasi ke bentuk semula, ada di *receiver*



2.3.2 Frequency Shift Keying

Frequency Shift Keying (FSK) adalah modulasi frekuensi skema di mana informasi digital ditularkan melalui

perubahan frekuensi diskrit suatu gelombang pembawa. Domain waktu dari sebuah *carrier* termodulasi FSK diilustrasikan pada Gambar 3



Gambar 3 Modulasi FSK

Pada system FSK, dua buah sinyal sinusoidal dengan amplituda maksimum sama A_c , tetapi frekuensi berbeda, f_1 dan f_2 , digunakan untuk merepresentasikan biner 1 dan 0. Secara matematis dapat dituliskan.

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_1 t) \quad \text{untuk simbol '1'}$$

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_2 t) \quad \text{untuk simbol '0'}$$

Modulasi FSK merupakan modulasi yang mempunyai kinerja yang lebih baik dan menggunakan system deteksi yang lebih sederhana dibandingkan dengan PSK. Oleh karena itu penerapan cukup luas pada system transmisi data.

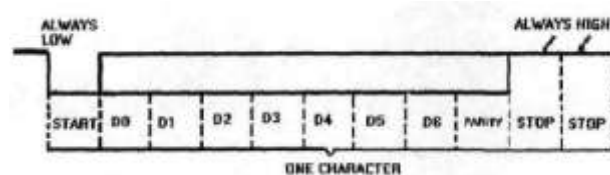
2.4 Komunikasi Data Serial^[5]

Dalam komunikasi data serial, data dikirim dengan bentuk pulsa listrik kontinyu yang disebut bit. Data dikirim satu bit demi satu bit secara berurutan melalui kanal komunikasi yang telah ditentukan. Penerima juga menerima data dalam bentuk bit-bit pulsa listrik yang kontinyu.

Dalam komunikasi data serial, ada dua metode dasar yang digunakan yaitu komunikasi serial asinkron dan komunikasi serial sinkron.

2.4.1 Komunikasi Serial Asinkron

Komunikasi serial asinkron adalah komunikasi data yang memerlukan start bit untuk menunjukkan mulainya data dan stop bit untuk menunjukkan selesainya data. Gambar 4 menunjukkan bentuk umum format data komunikasi serial asinkron.



Gambar 4 Data Komunikasi Serial Asinkron

2.4.2 Komunikasi Serial Sinkron

Alternatif lain untuk menambah kecepatan transmisi adalah dengan komunikasi data serial sinkron. Pada metode ini setiap karakter tidak dikirim secara terpisah dengan dibatasi oleh start bit dan stop bit, melainkan karakter dikirim dalam bentuk blok data yang dibatasi oleh karakter sinkronisasi. Jumlah dan karakter sinkronisasi tersebut dapat diprogram.

2.5 Konsep RADAR^{[7], [14]}

Radar merupakan sebuah sistem elektromagnetik untuk pendeteksian dan penentuan lokasi objek. Radar beroperasi dengan memancarkan jenis khusus dari bentuk gelombang, contohnya gelombang sinus *pulse-modulated* dan mendeteksi sifat dari gema sinyal. Klasifikasi sistem radar berdasarkan teknologinya, terbagi atas 6 macam, yaitu Radar Primer (*Radar Basic*), Radar Sekunder, *Continous Wave* (CW)

Radar, Frequency Modulated CW (FMCW) Radar, Bistatic Radar, Sidelooking Airborne Radar^[15]. Pada Penelitian ini, hanya akan dibahas mengenai sistem Radar Primer dan Radar Sekunder.

Prinsip kerja dari Radar Primer yaitu ketika Radar Primer mengirimkan sinyal berfrekuensi tinggi, sinyal tersebut akan dipantulkan oleh target. Gema yang muncul diterima dan dievaluasi untuk diproses menjadi koordinat posisi. Radar merupakan singkatan dari kata *radio detection and ranging*. Bentuk gelombang yang paling sering digunakan adalah *train of narrow, rectangular-shape pulse modulating*, sebuah gelombang sinus pembawa. Jarak target ditentukan oleh pengukuran waktu T_R yang dibutuhkan oleh pulsa untuk melintas ke target dan kembali lagi. Karena energi elektromagnetik merambat pada kecepatan cahaya $c = 3 \times 10^8$ m/s, jarak R adalah

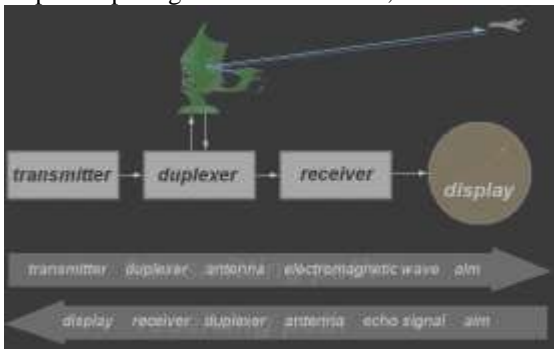
$$R = \frac{cT_R}{2} \quad \dots(1)$$

Faktor 2 muncul pada penyebut karena perambatan *two-way* dari radar. Jika jarak memiliki satuan kilometer dan T_R dalam mikrosekond, persamaan (2.1) menjadi

$$R(\text{km}) =$$

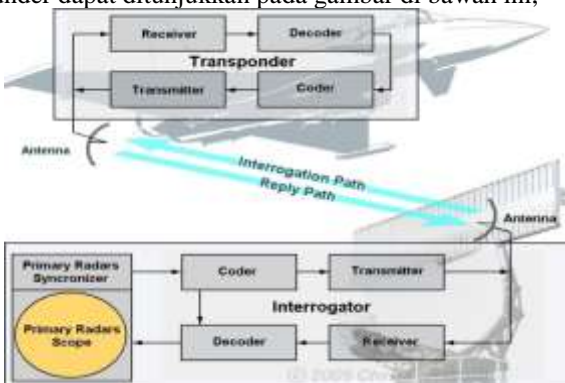
$$0,15T_R(\mu\text{s}) \text{ or } R(\text{nmi}) = 0,081T_R(\mu\text{s}) \quad \dots(2)$$

Setiap mikrosekond dari perjalanan waktu sama dengan jarak dari 0,081 *nautical mile*, 0,093 *statute mile*, 150 meter, 164 *yard*, atau 492 kaki. Prinsip radar primer dapat dideskripsikan pada gambar di bawah ini,



Gambar 5 prinsip radar primer

Pada Radar Sekunder, objek benda yang akan dideteksi posisinya harus mempunyai transponder (transmitting responder) dan transponder ini menanggapi interogasi (sinyal kirim) dengan sebuah sinyal kode balasan. Jadi, sinyal yang dikirim oleh transmitter yang ada pada ground station, selanjutnya diterima dan diproses oleh transponder yang ada pada objek yang dideteksi posisinya..Prinsip kerja radar sekunder dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini,

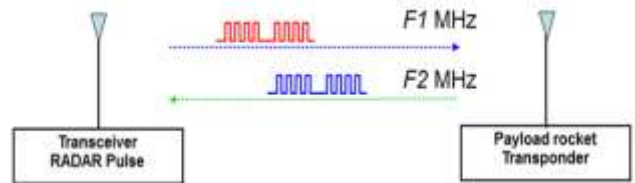


Gambar 6 Prinsip kerja radar sekunder

Prinsip kerja dari radar sekunder sebenarnya hampir sama dengan radar primer. Perbedaan mendasar antara radar primer dan radar sekunder adalah terletak pada aktif atau tidaknya objek benda dalam memantulkan kembali sinyal dari *ground station*.

2.6 Teknik Pengukuran Jarak TDOA (*Time Difference Of Arrival*) Pada Radar Sekunder^{[7], [11]}

Sistem Radar (Radio Detection and Ranging) Sekunder dalam menentukan jarak antara *transceiver* (*transmitter receiver*) dan *transponder* (*transmitting responder*) menggunakan teknik TDOA (*Time Difference Of Arrival*). Teknik TDOA ini bekerja sesuai dengan gambaran yang ada di bawah ini,



Gambar 7 Sistem kerja radar sekunder

Dari gambar di atas, untuk menghitung jarak antara *Transceiver* dan *Transponder*, pada mulanya *Transceiver* mengirimkan sinyal sebesar F1 MHz di waktu t_1 kepada *Transponder*. Kemudian *Transponder* menangkap sinyal F1, menguatkan dan memancarkan kembali ke *Transceiver* dengan frekuensi F2 MHz di waktu t_2 . Sinyal yang dikirim dan terima pada saat yang hampir bersamaan memiliki perbedaan waktu yang dapat disimbolkan dengan Δt . Penundaan waktu tersebut kemudian dikalikan dengan kecepatan cahaya (c) sebesar 299.729.458 m/s dan di bagi dua maka akan di dapatkan jarak obyek yang dicari. Secara matematis, untuk menghitung jarak antara *Transceiver* dan *Transponder* dapat dituliskan sebagai berikut:

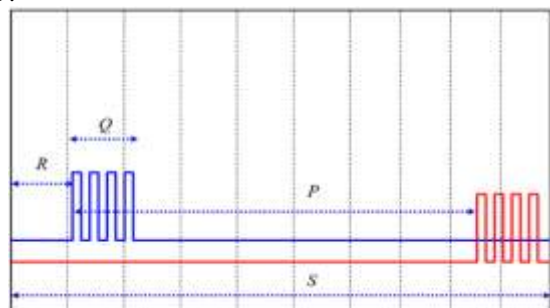
$$\Delta t = T_2 - T_1 \quad \dots (3)$$

Dimana T_1 = Waktu data karakter dikirim

T_2 = Waktu data karakter diterima

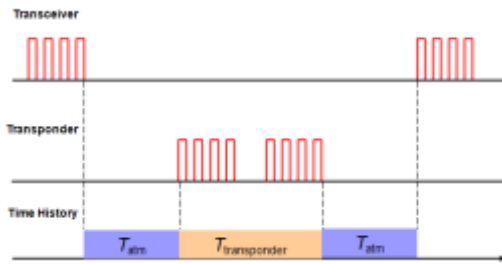
Dengan mengasumsikan bahwa waktu pemrosesan secara perangkat lunak *transceiver* dan *transponder* diabaikan. Pada pemrosesan dan pengiriman data pada komunikasi serial selalu menghasilkan rugi-rugi yang akan mempengaruhi besarnya waktu tunda yang dicari. Namun, pada penelitian ini rugi-rugi dianggap sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

Ilustrasi sinyal Radar Sekunder dan rentetan perjalanan sinyal radar sekunder dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8 Sinyal radar sekunder

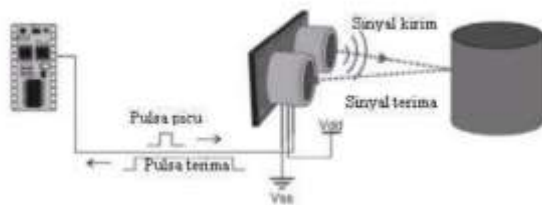
P = maksimum delay, R = delay sinyal referensi
Q = lebar sinyal, S = lebar window data akuisisi



Gambar 9 Rentetan perjalanan sinyal radar sekunder

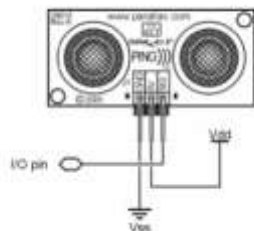
2.7 Konsep Pengukuran Jarak Suatu Benda dengan Gelombang Ultrasonik^[1]

Pendekatan pengukuran jarak suatu objek bergerak menggunakan gelombang ultrasonik tidak lepas dari aplikasi penerapan sensor ultrasonik. Sensor merupakan “indera” bagi sebuah sistem. Sensor memperoleh data dari lingkungan berupa besaran mekanis dan menampilkannya kembali dalam bentuk besaran listrik. Salah satu jenis sensor yang banyak dipakai saat ini adalah sensor ultrasonik. Gelombang Ultrasonik dapat didefinisikan sebagai gelombang suara yang memiliki frekuensi diatas 20 Khz. Gambar 10 menunjukkan prinsip kerja dari sensor ultrasonik.



Gambar 10 Prinsip kerja sensor ultrasonic pengukur jarak

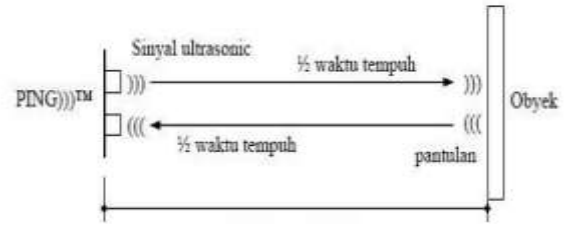
Sensor yang digunakan merupakan sebuah sensor ultrasonik buatan Parallax(Sensor PING)))TM Ultrasonik Distance Sensor).Rangkaian lengkap dari sensor ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Sensor PING Ultrasonik Distance Sensor

Cara kerja modul PING)))TM Ultrasonic Range Finder: Modul PING)))TM mengukur jarak obyek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) selama tBURST (200 μs) kemudian menunggu pantulannya. Modul PING)))TM memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan input kontrol dari pin SIG (pulsa trigger dengan tOUT min. 2 μs). Gelombang ultrasonik ini melalui udara dengan kecepatan kurang lebih 344 meter per detik, mengenai obyek dan memantul kembali ke modul PING)))TM. Modul PING)))TM akan mengeluarkan pulsa “high” pada pin SIG setelah memancarkan gelombang ultrasonik. Dan setelah gelombang pantulan terdeteksi, modul PING)))TM akan membuat pin SIG “low”. Lebar pulsa “high” (tIN) ini sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2x jarak obyek terlihat pada Gambar 12, sehingga jarak obyek yang terukur adalah :

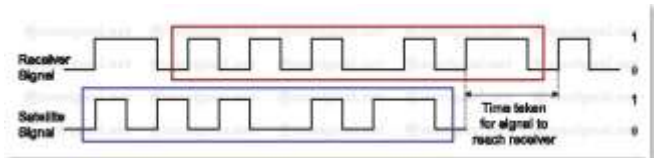
$$\text{Jarak} = [(tIN \times 344 \text{ m/s}) \div 2] \text{ meter. ... (4)}$$



Gambar 12 Ilustrasi cara kerja sensor PING

2.8 Konsep Pengukuran Jarak Suatu Benda dengan GPS^[8]

Sistem GPS dapat melakukan komunikasi data karena Perangkat GPS penerima beserta satelit-satelit GPS yang ada di angkasa, membangkitkan suatu frekuensi dengan kode tertentu yang sama, pada saat yang bersamaan. Karena terdapat perbedaan jarak antara perangkat GPS dengan satelit GPS maka kode tersebut menjadi tidak sama karena ada waktu tunda sebesar T.



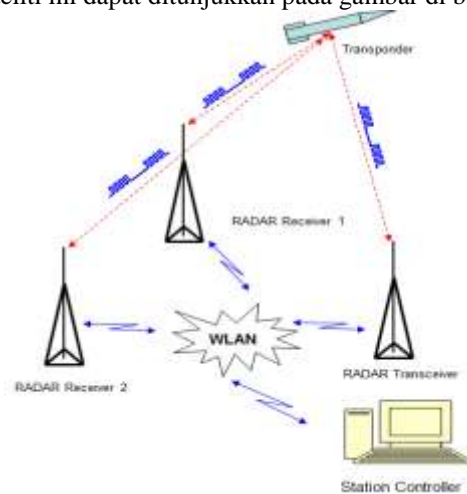
Gambar 13 Pergeseran Fasa Sinyal Satelit dengan Sinyal yang Diterima GPS

Pada Gambar 13 blok berwarna merah dan biru mempunyai bentuk yang sama yang berarti bahwa kedua sinyal tersebut memiliki data yang sama. Masing-masing blok mewakili suatu deretan informasi biner nol (0) dan satu (1). Perbedaan antara kedua blok tersebut, blok yang berwarna merah mendahului sebesar T detik dibandingkan blok berwarna biru. Perbedaan inilah yang digunakan sebagai dasar perhitungan waktu. Berdasarkan perhitungan jarak pada sistem GPS, dengan besarnya kecepatan cahaya adalah 3X10⁸ m/s yang sesuai dengan rumus.

$$L_{(jarak)} = V_{(kecepatan\ cahaya)} \times T_{(beda\ waktu)} \dots (5)$$

III. PERANCANGAN SISTEM

Deskripsi secara umum mengenai sistem radar sekunder yang diteliti ini dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 14 Deskripsi sistem radar sekunder

Pada perancangan simulasi ini, teknik TDOA (Time Difference Of Arrival) digunakan untuk mencari waktu tunda antara transponder dengan salah satu transceiver yang

dikehendaki^[8]. Prinsip dasar dari *TDOA* adalah mencari selisih waktu pengiriman dengan waktu penerimaan. Rentetan perjalanan sinyal dimulai dari *transceiver*, kemudian diterima dan diproses oleh *transponder*. Setelah itu, sinyal tersebut dikembalikan lagi ke *transceiver*

Perhitungan waktu tunda pada sistem radar sekunder dengan menggunakan metode *TDOA (Time Different of Arrifal)* ini memanfaatkan software Matlab R2008a.

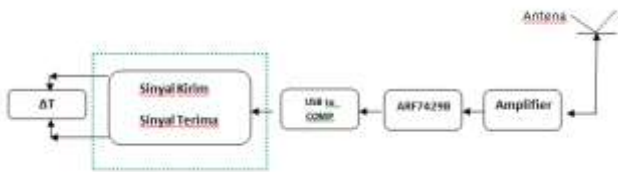
3.1 Perancangan Modul Dudukan ARF7429B^[12]

Modul dudukan ARF merupakan modul yang terdiri dari *converter* level RS232-TTL dan catu daya. Pengubah level tegangan ini digunakan untuk menyesuaikan level tegangan dengan RS232-TTL pada modul ARF, sedangkan catu daya digunakan untuk mendapatkan sumber daya pada perangkat keras ARF yang terlebih dahulu dirubah dari arus listrik AC menjadi DC oleh *adaptor*.

Port serial COM (1) pada laptop menggunakan level tegangan RS232 yaitu saat berlogika 0 nilai tegangannya antara +3 hingga +25 volt dan saat berlogika 1 tegangannya antara -3 hingga -25 volt sedangkan pada port modul ARF (2) menggunakan level TTL yaitu logika 0 bernilai 0 volt (pendekatan) dan saat logika 1 bernilai 5 volt (pendekatan).

3.2 Perancangan Perangkat Lunak ARF7429B

Letak perancangan perangkat lunak antarmuka ARF7429B pada sistem radar sekunder dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 15 Sistem Transmisi Data

Pada bagian kotak hijau merupakan tahap pembuatan perangkat lunak antarmuka ARF yang merupakan tempat terjadinya proses pengiriman dan penerimaan data karakter. Perancangan ini memungkinkan ARF untuk bisa diakses menggunakan dua mode operasi, yaitu *Command mode* (menggunakan AT Command) dan mode normal atau *Transceiver* (pengiriman data karakter dengan menggunakan komunikasi radio).

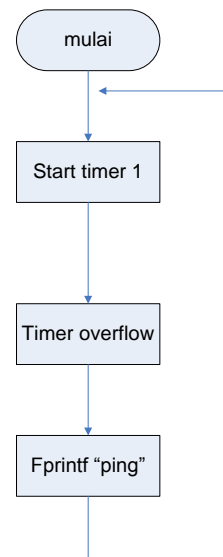
3.3 Tahap Pengaksesan Port Serial

Dalam pemrograman Matlab 2008a untuk pengaksesan port Serial dapat menggunakan Kontrol MSCComm. Kontrol MSCComm ini menyediakan fasilitas komunikasi antara program aplikasi yang kita buat dengan port serial.

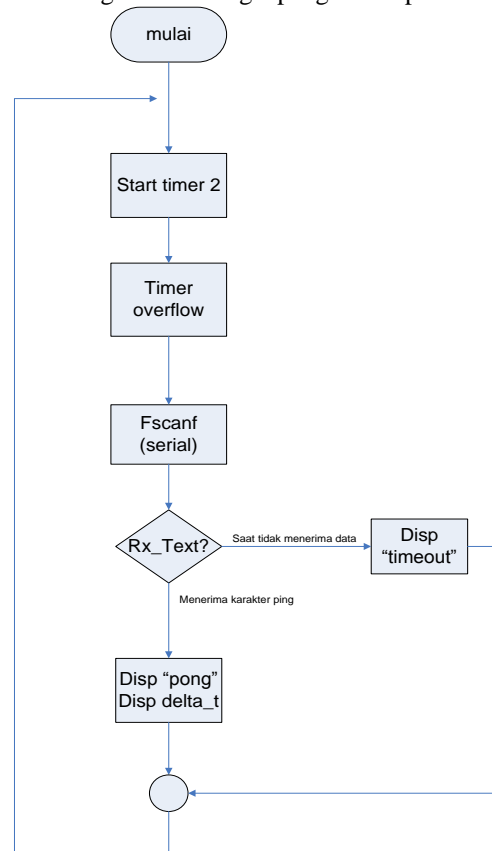
3.4 Tahap Pembuatan Transceiver dan Transponder

3.4.1 Tahap Pembuatan Transceiver

data karakter secara terus menerus. Masing-masing data karakter mempunyai selang waktu selama 3 detik. Data karakter yang dikirim adalah 'ping'. Setelah dibuat suatu fungsi pengiriman otomatis, maka *transceiver* harus dapat menerima data informasi dari *transponder* yang akan mengirim data karakter pong sebagai responnya.



Gambar 16 diagram alir fungsi pengiriman pada transceiver

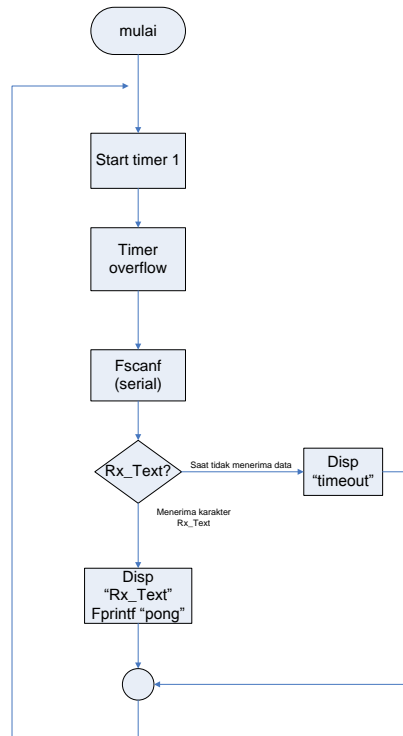


Gambar 17 diagram alir fungsi penerimaan pada transceiver

3.4.2 Tahap Pembuatan Transponder

Pada tahap ini di buat suatu sistem yang dapat mengirimkan data karakter apabila menerima data karakter dari transceiver yaitu 'ping'. Data karakter akan dikirim apabila transponder menerima data karakter dari transponder. Data karakter yang dikirim adalah 'pong'. Setelah dibuat suatu fungsi pengiriman otomatis, maka *transponder* harus dapat menerima data informasi dari *transceiver*.

Waktu penerimaan dan proses scanning adalah 0,001 detik. Apabila *transponder* menerima data karakter dari *transceiver* maka pada sisi pengamat akan muncul data karakter 'ping'. Apabila *transponder* belum menerima data karakter sebagai hasil respon dari *transponder* maka akan muncul informasi 'time out'. Berikut adalah diagram alir dari keseluruhan system *transponder*.



Gambar 1 diagram alir pada keseluruhan system transponder

3.5 Tahap Perhitungan Waktu Tunda

Perhitungan waktu tunda pada sistem radar sekunder tersebut didasarkan pada persamaan 3

$$\Delta t = T2 - T1$$

Dimana T1 = Waktu data karakter dikirim

T2 = Waktu data karakter diterima

Berikut adalah senarai programnya

```

waktu_kirim=tic;
waktu_sent=datestr(now, 'SS.FFF');
tt=datestr(now, 'SS.FFF');
set(h.text_kirim,'String',[TxText tt]);
setappdata(0,'waktu_kirim',waktu_kirim);
setappdata(0,'waktu_sent',waktu_sent);
waktu_kirim=getappdata(0,'waktu_kirim');
waktu_sent=getappdata(0,'waktu_sent');
if TF==0
    delta_t=toc(waktu_kirim);.
  
```

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Untuk mengetahui hasil yang diperoleh, diperlukan langkah-langkah pengujian/penelitian. Langkah penelitian yang dilakukan adalah menguji Algoritma TDOA untuk menghitung waktu tunda dengan menggunakan beberapa variasi jarak antara transceiver dengan transponder yaitu 5 meter, 50 meter dan 100 meter.

4.1 Pengujian Perhitungan Waktu tunda dengan Jarak Transceiver dan Transponder 5 m

Waktu tunda yang diamati pada jarak ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 19 Perhitungan waktu tunda dengan jarak 5 meter

Dalam jendela tampilan *time delay* pada *static text* atas yang menampilkan data 0.28079 merupakan hasil perhitungan waktu tunda dengan menghitung perjalanan data karakter dari *transceiver* menuju ke *transponder* dan kembali diterima *transceiver*. Ketelitian yang bisa dihasilkan adalah 1 mikro detik. Pada tampilan *static text* bawah yang menampilkan data 0.28 merupakan hasil perhitungan waktu tunda dengan menghitung selisih saat sinyal diterima dan dikirim pada sisi pengamat, ketelitian yang bisa dihasilkan adalah xxx mili detik. Adanya perbedaan hasil ini didasarkan pada ketelitian waktu pada program yang digunakan.

perhitungan secara perangkat lunak waktu tunda pada jarak 5 meter dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 Perhitungan waktu tunda secara perangkat lunak dengan jarak 5 meter

Data	Waktu tunda (detik)
1	0.27875
2	0.26547
3	0.26765
4	0.27853
5	0.28227
6	0.25643
7	0.26123
8	0.26798
9	0.26123
10	0.27183
11	0.27113
12	0.27163
13	0.25123
14	0.26123
15	0.28079

Keseluruhan data memiliki nilai yang sedikit berbeda, dari ke-15 data tersebut diperoleh rata-rata waktu tunda adalah 0.268492 detik.

4.2 Pengujian Perhitungan Waktu tunda dengan Jarak Transceiver dan Transponder 50 m

Waktu tunda yang diamati pada jarak ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 20 Perhitungan waktu tunda dengan jarak 50 meter

Dalam jendela tampilan *time delay* pada *statiect text* atas yang menampilkan data 0.28328 merupakan hasil perhitungan waktu tunda dengan menghitung perjalanan data karakter dari *transceiver* menuju ke *transponder* dan kembali diterima *transceiver*. Ketelitian yang bisa dihasilkan adalah 1 mikro detik. Pada tampilan *statiect text* bawah yang menampilkan data 0.283 merupakan hasil perhitungan waktu tunda dengan menghitung selisih saat sinyal diterima dan dikirim pada sisi pengamat, ketelitian yang bisa dihasilkan adalah xxx mili detik. Adanya perbedaan hasil ini didasarkan pada ketelitian waktu pada program yang digunakan.

Hasil perhitungan secara perangkat lunak waktu tunda pada jarak 50 meter dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Perhitungan waktu tunda secara perangkat lunak dengan jarak 50 meter

Data	Waktu tunda (detik)
1	0.2681
2	0.2833
3	0.28006
4	0.27371
5	0.26776
6	0.26646
7	0.27452
8	0.26646
9	0.27453
10	0.27483
11	0.26713
12	0.27363
13	0.27332
14	0.27623
15	0.28328

Keseluruhan data memiliki nilai yang sedikit berbeda, dari ke-15 data tersebut diperoleh rata-rata waktu tunda adalah 0.273555 detik.

4.3 Pengujian Perhitungan Waktu tunda dengan Jarak Transceiver dan Transponder 100 m

Waktu tunda yang diamati pada jarak ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 21 Perhitungan waktu tunda dengan jarak 100 meter

Dalam jendela tampilan *time delay* pada *statiect text* atas yang menampilkan data 0.30037 merupakan hasil perhitungan waktu tunda dengan menghitung perjalanan data karakter dari *transceiver* menuju ke *transponder* dan kembali diterima *transceiver*. Ketelitian yang bisa dihasilkan adalah 1 mikro detik. Pada tampilan *statiect text* bawah yang menampilkan data 0.300 merupakan hasil perhitungan waktu tunda dengan menghitung selisih saat sinyal diterima dan dikirim pada sisi pengamat, ketelitian yang bisa dihasilkan adalah xxx mili detik. Adanya perbedaan hasil ini didasarkan pada ketelitian waktu pada program yang digunakan.

Hasil perhitungan secara perangkat lunak waktu tunda pada jarak 100 meter dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4 Perhitungan waktu tunda secara perangkat lunak dengan jarak 100 meter

Data	Waktu tunda (detik)
1	0.27501
2	0.26945
3	0.26865
4	0.27177
5	0.31858
6	0.27052
7	0.27157
8	0.28172
9	0.26051
10	0.27966
11	0.27113
12	0.29011
13	0.27872
14	0.28143
15	0.30037

Keseluruhan data memiliki nilai yang sedikit berbeda, dari ke-15 data tersebut diperoleh rata-rata waktu tunda adalah 0.28079 detik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan didapatkan hal-hal penting sebagai berikut:

1. Pada pengujian perhitungan waktu tunda jarak *transceiver* dan *transponder* 5 meter dengan mencuplik 15 data sehingga diperoleh waktu tunda rata-rata adalah 0.268492.
2. Pada pengujian perhitungan waktu tunda jarak *transceiver* dan *transponder* 50 meter dengan mencuplik 15 data sehingga diperoleh waktu tunda rata-rata adalah 0.273555 detik.
3. Pada pengujian perhitungan waktu tunda jarak *transceiver* dan *transponder* 150 meter dengan mencuplik 15 data sehingga diperoleh waktu tunda rata-rata adalah 0.28079 detik.
4. Pada pengujian sesuai dengan tingkat presisi waktu tunda yang diperoleh (skala 10 mikrodetik) maka pengukuran secara tepat saat jarak pemancar dan *transponder* dia atas 1,5 km.
5. Tingkat presisi dalam mendeteksi posisi dan lintasan objek bergerak tergantung dari tingkat presisi dalam perolehan delta T (Δt). Semakin presisi perolehan delta T (Δt), maka semakin presisi pula dalam mendeteksi posisi dan lintasan roket.

5.2 Saran

1. Dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk menerapkan Algoritma *TDOA-Trilateration* secara nyata untuk mengetahui jarak, bahkan posisi objek bergerak secara nyata dan *online*.
2. Perlu adanya penambahan tapis untuk memperkecil kesalahan, jika dilakukan penerapan secara nyata dan *online*.
3. Pendeteksian waktu tunda ini dapat dikembangkan lagi dengan fasilitas penentuan letak ground station yang bebas tanpa ada batasan atau halangan.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendeteksi posisi dan lintasan suatu objek dengan menggunakan kombinasi algoritma lain, seperti *TOA (Time of Arrival)*, *AOA (Angle of Arrival)*, *Triangulation*, dan *RSSI (Received Signal Strength Indicator)*.

Daftar Pustaka

- [1] Aldrin, Sundriya., *Pemanfaatan Ping)))TM Ultrasonic Distance Sensor Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATMEL ATMEGA 8535 untuk Mengetahui Letak Benda Pada Penderita Cacat Tunanetra*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
- [2] Away, Gunaidi Abdia, *The Shortcut of Matlab Programming*, Informatika, Bandung, 2006.
- [3] Benson, Tom, "This IS Rocket Science", Glenn Research Center, NASA.
- [4] [4] Grimble, M.J., *Robust Industrial Control: Optimal Design Approach for Polynomial Systems*, Prentice Hall, New Jersey, 1994.
- [5] Halsall, Fred, *Introduction to Communication and Computer Networks*, Addison-Wesley Publishing Company Inc, Massachusetts, 1985.
- [6] Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, "Sistem Navigasi Roket – Satelit Berbasis RADAR Sekunder", Bogor, 2009.
- [7] Skolnik, Merrill., *Radar Handbook Second Edition*, McGraw-Hill, United States, 1990.
- [8] SO, Hing Cheung and Shun Ping HUI, "Constrained Location Algorithm Using TDOA Measurements", IEICE Trans. Fundamentals, Vol E86-A, No. 12 Desember 2003.
- [9] Susilawati, Indah, "Teknik Telekomunikasi Dasar-Modulasi Digital", Universitas Mercu Buana, Yogyakarta, 2009.
- [10] Syafitri, Dwita Aswiyanti., *Analisis Waktu Tunda Satu Arah Pada Panggilan VoIP antara Jaringan UMTS dan PSTN*, Skripsi S-1, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2007.
- [11] Utama, Zaini Agung., *Rancang Bangun Perangkat Lunak Antar Muka komunikasi Radio Adeunis Radio Frequency (ARF) 7429B Pada Sistem Radar Sekunder*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [12] Viansyah, Okto., *Perancangan Transponder 900Mhz untuk Radar Sekunder*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [13] Wahyudi, Bambang, "Catatan Manajemen Basis data", Universitas Gunadarma.
- [14] Wolff,Christian.,Rad rTutorial, <http://www.radartutorial.eu/index.en.html>, Juni 2011.
- [15] <http://payztronics.blogspot.com/2009/08/komunikasi-usart-ttl-rs232.html> , Agustus 2009.
- [16] ---, Datasheet ARF54 UART TTL modules user guide. Adeunis RF.