

METODE KALIBRASI *RADAR TRANSPONDER* ROKET MENGUNAKAN DATA GPS (CALIBRATION METHOD OF RADAR TRANSPONDER FOR ROCKET USING GPS DATA)

Wahyu Widada

Peneliti Bidang Telemetri dan Muatan Roket, LAPAN
e-mail: w_widada@yahoo.com

ABSTRACT

This paper discusses the method of calibration of radar transponders for the rocket launch applications using GPS data. Calibration is performed by measuring the distance of two positions with GPS data and used as a reference for the calibration range radar transponder. Transponder is placed on the measured position and the radar transceiver is placed in a position of radar base station. The obtained results shows that the calibration method is very easy to do, reference to a longer distance can improve the accuracy result of the calibration. We obtained a calibration factor value for the radar system used in the experiment is 0.9275.

Keywords: *Radar transponder, GPS, Google-earth, Calibration method*

ABSTRAK

Tulisan ini membahas metode kalibrasi radar transponder untuk aplikasi peluncuran roket dengan menggunakan data GPS. Kalibrasi dilakukan dengan mengukur dua jarak posisi dengan data GPS dan digunakan sebagai referensi jarak kalibrasi pada radar *transponder*. *Transponder* diletakkan pada posisi yang diukur dan *transceiver* radar diletakkan pada posisi stasiun pengamatan. Hasil yang diperoleh menunjukkan metode kalibrasi ini sangat mudah dilakukan, semakin jauh jarak kalibrasi maka hasil kalibrasi yang diperoleh menjadi semakin akurat. Nilai faktor kalibrasi yang diperoleh untuk sistem yang digunakan pada percobaan adalah 0.9275.

Kata kunci: *Radar transponder, GPS, Google earth, Metode kalibrasi*

1 PENDAHULUAN

Radar *transponder* dikembangkan untuk pelacak posisi peluncuran roket secara *realtime*. Radar ini mempunyai keunggulan dapat mengukur ketinggian roket hingga ratusan kilometer, sejauh sinyal radio merambat. Selain hal tersebut, sistem ini tidak menggunakan sensor *Global Positioning System* (GPS), sehingga tidak memerlukan antena dan alat penerima GPS. Sistem radar ini perlu dikalibrasi untuk memastikan fungsi dan koreksi parameter yang digunakan. Kalibrasi radar primer dengan data GPS ini telah dilakukan oleh Chin.L dan James V et al. (Chin, L., 1985; James V. Melody and Peter Kramarenko, 1993),

sedangkan kalibrasi radar transponder untuk roket belum dilakukan dengan menggunakan data GPS. Oleh karena itu metode kalibrasi radar *transponder* dengan menggunakan data GPS ini perlu dilakukan. Prinsip yang dilakukan adalah membandingkan jarak yang diukur dari data GPS dan jarak ukur dari radar *transponder*, dari kedua data tersebut maka akan diperoleh faktor kalibrasi untuk koreksi parameter seluruh sistem. Jarak antara dua titik secara cepat dapat dilihat dan dihitung dengan bantuan *software google-earth* (<http://earth.google.com>). *Software* ini sangat membantu dalam penentuan posisi dan jarak yang digunakan pada

metode ini. Selain metode ini, telah dikembangkan metode kalibrasi radar *transponder* oleh Widada dkk, dengan menggunakan kabel yang berukuran panjang sebagai referensi. Metode ini untuk melakukan kalibrasi lebih teliti pada sistem resolusi tinggi, sedangkan sistem untuk pengukuran jarak yang jauh, maka perlu dikembangkan metode lain (Wahyu Widada dkk, 2008).

Tulisan ini membahas metode kalibrasi pengukuran jarak radar *transponder* dengan menggunakan data GPS sebagai pembanding untuk menentukan faktor koreksi parameter sistem. Jarak referensi ditentukan dengan data GPS pada dua tempat dan kemudian melakukan perbandingan dengan data yang diperoleh dari radar *transponder* dengan parameter standar. Faktor kalibrasi ini akan semakin akurat jika jarak kalibrasi semakin jauh. Faktor kalibrasi yang diperoleh adalah nilai kalibrasi keseluruhan dari sistem radar *transponder* yang terdiri dari; *delay* instrumen dan kabel, kecepatan *sampling data*, rambatan gelombang di udara (bervariasi tergantung parameter cuaca), sehingga pamater yang diperoleh langsung dapat digunakan pada setiap pengukuran.

2 METODE KALIBRASI

Kalibrasi ini ditujukan untuk menentukan faktor koreksi jarak yang diperoleh dari keseluruhan sistem. *Sampling* jarak ini sangat ditentukan oleh kecepatan *sampling data* dan kecepatan rambat gelombang di udara. Kedua data tersebut digunakan untuk mengukur jarak. Secara umum, metode kalibrasi ini dilakukan dengan cara membandingkan dua buah jarak yang diukur dari dua alat yang berbeda. Salah satu alat ukur yaitu GPS dianggap akurat untuk pengukuran jarak hingga 20 meter kesalahan. Sedangkan alat ukur jarak dengan menggunakan radar *transponder*, secara umum dari hasil yang telah dikembangkan, masih dalam

jarak resolusi 100-an meter. Jika dua buah titik diukur dengan data GPS (data sudut *Latitude* (Lat) dan *Longitude* (Lon), maka jarak kedua titik tersebut dapat dihitung dengan tiga persamaan berikut ini:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\text{Lat}}{2}\right) + \cos(\text{Lat}_1) \cos(\text{Lat}_2) \sin^2\left(\frac{\Delta\text{Lon}}{2}\right) \quad (2-1)$$

$$c = 2 \operatorname{atan}(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)}) \quad (2-2)$$

$$d = Lc \quad (2-3)$$

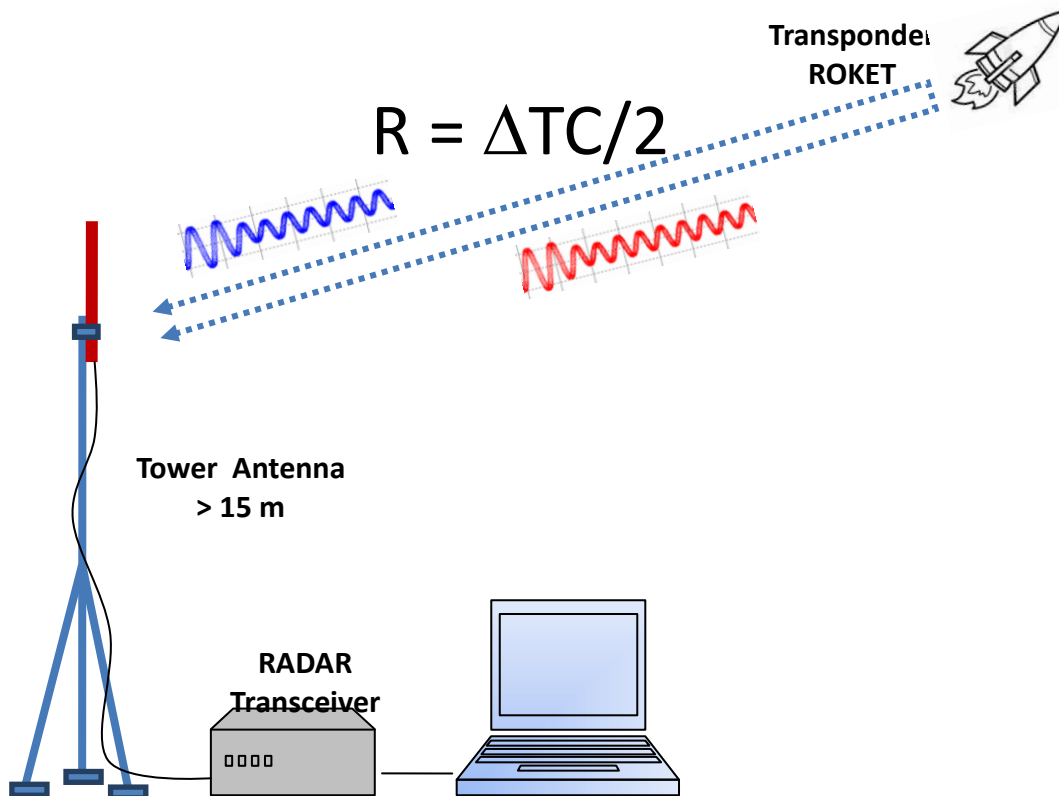
disini L adalah jari-jari bumi sebesar 6371 km.

Sistem radar *transponder* terdiri dari radio *transceiver* yang berfungsi untuk mengirim *signal beacon* dan radio *transponder* untuk menerima dan memancarkan kembali (Gambar 2-1). Radar sinyal prosesor digunakan untuk mengukur waktu tunda antara sinyal yang dikirim dan sinyal yang diterima yang disebabkan oleh jarak perjalanan gelombang radio di udara. Secara umum waktu tunda yang timbul pada signal tersebut disebabkan oleh waktu tunda pada *hardware* ΔT_1 dan pada saat di udara ΔT_2 . Total waktu tunda ΔT_T sinyal dapat ditulis dengan persamaan berikut.

$$\Delta T_T = \Delta T_1 + \Delta T_2 \quad (2-4)$$

Disini total waktu tunda dapat dihitung dari sistem radar *transponder* itu sendiri, sedangkan waktu tunda di udara dihitung dari referensi data GPS. Oleh karena itu, waktu tunda sistem *hardware* radar dapat dihitung atau dikalibrasi. Jika waktu tunda *hardware* sudah dapat ditentukan, maka waktu tunda di udara atau ΔT_2 oleh sistem radar *transponder* secara mandiri dapat dihitung. Waktu tunda *hardware* ini nilainya konstan untuk sistem dengan komponen *hardware* yang sama. Jika radio *transponder* yang digunakan berbeda, maka nilai waktu tunda ini juga akan berbeda pula. Oleh karena itu kalibrasi sistem radar *transponder* ini mutlak harus dilakukan. Jarak antara *transponder* dengan *base-station* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$R = \frac{\Delta T_2 C}{2} \quad (2-5)$$



Gambar 2-1: Sistem radar *transponder* terdiri dari *transponder*, antena, sinyal prosesor, dan radar *transceiver*

Nilai kalibrasi untuk masing-masing radio *transponder* akan berbeda, walaupun menggunakan jenis dan tipe radio yang sama persis. Faktor kalibrasi K dalam metode ini dapat ditulis dengan persamaan berikut.

$$K = \frac{R_{GPS}}{R_{RADAR}} \quad (2-6)$$

Disini R_{GPS} adalah jarak dihitung dari data GPS dan R_{RADAR} adalah jarak yang dihitung dari data radar. Hasil perbandingan tersebut merupakan faktor koreksi parameter dari seluruh sistem pada radar *transponder*.

3 HASIL KALIBRASI RADAR TRANSPONDER

Kalibrasi dilakukan dengan mengukur jarak dua tempat yang cukup jauh, kira-kira 2 km jaraknya. Data posisi dihitung dan dicatat dengan menggunakan data GPS yang kemudian dapat dimasukkan pada *software* per-

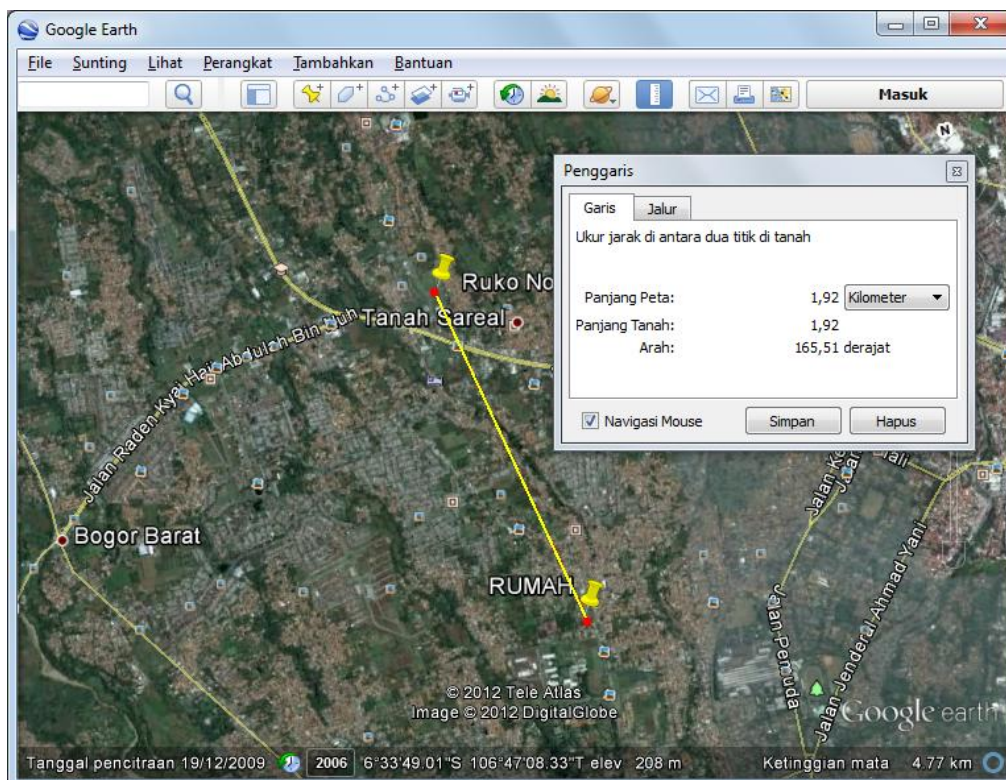
hitungan jarak. Untuk lebih cepat, dengan menggunakan *software google-earth* data GPS dapat diambil yang telah ada pada data peta. Tetapi untuk lebih akurat, perlu dihitung secara langsung dari alat GPS. Perangkat lunak tersebut hanya digunakan untuk melihat referensi posisi. Data posisi kedua jarak tersebut dapat dilihat pada Tabel 3-1. Kedua posisi tersebut berada dilokasi dalam kota Bogor.

Data jarak yang diperoleh dari GPS ini digunakan sebagai referensi untuk menentukan *parameter sampling data*, sedangkan jarak dari sistem radar dilakukan dengan perhitungan pada persamaan (2-1) hingga persamaan (2-5).

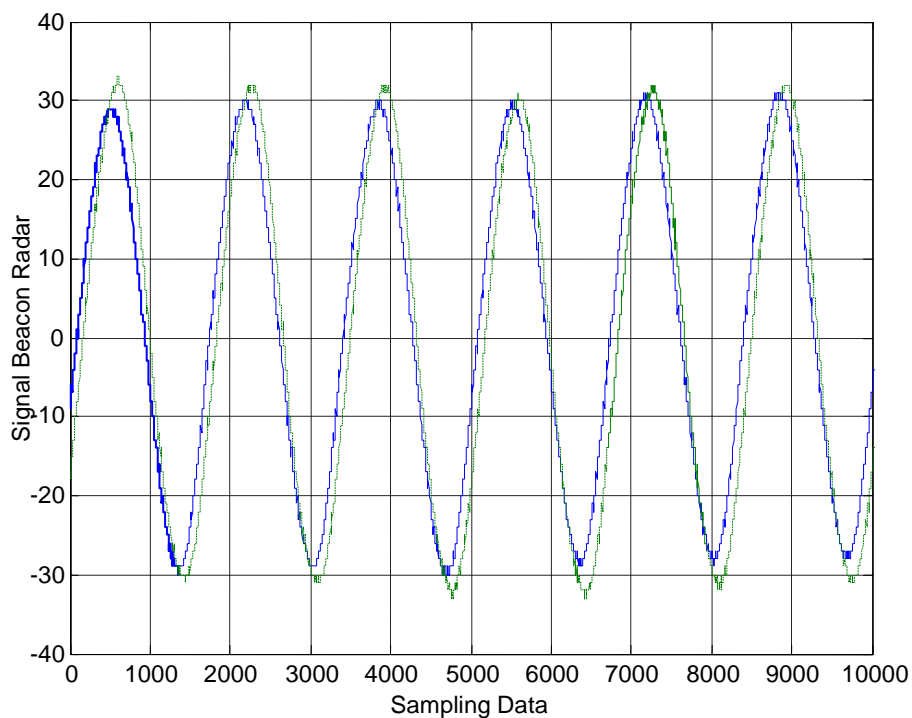
Dengan menggunakan *software google-earth* seperti terlihat pada Gambar 3-2 dan dengan perhitungan dari persamaan (1) hingga persamaan (3), maka jarak antara dua titik tersebut adalah 1.92 km.

Tabel 3-1: DATA POSISI DUA TEMPAT DENGAN GPS

No	Paremeter	Nilai
1	Posisi <i>transponder</i>	6°33'19.66"S, 106°46'59.77"T
2	Posisi <i>transceiver</i>	6°34'19.21"S, 106°47'16.26"T
3	Jarak dua posisi	1920 [m]



Gambar 3-2: Peta lokasi dua titik dengan jarak 1.92 km dengan *Google-earth*



Gambar 3-3: *Signal radar transponder*, garis tanpa putus adalah *signal* yang dikirim dan garis putus-putus adalah *signal* yang diterima kembali dari *transponder*

Kalibrasi radar *transponder* adalah untuk mengoreksi waktu tunda tiba antara *signal* yang dikirim pada jarak nol meter dengan waktu tiba *signal* yang sampai ke *transponder* roket hingga kembali lagi, serta mengoreksi kecepatan gelombang di udara. Sinyal dirata-rata hingga sepuluh kali pengukuran. Dari hasil pengukuran waktu tunda tersebut, maka akan dapat diukur jarak berdasarkan persamaan di atas dengan parameter seperti pada Tabel 3-2. Asumsi kecepatan *sampling data* dari sistem ini adalah 5 mega *sampling* tiap detik dan kecepatan gelombang radio *C* merambat diudara adalah 3×10^8 m/detik. Dari data tersebut, jarak yang diperoleh berdasarkan parameter yang digunakan adalah 2070 meter (waktu tunda adalah 0.138 micro detik). Dibandingkan dengan jarak dari data GPS, maka ada sedikit perbedaan. Dengan menggunakan faktor kalibrasi seperti pada persamaan (2-6) diatas, maka diperoleh faktor kalibrasi sebesar $K = 0.9275$, dan kemudian hasil ini digunakan sebagai faktor koreksi pada sistem ini pada setiap pengukuran.

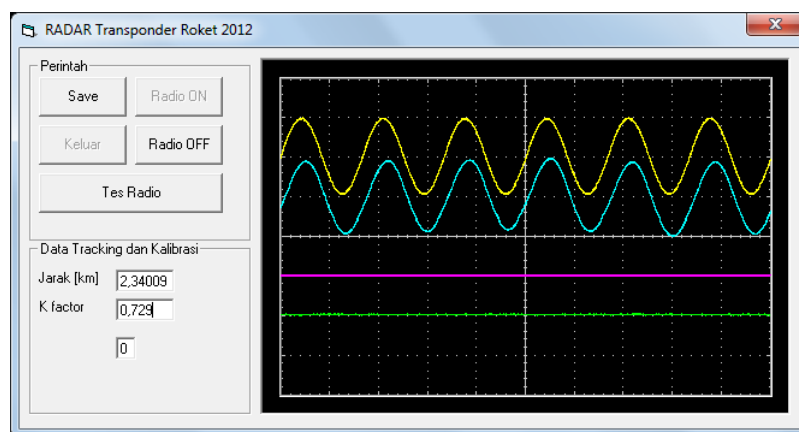
Hasil kalibrasi nilai K ini akan konstan bernilai untuk sistem *transceiver*

radar *transponder* dengan alat yang sama. Akan tetapi nilai *delay* instrumen akan menjadi berbeda-beda untuk masing-masing radio *transponder* yang akan digunakan pada muatan roket. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik *delay* waktu pada komponen yang digunakan pada masing-masing radio (jenis kabel dan IC). Walaupun menggunakan tipe komponen IC yang sama, tetapi karakteristik masing-masing komponen tidak ada yang berbeda. Oleh karena itu kalibrasi penentuan *delay* instrumen ini harus selalu dilakukan untuk radio *transponder* yang berbeda.

Untuk melakukan kalibrasi, maka diperlukan *software interface* yang dapat mengontrol *hardware* secara keseluruhan (radio pemancar/penerima, *beacon generator*, dan data akuisisi). Gambar 3-4 adalah *software* yang digunakan untuk mengontrol radio *transceiver*, akuisisi *signal beacon*, dan untuk penentuan kalibrasi. *Software* tersebut berbasis bahasa Visual Basic, sehingga mudah dioperasikan dan dapat dikembangkan lebih lanjut.

Tabel 3-2: Parameter standar sistem radar transponder

No.	Parameter	Nilai
1	<i>Sampling data</i>	5 MSPS (5 juta data tiap detik)
2	<i>Speed Gelombang Radio</i>	300.000.000 [m/detik]
3	Nilai <i>delay</i> waktu/waktu tunda	0.138 [us]
4	Jarak sebelum kalibrasi	2070 [meter]



Gambar 3-4: *Software* kalibrasi dan pemrosesan *signal beacon* radar

4 KESIMPULAN

Telah dikembangkan metode kalibrasi radar *transponder* roket dengan menggunakan data GPS sebagai referensi jarak. Hasil perhitungan faktor kalibrasi pada sistem yang sedang dikembangkan adalah 0.9275 dengan referensi jarak 1.92 km. Kalibrasi untuk masing-masing *transponder* harus dilakukan, hal ini disebabkan oleh parameter komponen radio yang mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Secara umum langkah atau algoritma pada metode kalibrasi ini adalah sebagai berikut:

- Menentukan dua titik posisi dengan jarak tertentu (lebih jauh dan dengan kondisi *line-of-sight* lebih baik).
- Menghitung jarak dua titik dengan data GPS.
- Menghitung jarak dua titik dari waktu tunda rambatan gelombang radio menggunakan radar *transponder* dengan nilai parameter standar (kecepatan

sampling data dari perangkat keras dan kecepatan gelombang radio diudara).

- Menghitung faktor kalibrasi dengan membandingkan jarak ke dua alat.
- Menggunakan faktor kalibrasi untuk sistem radar *transponder*.

DAFTAR RUJUKAN

- Chin, L., 1985. *A Feasibility Study of using GPS to Calibrate an Instrumentation radar*, Navigation (ISSN 0028-1522), vol. 32, Spring 1985, p. 57-67.
- <http://earth.google.com>.
- James V. Melody and Peter Kramarenko, 1993. *The Use of GPS in Radar Calibration*, Proceedings of the 6th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 1993) September 22 - 24, 1993.
- Wahyu Widada dkk, 2008. *Metode Kalibrasi TDOA Untuk Sistem Passive RADAR Trayektori Roket*, Jurnal. Teknologi Dirgantara.