

# ANALISA KEAKURATAN SENSOR SUHU ANALOG MODUL APRS SATELIT LAPAN-A2 DENGAN MENGGUNAKAN MODUL UJI VALIDASI (ANALYSIS OF ANALOGUE TEMPERATURE SENSOR ACCURACY ON LAPAN-A2 SATELLITE APRS MODULE USING VALIDATION TEST MODULE)

Andi Muhktar Tahir<sup>\*)1</sup>, Deddy El Amin<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Peneliti Pusat Teknologi Satelit, LAPAN

<sup>\*\*)</sup> Perekraya Pusat Teknologi Satelit, LAPAN

<sup>1</sup>e-mail: andimukhtar@gmail.com

## ABSTRACT

Due to its nature of commercial, APRS module, one of Lapan-A2 micro satellite payloads, needs thermal test in order to know how accurate analogue temperature sensor contained therein. Using thermal chamber VC<sup>3</sup> 4018, the thermal test basically is intended not only to measure the APRS module temperature including its surrounding space, but also to know the module durability over the temperature changes in orbit.

The testing process has been starting by putting the analogue temperature sensor together with a digital sensor, and have been directly validated by the data of two digital temperature sensors inside the chamber throughout the process. The validation data of both sensors fundamentally have been controlling first by a micro controlled module, namely "Modul Uji Validasi", before sending to the APRS module. This flow enable that information of four sensors can be out simultaneously. Applying  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  of error margin, the graph of temperature versus time as final result shows that the data of the analogue sensor is less accurate for temperature above  $30^{\circ}\text{C}$ .

Keywords: APRS, Lapan-A2 satellite, Temperature sensor, Validation test.

## ABSTRAK

Modul *Automatic Position Reporting System* (APRS) merupakan salah satu muatan Satelit Lapan-A2 (Lapan-Orari), sebuah mikro satelit yang mempunyai misi penanggulangan bencana alam. Modul APRS yang digunakan oleh Lapan-A2 merupakan produk komersial sehingga perlu dilakukan pengujian *thermal* sebelum diluncurkan, terutama untuk mengukur keakuratan data dari sensor suhu analog yang terdapat di dalamnya. Pengujian *thermal* dengan menggunakan *thermal chamber* VC<sup>3</sup> 4018 terhadap sensor analog selain berfungsi untuk mengukur temperatur dari APRS itu sendiri dan suhu ruang di sekitarnya, pada dasarnya juga bertujuan untuk mengetahui daya tahan modul APRS terhadap perubahan suhu saat Lapan-A2 berada di orbit.

Dengan meletakkan sebuah sensor suhu digital secara berdampingan langsung dengan sensor suhu analog dalam modul APRS, proses pengujian di dalam *thermal chamber* berlangsung. Sebagai acuan untuk proses validasi kedua sensor suhu tersebut, dipergunakan data suhu yang diperoleh dari dua sensor suhu digital yang diletakkan di dalam *thermal chamber* selama proses pengujian dan data ini diproses di dalam sebuah modul mikrokontroler yang diberi nama modul uji validasi sebelum dikirim ke modul APRS, sehingga nantinya data akhir dari keempat sensor suhu keluar bersamaan sehingga dengan mudah dapat langsung dibandingkan. Hasil akhir yang berupa grafik

temperatur terhadap waktu menunjukkan bahwa dengan menggunakan rentang kesalahan  $\pm 1^\circ\text{C}$ , sensor analog dari modul APRS kurang akurat dalam memberikan data terutama pada saat temperatur diatas  $30^\circ\text{C}$ .

Kata kunci : APRS, Satelit Lapan-A2, Sensor suhu, Uji validasi

## 1 PENDAHULUAN

Modul APRS yang dipasang pada satelit LAPAN-ORARI ini merupakan modul yang direkomendasikan oleh tim ORARI, modul yang sifatnya komersial tersebut kemudian dimodifikasi oleh tim LAPAN dan dilakukan beberapa tahapan pengujian seperti tes *thermal* dan tes *vacuum* sehingga modul tersebut siap menjadi modul *Flight Model* (FM).

Muatan APRS ini mempunyai misi penanggulangan bencana alam yang menyediakan sarana komunikasi untuk radio amatir di lokasi bencana [El Amin, Deddy et al, 2014]. Selain dipergunakan sebagai alat komunikasi, karena APRS ini juga dilengkapi dengan sensor suhu analog (LM335) sehingga bisa digunakan untuk mengukur temperatur APRS itu sendiri dan suhu ruang di sekitarnya. Namun sebelum diluncurkan, sensor suhu yang ada pada APRS ini perlu divalidasi pada *thermal chamber* untuk mengukur keakuratan data yang dikeluarkan sensor tersebut dan juga ketahanan modul untuk berbagai suhu.

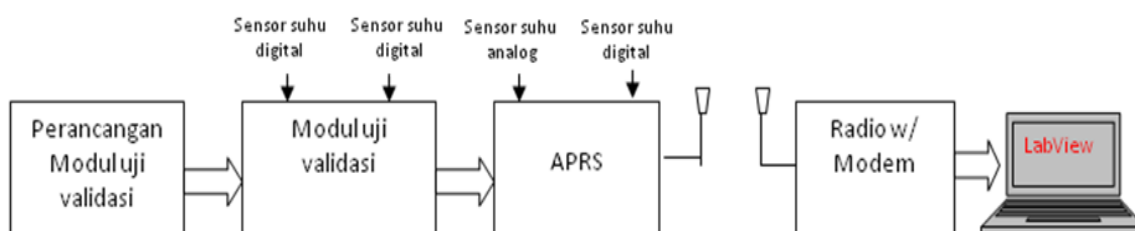
Permasalahan muncul karena *thermal chamber* yang digunakan keluarannya bersifat manual, pengombinasian data suhu sensor APRS yang sedang diuji dengan data suhu *thermal chamber* dilakukan secara manual di perangkat lunak Excel, sehingga tidak memungkinkan untuk mendapatkan hasil pembacaan kedua sensor tersebut dalam waktu pengukuran yang sama.

Untuk menanggulangi permasalahan tersebut maka dibangun suatu modul mikrokontroler yang disebut modul uji validasi yang dirancang untuk mengolah data sensor suhu digital (DS18S20) yang dipasang sebagai pengganti dari data suhu *thermal chamber*, kemudian data tersebut dikirim bersama-sama dengan data sensor suhu analog dan sensor suhu digital yang ada pada modul APRS untuk dianalisa.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memvalidasi sensor suhu analog yang ada di APRS dengan mengukur keakuratan datanya, dan menguji daya tahan modul APRS terhadap berbagai macam temperatur.

## 2 METODOLOGI

Metode yang digunakan untuk memvalidasi sensor suhu yang ada pada APRS ini adalah membangun suatu modul uji validasi untuk mengolah data dua sensor suhu digital yang bertindak sebagai pembanding dan pengganti dari data suhu *thermal chamber*. Kedua data tersebut beserta data sensor suhu analog dan sensor suhu digital yang diletakkan berdampingan dalam *box* APRS dibandingkan menggunakan perangkat lunak LabView. Data tersebut kemudian disimpan dalam file Excel untuk dianalisa. Pada Gambar 2-1 diperlihatkan blok diagram proses pengujian keakuratan sensor suhu analog APRS.



Gambar 2-1: Blok diagram uji validasi sensor suhu APRS

Langkah pertama dimulai dengan perancangan Modul uji validasi APRS, setelah Modul uji validasi selesai dibangun dan berjalan dengan baik maka dilanjutkan uji validasi sensor suhu APRS. Kemudian data dari keempat sensor suhu tersebut ditransmisikan melalui Modul APRS dan diterima oleh radio penerima yang dilengkapi dengan modem sehingga datanya bisa langsung ditransfer ke komputer dan diolah dengan perangkat lunak LabView. Hasil keluaran dari LabView ini berupa grafik untuk dianalisa selanjutnya.

### 3 DASAR TEORI

Komponen-komponen satelit harus mampu bertahan pada tekanan fisik yang ekstrim selama perjalanan ke orbit, dan harus tetap beroperasi di lingkungan yang keras di ruang angkasa. Interaksi wahana antariksa (satelit) dengan lingkungan di ruang angkasa akan membatasi kemampuan wahana antariksa tersebut yang dapat mengakibatkan *malfunctions* atau *loss of components/subsystems* [Larson & Wertz, 2005]. Beberapa faktor lingkungan ruang angkasa diantaranya adalah Pancaran sinar matahari dan pantulan cahaya dari bumi, Gaya-gaya gravitasi, medan magnet dan listrik, gas netral, plasma, partikel-partikel bermuatan cepat, Meteorid dan sampah ruang angkasa.

Dalam dekade terakhir, peningkatan dramatis pada pentingnya kehandalan sistem elektronik untuk aplikasi ruang angkasa telah mempengaruhi penelitian lebih dari perangkat ini, terutama kehandalan yang berkaitan dengan suhu. Kegagalan komponen sangat bergantung pada suhu di mana perangkat itu beroperasi. Ini juga berlaku untuk komponen-komponen elektronik, seperti dioda, resistor dan kapasitor. Komponen ini ketika digunakan dalam aplikasi ruang angkasa harus menanggung beban *thermal* keras yang disebabkan oleh

lingkungan *thermal* ruang angkasa. Beban *thermal* ini menyebabkan sistem elektronik bisa gagal melalui mekanisme seperti propagasi retak sambungan solder, patah sambungan mekanis atau kerusakan listrik [H.-S, Seo et al, 2012].

Satelit Lapan-A2 yang akan ditempatkan pada orbit LEO dengan ketinggian sekitar 600 Km di atas permukaan bumi akan mengalami unsur-unsur lingkungan ruang angkasa LEO yang terdiri dari vakum tinggi, radiasi ultraviolet (UV), siklus *thermal*, atomik oksigen, partikel-partikel bermuatan, radiasi elektromagnetik, meteorid mikro dan puing-puing sampah antariksa buatan manusia yang secara signifikan menurunkan karakteristik bahan material. Siklus *thermal* dari +150° C sampai -150 °C terjadi antara sisi menghadap matahari dan sisi menghadap bayangan dari satelit saat beroperasi di LEO [Joo-Hyun & Chun-Gon, 2004]. Untuk itu tes simulasi getaran dan *thermal* ekstrem harus dilakukan sebelum peluncuran, untuk memastikan semua instrumen akan bertahan pada cuaca ekstrem di ruang angkasa.

Tes *thermal* yang dilakukan disini selain untuk mengetahui daya tahan modul juga untuk menguji keakuratan sensor suhu analog yang ada pada APRS dengan membandingkan data suhu dari *thermal chamber*. Namun kedua data suhu ini tidak dapat dibandingkan serentak dalam waktu pengukuran yang sama, sehingga dirancang suatu modul yang disebut modul uji validasi. Rancangan modul uji validasi ini menggunakan mikrokontroler ATmega32 sebagai prosesor kontrol. Prototipe *Printed Circuit Board* (PCB) modul uji validasi yang telah dibuat adalah seperti pada Gambar 3-1. Komunikasi dari modul uji validasi ke APRS menggunakan data serial.

Prinsip kerja modul ini adalah membaca data dua sensor suhu digital yang bertindak sebagai pengganti dari data suhu *thermal chamber* (jadi *thermal*

*chamber* hanya bersifat pembangkit panas). Kemudian diperiksa apakah ada perubahan suhu yang terjadi, jika ada perubahan maka modul tersebut mengirim perintah ke modul APRS untuk merubah/memperbarui isi pesan APRS yang berupa informasi suhu. Jadi pesan APRS dijadikan sebagai sumber informasi suhu. Dengan demikian modul APRS dapat diuji dalam kondisi beroperasi sekaligus memberikan informasi suhu. Pada Gambar 3-2 diperlihatkan contoh data dari isi pesan APRS yang berisi informasi suhu.



Gambar 3-1: Foto modul mikrokontroler pengujian *thermal* APRS

```
8:51:38
YBOX-1>APOT21,SGATE:> 24C 27C 27C 29C
8:51:44
YBOX-1>APOT21,SGATE:> 24C 27C 27C 28C
8:51:49
YBOX-1>APOT21,SGATE:> 23C 27C 27C 28C
```

Data temperatur  
dari sensor suhu

Gambar 3-2: Data keluaran APRS yang berisi informasi suhu

#### 4 PEMBAHASAN DAN ANALISA

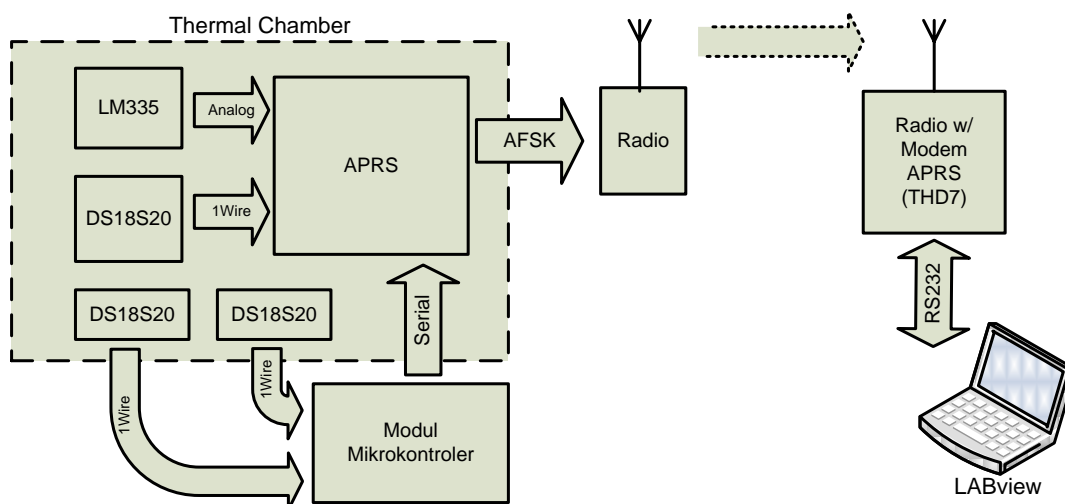
Setelah rancang bangun modul uji validasi selesai dan hasil tes menunjukkan sistem berjalan dengan baik, maka dilanjutkan dengan tes validasi sensor suhu APRS. Tes ini dilakukan di Laboratorium *Thermal* menggunakan *thermal chamber* tipe VC<sup>3</sup> 4018 yang ada di Pusteksat Lapan Rancabungur. *Thermal chamber* ini mempunyai data teknis kinerja untuk tes temperatur yaitu; *range* temperatur

(°C) -42 - +180, deviasi temperatur dalam waktu (K)  $\pm 0,1$  sampai  $\pm 0,5$ , dan nilai kalibrasi temperatur +23 °C dan +80 °C [Votsch Industrietechnik]. Insatalasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 4-1.

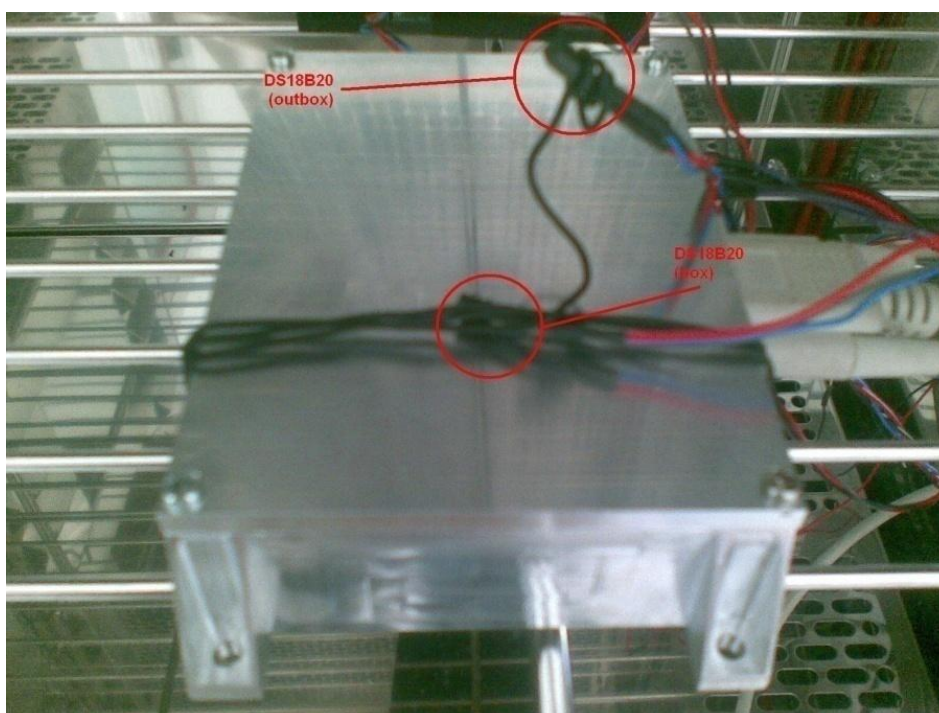
Ada empat sensor suhu yang dibaca dalam pengetesan ini, yaitu dua sensor suhu yang berada dalam *box* APRS dan dua sensor suhu di luar *box* APRS. Sensor suhu yang ada di dalam *box* APRS adalah sensor suhu analog LM335 yang merupakan sensor bawaan APRS yang akan divalidasi dan sensor suhu digital DS1820 yang merupakan sensor suhu opsional (tambahan) sebagai pembanding dari sensor suhu analog. Sedangkan dua sensor suhu yang lainnya berada di luar *box* merupakan sensor suhu digital yang tipenya sama dengan sensor suhu digital yang ada di dalam *box* yaitu DS1820. Satu ditempatkan tepat di atas *box* (menempel pada *box*) dan satunya lagi di sekitar *box* seperti ditunjukkan pada Gambar 4-2, tujuannya adalah sebagai pengganti atau mewakili data suhu dari *thermal chamber* dan diproses pada modul uji validasi sebelum dikirim ke APRS melalui antarmuka serial.

Data dari APRS ditransmisikan melalui frekuensi radio dan diterima di radio penerima yang dilengkapi dengan modem (Radio THD7) sehingga datanya bisa langsung ditransfer ke komputer dan diproses oleh perangkat lunak Lab View seperti diperlihatkan pada Gambar 4-3 *front panel software* pengujian *thermal* APRS dan data hasilnya disimpan dalam file Exel.

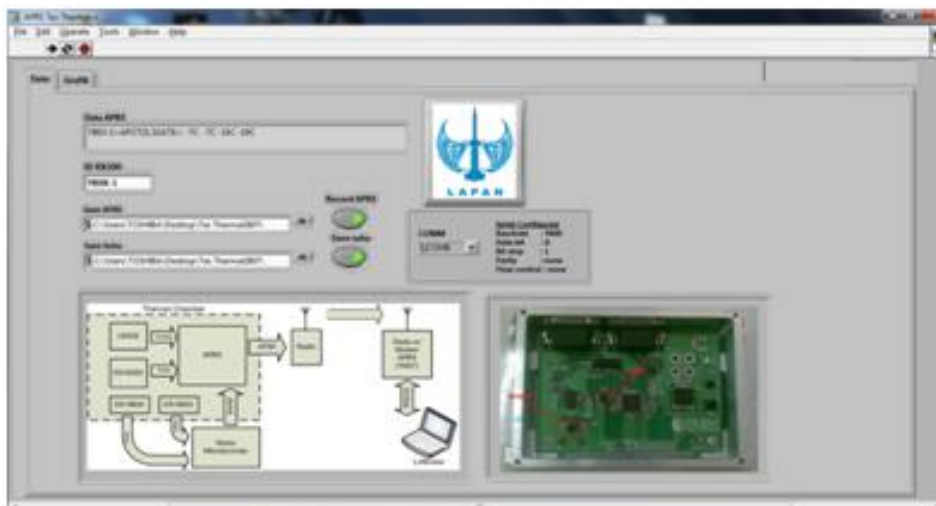
Dalam pengetesan dilakukan pengambilan data (*sampling data*) sebanyak 2840 kali dengan interval waktu 5 sampai 6 detik sesuai hasil pembacaan APRS, dan pengambilan data dimulai dari suhu 60 °C sampai dengan -20 °C dan sebaliknya secara kontinyu. Dari hasil tes *thermal* ini diperoleh grafik seperti pada Gambar 4-1.



Gambar 4-1: Instalasi pengujian *thermal* modul APRS



Gambar 4-2: Modul APRS dengan 4 sensor suhu diuji didalam *thermal chamber*

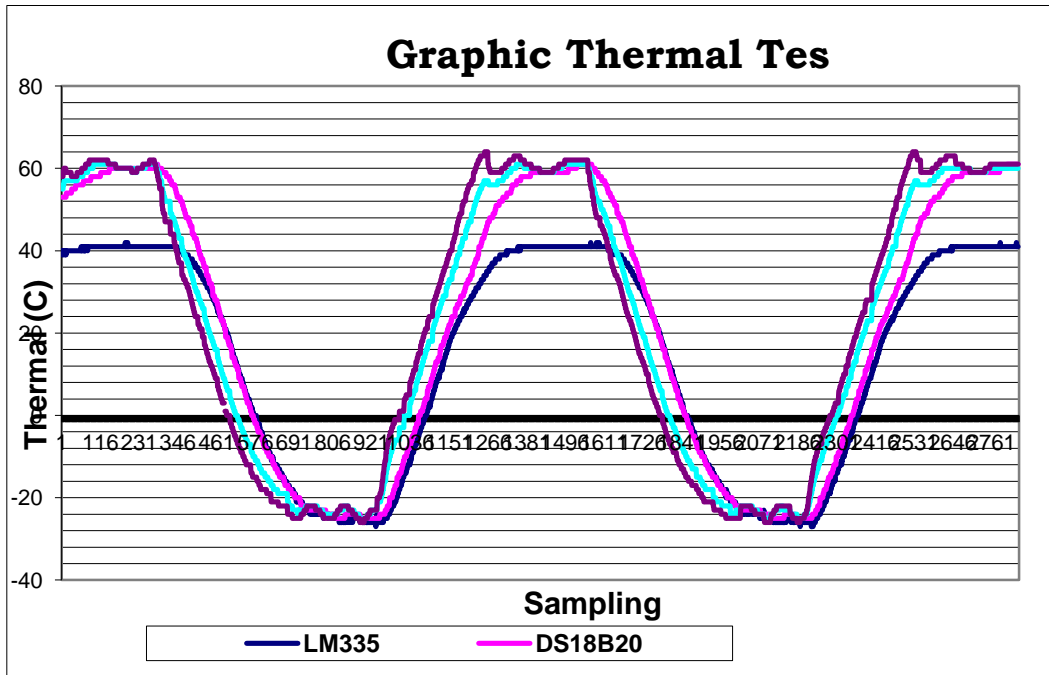


Gambar 4-3: Front panel software pengujian *thermal* APRS

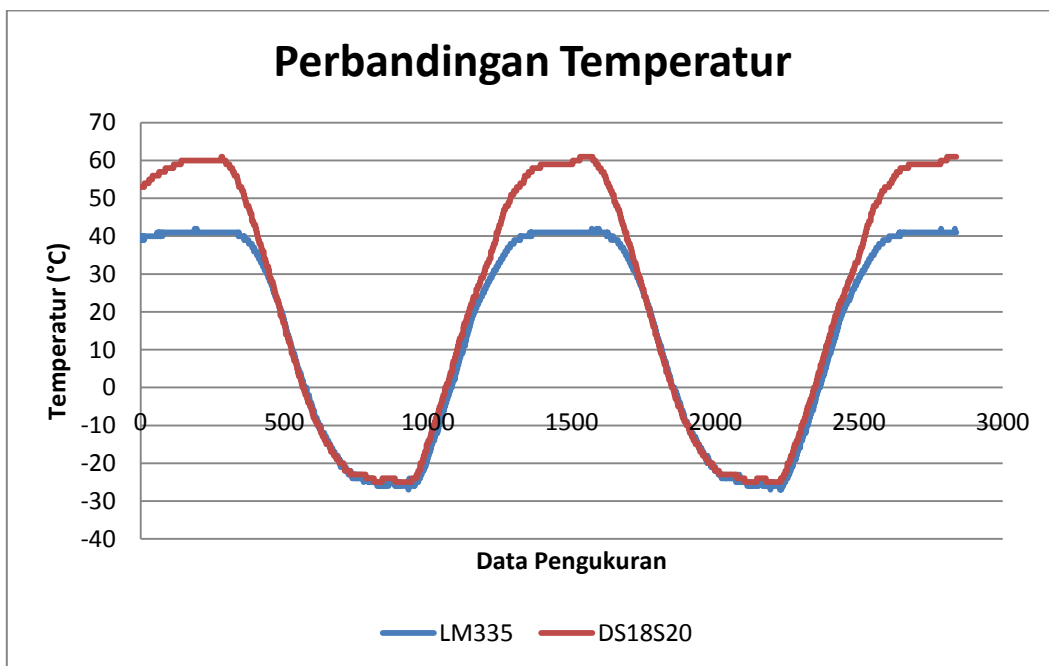
Perbandingan data dari sensor suhu yang ada di dalam *box*, yaitu sensor suhu analog LM335 yang merupakan bawaan APRS yang sedang diuji dan data sensor suhu digital DS18B20 yang bertindak sebagai kalibrator diperlihatkan pada Gambar 4-4. Dari grafik itu terlihat bahwa untuk suhu dari -20 °C sampai 30 °C garisnya terlihat hampir berimpit atau nilainya

hampir sama, sedangkan untuk suhu di atas 30 °C sampai 60 °C nilainya berbeda cukup jauh. Ini menandakan bahwa untuk suhu diatas 30 °C, sensor suhu analog yang ada pada APRS penunjukan datanya sudah tidak akurat.

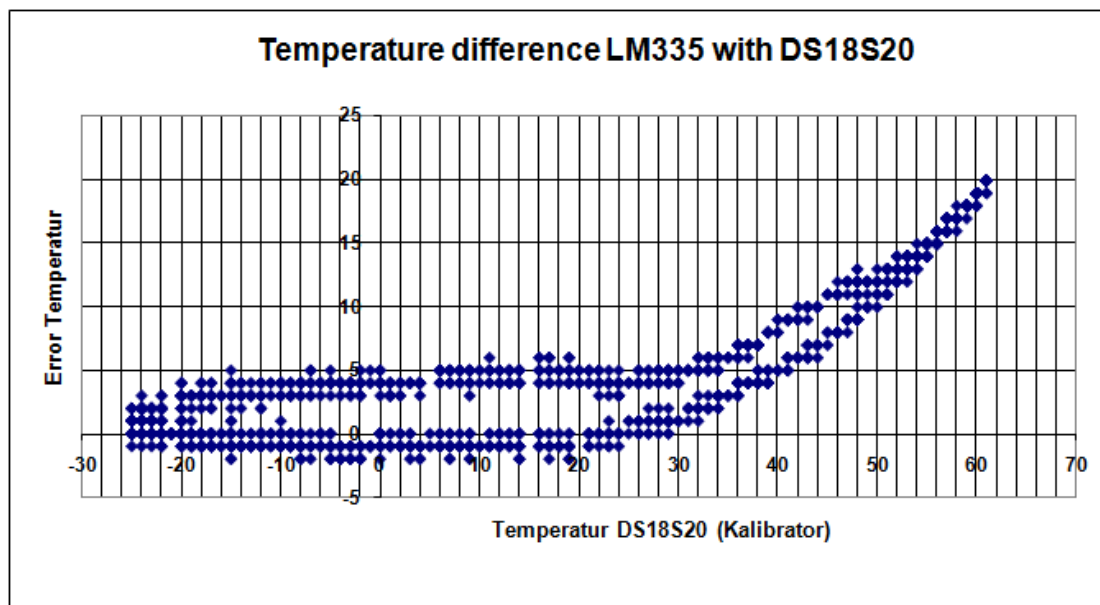
Perbedaan temperatur diantara keduanya secara rinci dapat dilihat secara jelas pada grafik Gambar 4-5.



Gambar 4-4: Grafik hasil tes *thermal* sensor suhu



Gambar 4-5: Perbandingan temperatur sensor yang berada dalam *box*



Gambar 4-6: Perbedaan temperatur yang terbaca pada kedua sensor

Dalam grafik ini terlihat ada perbedaan hasil pengukuran pada saat pengukuran dimulai dari  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  naik sampai  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (terlihat pada bagian atas dari grafik) dengan hasil pengukuran dari  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  turun ke  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (pada bagian bawah dari grafik). Pengukuran pada temperatur  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  misalnya, perbedaan hasil penunjukan sensor suhu analog LM335 dengan sensor suhu digital DS18S20 pada saat pengukuran naik ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  s.d  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) sekitar  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada pengukuran dari  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  perbedaan hasil pembacaan kedua sensor tersebut nilainya kecil atau sekitar  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan ini disebabkan oleh kesalahan histerisis yaitu penyimpangan yang timbul sewaktu melakukan pengukuran secara kontinyu dari dua arah yang berlawanan (dari atas ke bawah lalu dari bawah ke atas). Histerisis disebabkan pada umumnya oleh adanya deformasi elastis atau efek thermal pada komponen mekanisme alat ukur

## 5 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk temperatur dari  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , penunjukan data sensor suhu analog yang ada pada

modul APRS masih dianggap valid karena perbedaannya dengan sensor suhu digital yang dipakai sebagai kalibrator cuma sedikit yaitu sekitar  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk temperatur  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  sensor suhu analog sudah dianggap tidak valid karena perbedaannya sudah terlampaui jauh dengan sensor suhu digital.

Untuk ketahanan modul APRSnya sendiri, pada temperatur dari  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  masih berjalan dengan baik, sehingga modul APRS masih dianggap tahan pada temperatur tersebut.

Dengan adanya sensor suhu digital yang terpasang pada modul APRS, akan dijadikan pembanding sekaligus pelengkap dari sensor suhu analog terutama untuk suhu di atas  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## DAFTAR RUJUKAN

- ATMEL Corp., *8-bit AVR Microcontroller with 32 KBytes In-System Programmable Flash*, ATmega32 Datasheet, <http://www.atmel.com/images/doc2503.pdf> (Maret 2012).
- Beech, William A. et al., 1998. *AX-25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio*, Version 2.2, The American Radio Relay League,

1998. [www.tapr.org/pdf/AX25.2.2.pdf](http://www.tapr.org/pdf/AX25.2.2.pdf) (4 Oktober 2011).
- Dallas Semiconductor, *DS18S20 High Precision 1-Wire Digital Thermometer*, Datasheet, [http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/D/S/1/8/DS1820.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/D/S/1/8/DS1820.shtml) (20 Maret 2012).
- El Amin, Deddy; Tahir, Andi Mukhtar; Soedjarwo, Moedji, 2014. *Rancang Bangun Uploader Firmware Modul APRS Lapan-Orari*, Hasil Penelitian dan Pemikiran Ilmiah tentang: Teknologi Pesawat Terbang Tanpa Awak, Roket serta Satelit, 2014, IBP (Indonesia Book Project).
- Forsberg, Chuck, 1986. *Xmodem/ Ymodem Protocol Reference*, Portland: Omen Technology, Inc.
- H.-S, Seo et al., 2012. *Thermal Failure of the LM117 Regulator Under Harsh Space Thermal Environments*, Elsevier, Aerospace Science and Technology 27 (2013) 49–56.
- Joo-Hyun, Han; Chun-Gon; Kim, 2004. *Low Earth Orbit Space Environment Simulation and its Effects on Graphite/Epoxy Composites*, Elsevier, Composite Structures 72 (2006) 218–226.
- Kenwood Corporation, *144/440 MHz FM Dual Bander TH-D7A(G)*, Instruction Manual.
- Larson, Wiley J. and Wertz, James R., 2005. *Space Mission Analysis and Design*, Third Edition, Space Technology Library, Microcosm Press, California.
- Texas Instrument, *LM135/ LM235/ LM335, LM135A/ LM235A/ LM335A Precision Temperature Sensors*, Datasheet, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm335.pdf> (12 Januari 2012).
- Votsch Industrietechnik GmbH., *Climate in Perfection*, Technical Data, [www.v-it.com/sixcms/media.php/2335/VIT\\_VT3VC3TemperaturClimate\(E\)\[1\].pdf](http://www.v-it.com/sixcms/media.php/2335/VIT_VT3VC3TemperaturClimate(E)[1].pdf).