

# EKSPERIMENT RADAR SEKUNDER BERBASIS RADIO TRANSCEIVER 2.4GHZ UNTUK APLIKASI ROKET

Wahyu Widada<sup>1)</sup> dan Sri Kliwati<sup>2)</sup>

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
Jln. Raya LAPAN Rumpin Bogor  
w\_widada@yahoo.com<sup>1)</sup>, sri\_kliwati@yahoo.com<sup>2)</sup>

## Abstrak

*Pengembangan teknologi roket memerlukan system pengukuran jarak (slant range) untuk memantau lintasan terbang. Teknologi RADAR sekunder dapat digunakan untuk tracking 3 dimensi dengan cara pengolahan data dari tiga titik pengukuran. Tulisan ini membahas hasil eksperimen pengukuran jarak dekat (<1 km) menggunakan RADAR sekunder berbasis radio 2.4 GHz dengan power maksimum 2 Watt. Radio transceiver menggunakan antenna Yagi, sedangkan antenna pada transponder menggunakan antena tipe omni dengan dimensi kecil. RADAR signal mempunyai frekuensi 4 MHz yang telah dikembangkan menggunakan microcontroller dan analog switch. Akuisisi data menggunakan digital osiloskop dan diproses dengan algoritma PC untuk menghitung jarak. Hasil pengukuran menunjukkan akurasi dapat mencapai kurang dari 3% dari jarak maximum pengukuran, sehingga cukup untuk aplikasi peluncuran roket.*

*Katakunci: RADAR Sekunder, pengukur jarak, 2.4 GHz radio transceiver.*

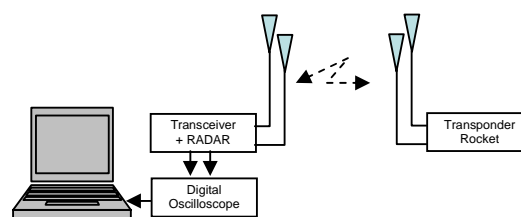
## PENDAHULUAN

Teknologi RADAR sudah berkembang pesat pada saat perang dunia ke-2, baik tipe primer maupun sekunder. Tipe sekunder relatif murah dan mudah untuk aplikasi tracking roket. Beberapa tahun yang lalu LAPAN telah mengadakan RADAR sekunder dari luar negeri, akan tetapi penggunaan untuk jangka panjang memerlukan biaya yang relatif besar. Hal ini disebabkan oleh mahalnya biaya operasional serta teknologi yang belum dikuasai. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya penguasaan secara mandiri. Mulai tahun 2008 telah dimulai pengembangan RADAR sekunder baik hardware maupun sistemnya. Frekuensi yang digunakan adalah UHF untuk memperkecil dimensi antenna dan jarak jangkauan yang jauh. Pengembangan sistem dimulai dari software dan simulasi, kemudian dibarengi dengan pengembangan hardware, yang terdiri dari signal generator, transmitter, receiver, dan transponder. Frekuensi radio yang digunakan adalah sekitar 400an Mhz agar dimensi antenna tidak besar dan jarak jangkauan tetap jauh sesuai dengan kebutuhan peluncuran roket. Hardware tersebut masih dalam tahap pengembangan. Untuk keperluan pengembangan software, maka dapat menggunakan radio komersial sebagai ujicoba sistem yang dikembangkan.<sup>3-7)</sup> Tulisan ini membahas hasil pengujian system RADAR sekunder berbasis radio komersial 2.4 GHz untuk mengukur jarak hingga beberapa puluh meter. Akuisisi data menggunakan digital oscilloscope dengan

sampling data maksimum 1 Gs/sec. Algoritma TDOA (*Time Different of Arrival*) diimplementasikan untuk menghitung jarak secara realtime. Power radio yang hanya 2 Watt dan dengan frekuensi yang relatif tinggi, sehingga kurang cocok untuk pengukuran jarak jauh, karena mudah teredam oleh lingkungan dan atmosphere.

## SISTEM RADAR SEKUNDER

RADAR sekunder terdiri dari transponder (*transmitter-responder*) dan sebuah transceiver (*transmitter-receiver*). Blok diagram seperti pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Skema RADAR sekunder.

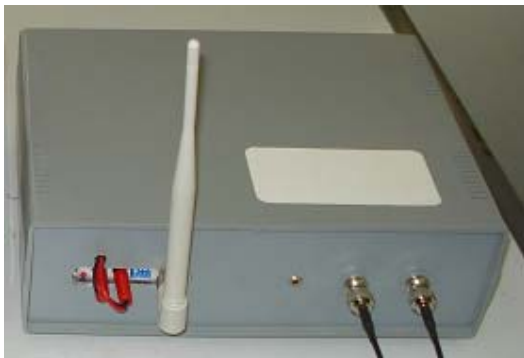
Tabel komponen elektronik yang digunakan adalah seperti table 1 berikut. Transponder terdiri dari receiver 2.38 GHz dan transmitter 2.4 GHz, untuk mengirim balik signal yang diterima (4 MHz). Transceiver terdiri dari transmitter 2.38 GHz dengan power 2 watt dan

**Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008  
Bidang Teknik Elektro**

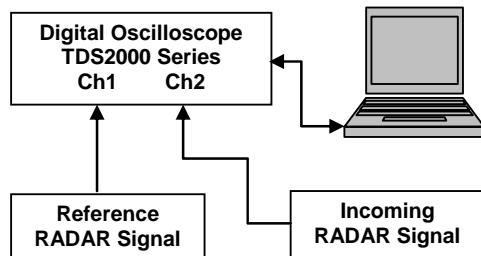
receiver 2.4 GHz. Gambar prototype transponder dan transceiver adalah seperti pada gambar 2 dan 3.

Tabel 1. Alat elektronik yang digunakan

Alat	Spesifikasi
Transmitter 1	2 watt 2.38 GHz
Transmitter 2	2 watt 2.4 GHz
Receiver 1	2.38 GHz
Receiver 2	2.4 GHz
Digital oscilloscope	Tektronix TDS2000B
PC	1 G sampling/sec PC – MATLAB



Gambar 2. Transponder RADAR sekunder.



Gambar 3. Skema sistem data akuisisi sinyal RADAR sekunder berbasis digital osiloskop dan PC.



Gambar 4. Receiver RADAR sekunder.

Pada transceiver (*base-station*) terdapat signal RADAR generator dengan frekuensi pulsa 4 MHz yang telah dikembangkan sebelumnya.<sup>7)</sup> Output signal terdiri dari dua buah signal, CH1 adalah referensi signal RADAR

dan CH2 adalah signal yang diterima. Dari kedua signal  $S_1(t)$  dan  $S_2(t)$  tersebut, maka delay signal dapat dihitung dengan persamaan dibawah. Spektrum frekuensi masing-masing signal adalah sebagai berikut:

$$X_1(\omega) = \int s_1(t)e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

untuk signal yang kedua menjadi berikut.

$$X_2(\omega) = \int s_2(t)e^{-i\omega t} dt \quad (2)$$

frekuensi *cross correlation* kedua signal dengan fungsi bobot tersebut adalah sebagai berikut:

$$\Delta T_{12} = \arg \max_{\beta} \int_{-T/2}^{+T/2} W(\omega) X_1(\omega) X_2^*(\omega) e^{-j\omega\beta} d\omega \quad (3)$$

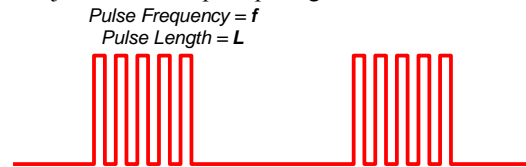
Fungsi bobot  $W(\omega)$  pada persamaan di atas dihitung dengan persamaan berikut:

$$W(\omega) = \frac{1}{|X_1(\omega)| |X_2(\omega)|} \quad (4)$$

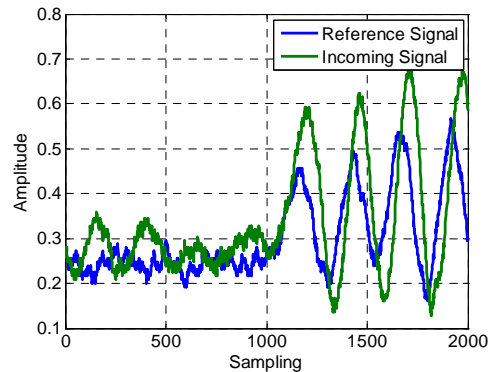
Referensi signal  $s_1(t)$  dapat menggunakan signal yang diterima  $s_2(t)$  pada saat roket belum bergerak, sehingga menjadi lebih mudah dan hanya memerlukan satu buah kanal pada osiloskop.

**PERCOBAAN DAN KALIBRASI**

Percobaan pengukuran jarak dilakukan untuk membandingkan jarak sesungguhnya dengan jarak dari hasil pengukuran system ini. Prinsip pengukuran delay dan jarak adalah seperti pada gambar dibawah.



Gambar 5. Signal RADAR yang akan diukur delaynya dengan algoritma delay dari data osiloskop.



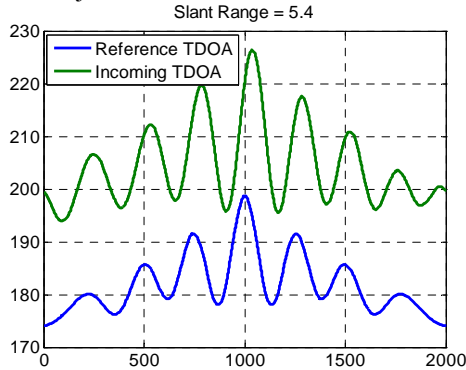
Gambar 6. Percobaan RADAR sekunder dengan jarak kira-kira 5.5 meter.

Percobaan dilakukan dalam jarak yang dekat, sehingga delay data maksimum adalah 1200 nsec. Pada percobaan kali ini jarak antara transponder dan receiver kira-kira 5.5 meter. Gambar 6 menunjukkan hasil

akuisisi data baik data referensi pada saat jarak 0 meter dan data pada saat 5.5 meter. Terlihat signal bergeser ke arah kanan (lihat puncak). Delay waktu ini yang akan kita buah menjadi jarak. Pada percobaan kali ini delay yang terukur adalah  $\Delta T=36$  nsec, sehingga jika kita hitung menjadi jarak dapat menggunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{\Delta T \cdot C}{2} \quad (5)$$

C adalah kecepatan cahaya  $3 \times 10^8$  m/det. Jarak yang terukur menjadi 5.4 meter.



Gambar 7. Hasil perhitungan TDOA dengan jarak 5.4 meter.

Perhitungan delay dilakukan dengan persamaan (1) hingga (5). Hasil cross correlation signal adalah seperti tampak pada gambar 7. Sumbu x menunjukkan sampling data dan sumbu y adalah korelasinya. Algoritma peak detector digunakan untuk menghitung lokasi pergeseran signal, sehingga delay waktu dapat ditentukan dengan sampling waktu sesuai dengan sumbu x.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, maka perlu dikembangkan algoritma untuk memperhalus signal (envelope) misalnya dengan polinomial. Frekuensi signal RADAR ini akan sangat mempengaruhi akurasi pengukuran jarak. Diskusi ini akan kami tulis dalam paper tersendiri. Aplikasi envelope detection juga akan ditulis lebih detail untuk memperbaiki akurasi jarak, sehingga sistem ini menjadi handal terhadap gangguan noise. Untuk lebih akurat dapat pula mengembangkan algoritma denoising signal frekuensi tinggi dengan wavelet transform.

## KESIMPULAN

Telah dilakukan eksperimen pengukuran jarak menggunakan system RADAR sekunder dengan menggunakan radio komersial 2.4 GHz. Akurasi pengukuran menunjukkan hasil yang cukup akurat terutama untuk aplikasi tracking trayektori roket. Percobaan ini menunjukkan algoritma yang telah dikembangkan cukup untuk mengontrol hardware dan memroses signal secara akurat. Perbaikan algoritma masih diperlukan untuk terus menambah

kehandalan dan akurasinya. Sistem RADAR ini akan dikembangkan dengan radio yang mempunyai daya jangkau lebih jauh, yaitu power yang lebih besar dan frekuensi carrier yang lebih rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peter Honold, "Secondary RADAR", Siemens 1976.
- [2] Simon K and Shaun Quegan, "Understanding RADAR Systems", McGRAW-HILL 1992.
- [3] Wahyu Widada, et al, "Iterative Correction of Multiple-Scattering Effects in Mie-Scattering LIDAR Signals", Proceeding International Laser RADAR Conference ILRC Quebec CANADA, July 8-12, 2002.
- [4] Wahyu Widada dan Sri Kliwati, "Metoda Kalibrasi TDOA Untuk Sistem Passive RADAR Trayektori Roket", Jurnal Teknologi Dirgantara Desember 2007.
- [5] Wahyu Widada, Sri Kliwati, "Frequency-Domain TDOA Estimation Of Passive RADAR For Rocket Flight Test", Prosiding Seminar Nasional FISIKA, ITB Bandung 5-6 February 2008.
- [6] Wahyu Widada dan Sri Kliwati, "Desain Sistem Passive RADAR Radio UHF Untuk Aplikasi Uji Terbang Roket", Seminar Nasional SITIA ITS Surabaya Mei 2008.
- [7] Wahyu Widada dan Sri Kliwati, "Pengembangan RADAR Signal Generator untuk Tracking Long-Range Rocket Flight Test", Prosiding Seminar Nasional Teknologi, UTY 5 April 2008.