

ANALISA SISTEM SECONDARY SURVEILLANCE RADAR UNTUK TRACKING ROKET

Wahyu Widada dan Sri Kliwati

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jln. Raya LAPAN Rumpin Bogor

Email: w_widada@yahoo.com, sri_kliwati@yahoo.com

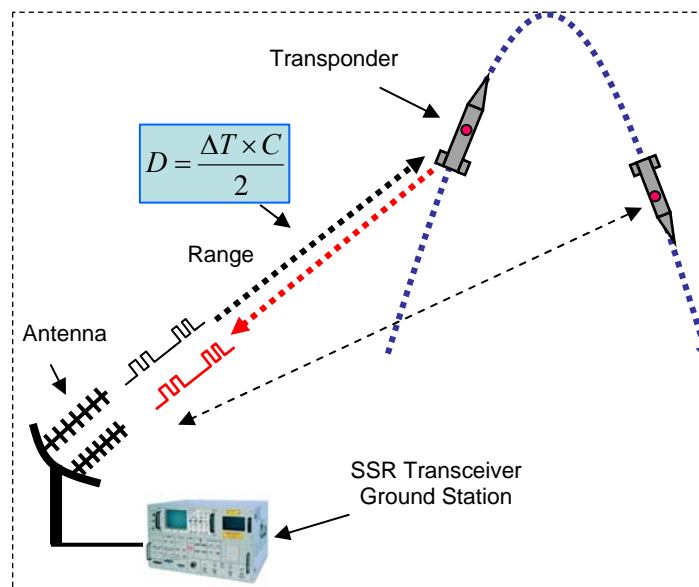
Abstrak

Mulai tahun ini LAPAN mengembangkan Sistem Secondary Surveillance RADAR (Radio Detecting and Ranging) untuk informasi jarak dan lokasi pada saat roket terbang. Pengembangan ini meliputi hardware dan pemrosesan signalnya. Tulisan ini membahas analisa akurasi jarak yang dapat diukur berdasarkan frekuensi signal RADAR dan sampling data akuisisinya. Signal RADAR dari 1 MHz hingga 10 MHz, dengan sampling data 1 GHz. Diperoleh hasil pengukuran dari sistem yang sedang dikembangkan cukup akurat untuk aplikasi tracking roket (<5 meter) hingga jarak jangkau 50 km.

Kata kunci: Secondary Surveillance RADAR, akurasi jarak, RADAR signal, frekuensi domain.

1. PENDAHULUAN

LAPAN mempunyai program pengembangan roket dengan tipe jarak jauh. Untuk melakukan deteksi maka diperlukan sistem pelacak posisi. Selama ini menggunakan teknologi GPS untuk mengukur jarak dan posisi dengan kombinasi radio telemetri. Akan tetapi metoda ini akan menjadi riskan untuk sistem pertahanan dan kemaanan nasional. Hal tersebut dikarenakan frekuensi signal GPS sudah menjadi frekuensi komersial. Sehingga sangat memerlukan sistem pelacak posisi roket tersebut secara mandiri. Salah satu sistem yang sedang dikembangkan adalah sistem secondary RADAR. Sistem ini terdiri dari transponder dan receiver, untuk menghitung waktu berangkat dan delay tiba. Dari ukuran delay tersebut, maka dapat dihitung jarak dan posisi roket tersebut. Mulai tahun ini telah dilakukan rancang bangun sistem secondary RADAR, pengembangan meliputi perangkat lunak dan perangkat kerasnya. Untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih baik, maka diperlukan analisa sistem tersebut. Hardware radio dikembangkan sendiri menggunakan komponen-komponen komersial yang terdiri dari VCO, PLL, power module, signal mixer, dan bandpass filter.



Gambar 1. Sistem Secondary Surveillance RADAR.

Tulisan ini membahas hasil analisa sistem SSR yang sedang dikembangkan. Parameter analisa sistem meliputi frekuensi RADAR, jarak jangkau, dan sampling data. Algoritma penentuan delay waktu tiba menggunakan

FFT dengan domain frekuensi. Random noise signal ditambahkan untuk mengetahui performa algoritma yang digunakan. Hasil yang diperoleh menunjukkan algoritma ini relatif tahan terhadap gangguan noise.

2. TINJAUAN PUSTKA

1. Sistem Secondary Radar

Berbeda dengan RADAR tipe back scattering (reflektor), maka RADAR tipe ini lebih mudah dalam pembuatan hardware dan pemrosesan signalnya³⁾. Karena tipe ini memang khusus untuk memantau wahana yang akan dikontrol. Skema sistem RADAR ini adalah seperti gambar 1, terdiri dari ground station dan transponder.

Ground station terdiri dari transmitter dan receiver. Kemudian pada muatan roket (transponder) terdiri dari receiver dan transmitter, dengan masing-masing gelombang frekuensi yang berbeda. Transponder pada muatan roket seperti sebuah cermin retroreflector yang memantulkan kembali sinar yang diterima, sehingga signal radio yang diterima langsung dikirim kembali ke stasiun pengamat. Jika kecepatan gelombang radio adalah $C = 3 \times 10^8$ m/s dan waktu yang dibutuhkan oleh signal radio di atmosfer adalah T_A , maka jarak tempuhnya L adalah sebagai berikut.

$$D = \frac{CT_A}{2} \quad (1)$$

Kemudian dalam pengukuran waktu tempuh signal secara total T_{TOT} yang diukur adalah sebagai berikut.

$$T_{TOT} = T_A + T_C + T_E \quad (2)$$

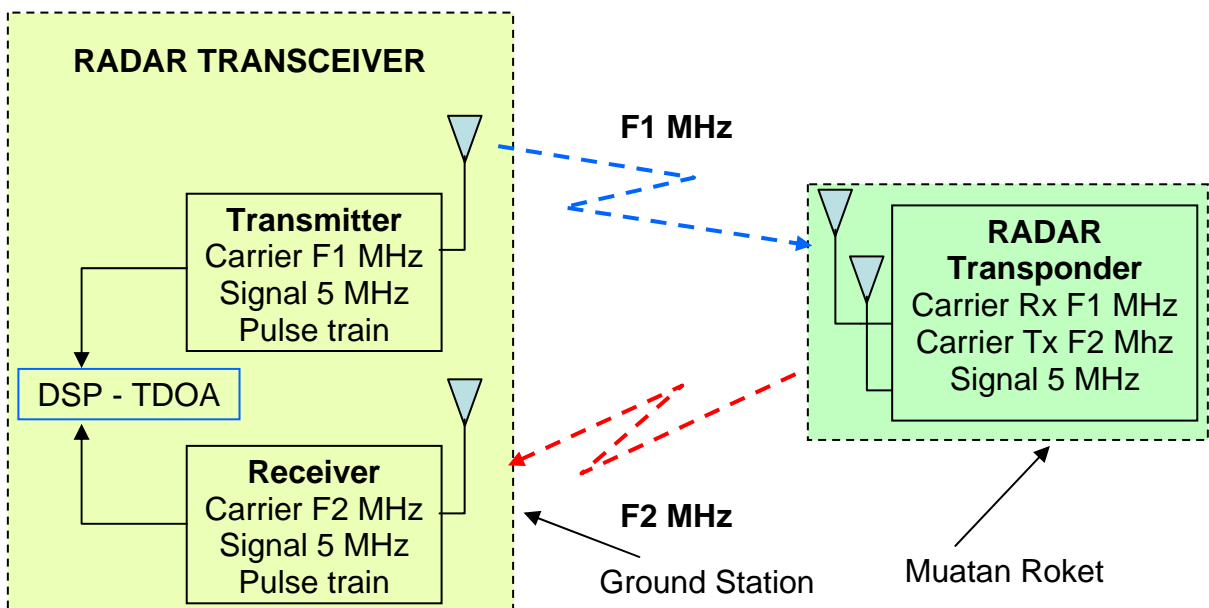
Disini T_C adalah waktu tempuh di kabel antena, T_E adalah waktu tempuh di dalam rangkaian radio⁴⁾. Sehingga, jarak antara stasiun pengamat dan roket pada saat uji terbang adalah sebagai berikut.

$$D = \frac{C(T_{TOT} - T_C - T_E)}{2} \quad (3)$$

Jika signal yang dipancarkan adalah $s_1(t)$, maka signal yang diterima adalah $s_2(t)$ dapat kita tulis dengan persamaan berikut:

$$s_2(t) = \alpha s_1(t + \Delta t) + n(t) \quad (4)$$

Disini α adalah atenuasi signal di atmosfer, $s_1(t)$ adalah signal dari transmitter, $n(t)$ adalah signal noise, dan Δt adalah delay signal di udara antara objek dan stasiun pengamatan. Skema lebih detail mengenai sistem di atas adalah seperti gambar 2 dibawah



Gambar 2. Sistem Secondary Surveillance RADAR.

Signal Processing

Pemrosesan sinyal secondary RADAR ini adalah dengan menghitung beda waktu tiba antara signal yang dikirim dengan signal yang diterima atau disebut *Time Different Of Arrival* TDOA. Algoritma estimasi TDOA berbasis frekuensi telah dikembangkan oleh Wahyu dkk adalah sebagai berikut⁶⁻⁷⁾. Mula-mula signal referensi dan signal yang diterima dihitung nilai spektrumnya. Spektrum frekuensi masing-masing signal adalah sebagai berikut:

$$X_1(\omega) = \int s_1(t)e^{-i\omega t} dt \tag{5}$$

untuk signal yang kedua menjadi berikut.

$$X_2(\omega) = \int s_2(t)e^{-i\omega t} dt \tag{6}$$

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

$$\Delta T_{12} = \arg \max_{\beta} \int_{-T/2}^{+T/2} W(\omega)X_1(\omega)X_2^*(\omega)e^{-j\omega\beta} d\omega \tag{7}$$

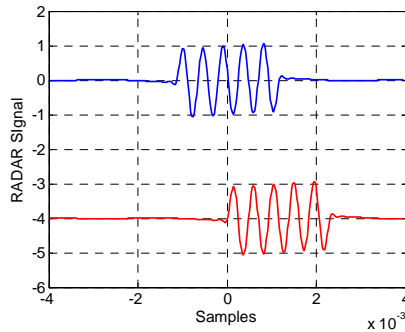
Fungsi bobot $W(\omega)$ pada persamaan di atas dihitung dengan persamaan berikut:

$$W(\omega) = \frac{1}{|X_1(\omega)||X_2(\omega)|} \tag{8}$$

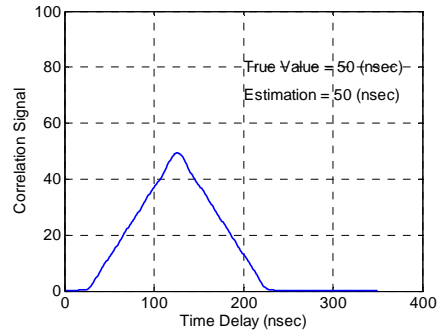
Fungsi bobot ini berhubungan dengan fase signal dan dapat secara efektif menghilangkan pengaruh signal yang dominan.

3. Simulasi Sistem Radar

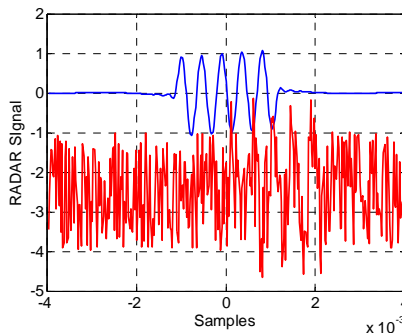
Simulasi dilakukan untuk mengetahui performa algoritma TDOA. Signal RADAR yang dipancarkan menggunakan frekuensi 10 MHz. Pemrosesan signal berbasis frekuensi ini sangat handal terhadap pengaruh noise. Gambar 10 adalah signal tanpa noise, sehingga hasil perhitungan delay menjadi sangat akurat. Akan tetapi seperti gambar 12, walaupun signal sangat besar noisenya, dan signal RADAR sudah tidak dapat dilihat lagi, hasil dari algoritma ini tetap dapat mendeteksi delay waktu dengan akurat seperti pada gambar3-6 dibawah.



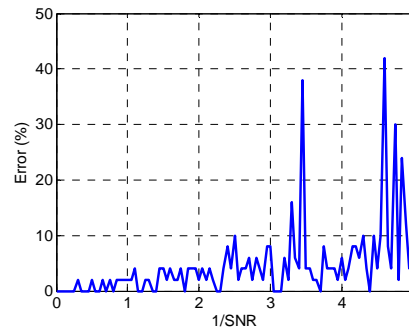
Gambar 3 Signal yang dikirim dan yang diterima.



Gambar 4 Hasil perhitungan TDOA (tanpa noise).



Gambar 5 Signal yang diterima dengan noise sampai SNR = 1/5.



Gambar 6 Hubungan nilai error dengan SNR.

Hal ini disebabkan sinyal RADAR mempunyai frekuensi yang sangat khas dibanding dengan random noise yang frekuensi spektrumnya melebar dan lemah. Jika diproses dengan time domain maka hampir pasti tidak dapat dihitung kembali. Akurasi dari hasil di atas kurang dari 3 nsec, sehingga sangat akurat untuk deteksi trayektori roket.

4.KESIMPULAN

Sistem secondary RADAR telah mulai dikembangkan untuk aplikasi pengujian terbang roket-roket LAPAN. Analisa sistem ini diasumsikan signal mendapatkan noise hingga $SNR = 1/5$ dengan menghitung TDOA antara signal yang dikirim dan yang diterima. Hasil yang diperoleh menunjukkan noise kurang dari 10 % pada saat SNR sekitar 1/3. Jika teknologi ini sudah dapat dikuasai dengan sempurna, maka aplikasi untuk bidang-bidang lain dapat dilakukan dengan mudah, seperti lokal air traffic control, pemantauan pasukan, radio telekomando dan lain-lain. Perhatian dan dukungan dana untuk kemajuan penelitian ini sangat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Peter Honold, "Secondary RADAR", Siemens 1976.
Simon K and Shaun Quegan, "Understanding RADAR Systems", McGRAW-HILL 1992.
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.
Wahyu Widada dan Sri Kliwati, "Metoda Kalibrasi TDOA Untuk Sistem Passive RADAR Trayektori Roket", Jurnal Teknologi Dirgantara Desember 2007.
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.
Wahyu Widada dan Sri Kliwati, "Desain Sistem Passive RADAR Radio UHF Untuk Aplikasi Uji Terbang Roket", Seminar Nasional SITIA ITS Surabaya April 2008.
Wahyu Widada dan Sri Kliwati, "Pengembangan RADAR Signal Generator untuk Tracking Long-Range Rocket Flight Test", Prosiding Seminar Nasional Teknologi, UTY 5 April 2008.