

PURWARUPA PENERIMA ADS-B BERDAYA RENDAH BERBASIS MIKROKONTROLER ARM CORTEX-M3 UNTUK MUATAN SATELIT KUBUS (CUBESAT)

LOW-POWER COMSUMING ADS-B RECEIVER PROTOTYPE BASED ON ARM CORTEX-M3 MICRO-CONTROLLER FOR CUBESAT PAYLOAD

Ratih Raihun Raihanun¹, Heroe Wijanto², Edwar³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

**ratihraihunraihanun@telkomuniversity.ac.id¹, heroer@telkomuniversity.ac.id²,
edwar@telkomuniversity.ac.id³**

Abstrak

Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) merupakan sebuah sinyal yang berisikan data penerbangan yang dikirimkan oleh transponder pesawat secara otomatis setiap waktunya, data penerbangan ini memuat informasi posisi, ketinggian, kode penerbangan dan informasi penting lainnya dari sebuah pesawat. Peralatan penerima sinyal ADS-B terestrial tidak dapat mencakup wilayah yang luas dikarenakan kondisi geografis bumi yang memiliki luas perairan lebih besar daripada daratan. Pemanfaatan satelit sebagai penerima sinyal ADS-B dilakukan untuk mengoptimalkan fungsi ADS-B. Adanya teknologi penerima sinyal ADS-B berbasis satelit ini sangat membantu petugas *Air Traffic Control (ATC)* dalam melakukan pemantauan lalu lintas udara karena informasi yang dimuat lebih lengkap dan *real-time*. Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler ARM Cortex-M3 sebagai pengendali utama sehingga dapat menghemat konsumsi daya dan memiliki ukuran yang lebih efisien, Eval-TT-SC1 yang berguna untuk penerima sinyal ADS-B, penggunaan *Low Noise Amplifier (LNA)* sebagai penjernih dan *received signal level threshold* yang rendah, penggunaan sensor suhu untuk mengetahui suhu di sekitar muatan, serta penggunaan memori tambahan untuk menyimpan data yang telah diolah dan dikumpulkan. Hasil dari penelitian ini ialah, purwarupa yang telah dirancang dapat direalisasikan dan muatan dapat menjalankan fungsinya sebagai penerima dan menyimpan data ADS-B, data yang didapatkan akan disimpan kedalam sistem muatan dalam bentuk format ekstensi file .txt. Dari hasil pengujian muatan didapatkan presentasi tingkat keberhasilan muatan sebesar 100% dan tingkat akurasi muatan sebesar 97.73%, dengan waktu *decoding* data selama 1050 ms/pesan.

Kata Kunci : ADS-B, Cubesat, muatan, purwarupa

Abstract

Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) is a signal containing flight data that is sent by the aircraft transponder automatically every time, this flight data contains position information, altitude, flight code and other important information from an aircraft. Terrestrial ADS-B signal receiving equipment cannot cover a wide area due to the geographical condition of the earth which has a larger water area than land. The use of satellites as ADS-B signal receivers is carried out to optimize the ADS-B function. The existence of this satellite-based ADS-B signal receiving technology is very helpful for officers *Air Traffic Control (ATC)* in monitoring air traffic because the information contained is more complete and *real-time*. In this study using an ARM Cortex-M3 microcontroller as the main controller so that it can save power consumption and has a more efficient size, Eval-TT-SC1 which is useful for ADS-B signal receivers, the use of *Low Noise Amplifier (LNA)* as a purifier and *received signal level threshold* low level, the use of temperature sensors to determine the temperature around the load, as well as the use of additional memory to store data that has been processed and collected. The result of this research is, the prototype that has been designed can be realized and the payload can carry out its function as a receiver and store ADS-B data, the data obtained will be stored into the payload system in the form of a .txt file extension format. From the results of the payload test, it was found that the presentation of the payload success rate was 100% and the payload accuracy rate was 97.73%, with a time decoding data of 1050 ms/message.

Keywords : ADS-B, Cubesat, payload, prototype

1. Pendahuluan

Kondisi geografis Indonesia dengan luas perairan keseluruhan 76.94% atau lebih kurang 5.877.879 Km² dan memiliki luas pegunungan serta daratan kosong yang sulit dijangkau oleh komunikasi terrestrial [1]. Hal ini mendorong diperlukannya teknologi penerima sinyal ADS-B berbasis satelit yang memiliki cakupan wilayah yang lebih luas dan tidak memiliki keterbatasan medan cakupan seperti pada komunikasi terrestrial sebagai teknologi utama pengawasan lalu lintas udara Indonesia.

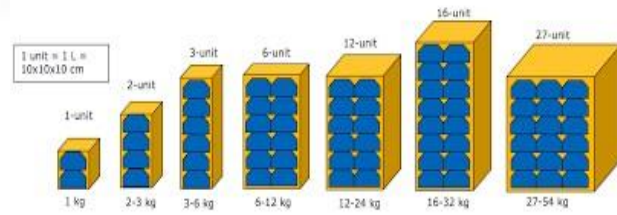
Pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan sebuah muatan satelit kubus dengan misi penerima sinyal ADS-B yang diperoleh dari pesawat yang dilengkapi transponder untuk mengirimkan sinyal setiap saat secara otomatis dengan frekuensi kerja 1090 MHz. Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler ARM Cortex-M3 sebagai pengendali utama sehingga dapat menghemat konsumsi daya dan memiliki ukuran yang lebih efisien, Eval-TT-SC1 yang berguna untuk penerima sinyal ADS-B, penggunaan *Low Noise Amplifier* (LNA) sebagai penjernih dan *received signal level threshold* yang rendah, penggunaan sensor suhu untuk mengetahui suhu di sekitar muatan, serta penggunaan memori tambahan untuk menyimpan data yang telah diolah dan dikumpulkan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Cubesat

Cubesat adalah sebuah proyek untuk mengembangkan *picosatellite* yang dimiliki oleh Universitas Stanford dengan *Defence Advanced Research Projects Agency* (DARPA) dan Aerospace Corporation pada tahun 1998. *Cubesat* memiliki massa seberat 1 liter air dengan dimensi standar per 1U (Unit) yaitu sebesar 10 x 10 x 10 Cm. Dimensi *cubesat* tidak hanya bisa 1U tapi bisa menjadi 2U, 3U, 6U, 12U, 16U, dan 27U[2].

Gambar 2.1[3] merupakan gambaran dimensi *cubesat* yang ada saat ini. *Cubesat* biasanya berorbit pada ketinggian antara ± 500 - 1500 Km diatas permukaan air laut atau biasa disebut dengan orbit *Low Earth Orbit* (LEO) [4].

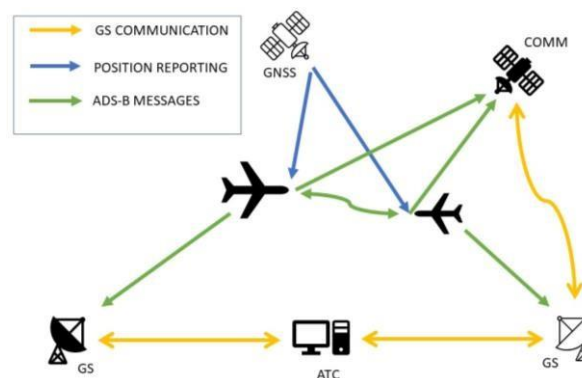


Gambar 2. 1 Cubesat.

2.2 ADS-B

ADS-B merupakan Proyek *NextGen* dari FAA yang digunakan untuk pengawasan lalu lintas udara yang perangkatnya diharapkan sudah terpasang di semua penerbangan pada tahun 2020. Keunggulan teknologi ADS-B dibandingkan dengan teknologi sebelumnya ialah informasi penerbangan yang diberikan lebih lengkap seperti kondisi cuaca, ketinggian, kecepatan, posisi yang lebih akurat, dan informasi lainnya, hal ini membantu mempermudah *Air Traffic Control* (ATC) dalam melakukan pengawasan lalu lintas udara.

Pada gambar 2.2 menunjukkan mekanisme kerja ADS-B. Dapat dilihat dari Gambar 2.2 ADS-B memiliki dua mode yaitu ADS-B *In* dan ADS-B *out*. Dalam mode ADS-B *Out*, pesawat mendapatkan informasi penerbangan melalui GNSS dan menyiarkannya melalui pesan yang sudah dimodulasi pada frekuensi kerja 1090 MHz, pesan yang disiarkan ini akan diterima oleh pesawat lain, satelit komunikasi ataupun *ground station* dengan mode ADS-B *In* [5].



Gambar 2. 2 Mekanisme kerja ADS-B.

2.3 Format paket ADS-B 1090 MHz ES

ADS-B *out* ditransmisikan pada frekuensi kerja 1090 MHz. sinyal akan berbentuk paket dengan format heksadesimal, yang dimana data ditandai alfabet 16 karakter dengan 0000 ditandai “0” dan “F” menandai 1111. Setiap *byte* atau 8 bit dari paket akan berisikan dua karakter heksadesimal. Dalam implementasinya ADS-B akan menggunakan *frame* kapsulasi mode S *Extended Squitter*. Paket ADS-B Mode S *Extended Squitter* berisi 112 bit data yang di-*encode* menggunakan modulasi sinyal pulsa dengan kecepatan data 1 Mbps. paket data akan dimulai dengan *preamble* 8 bit untuk sinkronisasi pada sisi penerima. Tabel 2.1 mengilustrasikan paket ADS-B Mode S *Extended Squitter* [6].

Tabel 2. 1 Paket ADS-B Mode S *Extended Squitter*.

8 bits	5 bits	3 bits	24 bits	56 bits	24 bits
<i>Preamble</i>	<i>DF Format</i>	<i>Capability</i>	<i>ICAO</i>	<i>ADS-B Data</i>	<i>CRC</i>

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sirkuit yang terintegrasi secara ringkas dan kompleks yang dapat diprogram untuk melaksanakan suatu tugas yang diperintahkan. Komponen inti dari sebuah mikrokontroler adalah *chip IC (Integrated Circuit)*. Adapun komponen-komponen utama penyusun mikrokontroler adalah CPU, memori RAM dan memori ROM, serta *port I/O*. Mikrokontroler dibagi menjadi dua tipe yaitu tipe *Complex Instruction Set Computing (CISC)* dan tipe *Reduced Instruction Set Computing (RISC)*.

2.5 LNA

Low Noise Amplifier (LNA) merupakan salah satu komponen komunikasi. Fungsi LNA yaitu sebagai penguat sinyal yang memiliki batas tertentu dengan noise yang rendah, sinyal yang ditransmisikan dapat dilanjutkan ke perangkat setelahnya. Pemasangan LNA biasanya tepat setelah antenna [7]. LNA terdiri dari komponen elektronik aktif yaitu transistor dan komponen elektronik pasif yaitu induktor, resistor dan kapasitor.

2.6 Link Budget Satelit

Link budget dalam sistem telekomunikasi merupakan perhitungan *gain* dan *loss* sinyal dari pengirim ke penerima sinyal. *Link budget* diperlukan untuk menganalisis parameter *loss* sinyal saat propagasi berlangsung dan memperkirakan daya minimum yang dibutuhkan sinyal untuk mengatasi derau saat ditransmisikan.

Persamaan (2.1) menunjukkan secara umum perhitungan *link budget* pada satelit [8]:

$$PRx = PTx - LTx + GTx - Lpath - A + GRx - LRx \quad (2.1)$$

3. Pembahasan

3.1 Spesifikasi Sistem Muatan Penerima ADS-B

Dalam menentukan spesifikasi sistem *receiver* harus mempertimbangkan spesifikasi transponder yang ada pesawat serta modul komunikasi pada *Cubesat*, spesifikasi sistem muatan dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Sistem Penerima Ads-B.

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	1090 MHz
Lebar Pita	4,6 MHz
<i>Gain</i>	75 dB
<i>Sample Rate</i>	2400000 S/s
Jarak terjauh	200 km.
Modulasi	<i>Pulse-Position Modulation (PPM)</i>
<i>Multiple Access</i>	<i>Random Access</i>

3.2 Spesifikasi Perangkat Keras

Dalam penelitian ini untuk mencapai muatan dengan spesifikasi penerima yang terdapat pada Tabel 3.1, maka berikut adalah spesifikasi komponen perangkat keras yang digunakan:

a. STM32F103

ARM Cortex-M3 32 bit sebagai prosesor dari mikrokontroler STM32F103 mampu menjalankan sistem pemrosesan yang sederhana. Berikut ini merupakan spesifikasi yang dimiliki oleh Mikrokontroler STM32F103 [9]:

- Prosesor 32-bit ARM Cortex M3.
- 64 KB Flash, 20 KB SRAM.
- Maksimum frekuensi CPU 72 MHz.
- VDD 2.0 - 3.6 Volt.
- Menyediakan komunikasi antarmuka I2C (2), USART (3), SPI (2), CAN.

b. TT-SC1

TT-SC1 merupakan perangkat receiver ADS-B yang beroperasi pada frekuensi 1090 MHz. Modul receiver ADS-B ini menggunakan teknologi *FPGA In-The-Loop™* yaitu kombinasi antara sebuah *single-core processor* dan FPGA sehingga mampu mendeteksi hingga 100 pesawat dalam satu waktu. TT-SC1 juga dapat dikonfigurasi dengan *A-Commands* [10]. TT-SC1 memiliki konsumsi daya sebesar 70 mA atau 0.252 Watt dengan sensitivitas penerima sebesar -80 dBm.

c. LNA MNA-5A+

LNA yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah LNA MNA-5A+ yang mencakup frekuensi kerja 1090 MHz. Penggunaan LNA ini diperlukan untuk mengurangi *noise figure* pada sinyal yang diterima. LNA MNA-5A+ memiliki konsumsi voltase yang rendah yaitu antara 2.8 Volt hingga 5 Volt.

d. Modul Mikro SD card

Modul mikro SD card merupakan modul yang berfungsi untuk membaca kartu mikro SD. Modul mikro SD card menggunakan komunikasi antarmuka SPI dengan daya input 5 Volt yang memiliki kontrol antarmuka sebanyak enam pin yaitu GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS [11].

e. LM35

Pada penelitian ini, digunakan LM35 sebagai sensor yang berfungsi untuk mengambil data parameter suhu pada sistem satelit kubus. Sensor LM35 mampu beroperasi pada rentang suhu -55°C sampai 150°C dengan nilai akurasi mencapai $\frac{3}{4}$ °C [12]

3.3 Perancangan PCB Muatan pada PC104 Board

Perancangan PCB muatan pada PC104 board dilakukan untuk menyesuaikan ukuran muatan dengan spesifikasi ukuran satelit kubus (*cubesat*), muatan sistem akan diletakkan di dalam struktur satelit kubus 1U yang memiliki dimensi yang sedikit terbatas. PC104 board memiliki ukuran 9 cm × 9.5 cm, ukuran tersebut tidak melebihi ukuran satelit kubus 1U yaitu 10 cm × 10 cm. Terdapat jalur yang akan menghubungkan antara port USB A female pada PCB yang akan dirancang, port-port tersebut akan menghubungkan STM32F103 dengan modul LM35, modul EVAL TTSC1, modul Micro SD Card, dan modul LNA.

3.4 Uji Coba Pengambilan dan Penyimpanan Data

Pengujian pengambilan dan penyimpanan data dilakukan pada daerah Cibeusi, Jatinangor pada tanggal 8 Agustus 2021 dimulai dari pukul 10.00 pm UTC dan diakhiri pada 05.00 am UTC. Proses pengujian muatan ini dilakukan pada daerah Cibeusi dengan garis lintang -6.940440 dan garis bujur 107.762476. Data muatan yang sudah berhasil diterima dan disimpan dengan format ekstensi file .txt dengan waktu rata-rata muatan melakukan *decoding* data selama 1050 ms/pesan, akan dilakukan analisis berdasarkan kode ICAO pesawat yang didapatkan, ada 37 pesawat yang berhasil diterima oleh muatan. Tabel 3.2 akan menunjukkan data pesawat yang berhasil didapatkan.

Tabel 3. 2 Data Pesawat (ICAO) yang Terdeteksi Muatan

Data Pesawat (ICAO) Valid (Teridentifikasi)	Data Pesawat (ICAO) Tidak Valid (Tidak Teridentifikasi)
50005C, 750257, 750261, 76BD4A, 76CC6D, 76CCCE, 76CD07, 76CD15, 896172, 8A003E, 8A028F, 8A02D6, 8A0458, 8A0464, 8A0490, 8A0571, 8A05D6, 8A05EF, 8A060E, 8A061D, 8A0635, 8A064D, 8A064F, 8A0650, 8A074B, 8A07D5, 8A07DF, 8A07E9, 8A0832,	-

8A4501, 76CC62, 8A0376, 8A0367, 8A04BC, 8A07CE, 8A0833, 8A0893	
---	--

Pada Tabel 3.2 memberikan jumlah pesawat komersial yang berhasil terdeteksi yaitu sejumlah 37 pesawat dan semua pesawat tersebut dapat teridentifikasi dengan baik oleh muatan, sehingga didapatkan tingkat keberhasilan muatan mencapai 100%. Berikut merupakan perhitungan presentasi keberhasilan muatan yang dirancang pada pengambilan dan menyimpan data ADS-B:

$$\text{Persentasi Keberhasilan} = \frac{37 \text{ Pesawat}}{37 \text{ Pesawat}} \times 100\% = 100\%$$

Setelah mendapatkan presentasi tingkat keberhasilan muatan, maka tahap selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan presentasi tingkat akurasi muatan. Dilakukannya perbandingan data yang diterima muatan dengan data pesawat pada *website* Flightradar24 untuk mendapatkan presentasi tingkat akurasi muatan. Ada 38 pesawat komersial yang terdeteksi oleh Flightradar24 pada waktu yang sama, sedangkan total data pesawat komersial yang mampu terdeteksi oleh muatan berjumlah 37 pesawat, Tabel 3.3 menginformasikan data pesawat tersebut.

Tabel 3. 3 Perbandingan Pesawat yang Teridentifikasi Muatan dengan Flightradar24

ICAO	Pesawat Terdeteksi Muatan	Pesawat Tidak Terdeteksi Muatan
50005C	✓	-
8A0893	✓	-
8A0833	✓	-
8A07CE	✓	-
8A04BC	✓	-
8A0367	✓	-
8A0376	✓	-
76CC62	✓	-
8A4501	✓	-
8A0832	✓	-
8A07E9	✓	-
8A07DF	✓	-
8A181D	-	✓
8A07D5	✓	-
750261	✓	-
8A074B	✓	-
8A0650	✓	-
8A064F	✓	-
8A064D	✓	-
8A0635	✓	-
8A061D	✓	-
8A060E	✓	-
8A05EF	✓	-
750257	✓	-
76CD15	✓	-
76BD4A	✓	-
8A05D6	✓	-
8A0571	✓	-
8A0490	✓	-
8A0464	✓	-
8A0458	✓	-
8A02D6	✓	-
8A028F	✓	-
8A003E	✓	-
76CC6D	✓	-

896172	✓	-
76CCCE	✓	-
76CD07	✓	-

Presentasi tingkat akurasi muatan dalam menerima dan menyimpan data pesawat sebesar 97.73%, angka tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Presentasi Akurasi} = \frac{37 \text{ Pesawat}}{38 \text{ Pesawat}} \times 100\% = 97.73\%$$

Pesawat dengan data ICAO 8A181D dengan *callsign* pesawat LNI573, tidak mampu terdeteksi oleh muatan selama pesawat melintasi daerah yang tercakup oleh muatan, hal ini mengakibatkan presentasi akurasi muatan tidak mencapai 100%.

3.5 Analisis Konsumsi Daya Muatan

Analisis Konsumsi Daya Muatan dilakukan dengan membandingkan konsumsi daya muatan pada penelitian ini dengan konsumsi daya muatan pada penelitian yang sebelumnya. Tabel 4.5 berikut ini merupakan tabel yang membandingkan konsumsi daya muatan yang digunakan pada penelitian pertama oleh Pahlevy [13], penelitian kedua oleh Hafiz [14], dan penelitian ketiga adalah penelitian ini.

Tabel 3. 4 Perbandingan Konsumsi Daya pada Muatan

1		2		3	
Modul	Daya	Modul	Daya	Modul	Daya
Raspberry Pi 3 Model B	12.5 Watt	Raspberry Pi Zero	0.8 Watt	STM32F103	0.495 Watt
RTL-SDR Dongle Rtl2832u	1.4 Watt	Limesdr Mini	1.2 Watt	TT-SC1	0.252 Watt
		ESP8266 Nodemcu 1.0	0.561 Watt	LNA MNA-5A+	0.7 Watt
				Modul Mikro SD Card	0.4 Watt
				LM35	0.25
Total	13.9 Watt	Total	2.561 Watt	Total	2.37 Watt

Berdasarkan Tabel 3.4 di atas, dapat dilihat bahwa pada penelitian ini memiliki konsumsi daya yang rendah dibandingkan dengan dua penelitian yang sebelumnya yaitu 2.37 Watt.

4. Kesimpulan

1. Purwarupa yang dirancang berhasil diresalisasikan dan menjalankan fungsinya sebagai muatan penerima serta menyimpan data ADS-B ke dalam sistem.
2. Purwarupa yang dirancang dapat menerima data heksadesimal ADS-B dan mampu menyimpan informasi pesawat tersebut kedalam sistem muatan dengan format ekstensi file .txt. dengan waktu rata-rata muatan melakukan *decoding* data selama 1050 ms/pesan.
3. Didapatkannya presentasi tingkat keberhasilan muatan dalam mengidentifikasi data dan menyimpan data sebesar 100% dan presentasi tingkat akurasi sebesar 97.73%. Hasil perhitungan tersebut didapatkan setelah dilakukannya pengujian muatan tanggal 8 Agustus 2021 di daerah Cibeusi dengan titik koordinat garis lintang -6.940561 dan garis bujur 107.762598.
4. Purwarupa muatan penerima ADS-B yang dirancang memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu 2.37 Watt.

REFERENSI

- [1] Muhammad ramadhan dan Taslim Arifin, "PROPORSI LUAS LAUT INDONESIA (Application of Geographic Information System for Assessment of Indonesia Marine Proportion)," no. May, p. 7, 2018.
- [2] A. Toorian, K. Diaz, K. D. Diazgijl, S. Lee, and S. Lee, "The CubeSat Approach to Space Access," vol.

- 1, no. 1, 2008.
- [3] L. Johnson, "The CubeSat Revolution," *Baen*, 2015, [Online]. Available: <http://www.baen.com/cubesatrevolution>.
 - [4] N. Ahmad, "KARAKTERISTIK ORBIT SATELIT MIKRO DI KETINGGIAN LEO," *Peneliti Pus. Pemanfaat. Sains Aniariksa, LAPAN*, 2011.
 - [5] F. Aviation, "Ins and outs," *Aviat. Week Sp. Technol. (New York)*, vol. 163, no. 18, p. 97, 2005.
 - [6] T. Kacem, D. Wijesekera, P. Costa, J. Carvalho, M. Monteiro, and A. Barreto, "Secure ADS-B design & evaluation," *2015 IEEE Int. Conf. Veh. Electron. Safety, ICVES 2015*, pp. 213–218, 2016, doi: 10.1109/ICVES.2015.7396920.
 - [7] N. Yadav, A. Pandey, and V. Nath, "Design of CMOS low noise amplifier for 1.57GHz," *Int. Conf. Microelectron. Comput. Commun. MicroCom 2016*, 2016, doi: 10.1109/MicroCom.2016.7522438.
 - [8] A. K. Maini and V. Agrawal, "Satellite Link Design Fundamentals," *Satell. Technol.*, pp. 322–377, 2014, doi: 10.1002/9781118636459.ch07.
 - [9] STMicroelectronics, "STM32F103x8 STM32F103xB: Medium-density performance line ARM®-based 32-bit MCU with 64 or 128 KB Flash, USB, CAN, 7 timers, 2 ADCs, 9 com. interfaces [datasheet]," no. August, pp. 1–117, 2015, [Online]. Available: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>.
 - [10] datasheet, "TT-SC1 User manual," pp. 1–23, 2019.
 - [11] I. O. Multiple and S. Erase, "Micron Serial NOR Flash Memory," pp. 1–92, 2011.
 - [12] Texas Instruments, "LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors 1FEATURES DESCRIPTION," p. 38, 2017, [Online]. Available: www.ti.com.
 - [13] R. N. Pahlevy, A. Dwi Prasetyo, and Edwar, "Nanosatellite ADS-B Receiver Prototype for Commercial Aircraft Detection," *Proc. - 2018 Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy Commun. ICCEREC 2018*, pp. 6–11, 2018, doi: 10.1109/ICCEREC.2018.8712093.
 - [14] M. Hafizh, "PURWARUPA MODUL ADS-B DATA HANDLING DAN TRANSCEIVER PADA MUATAN SATELIT NANO UNTUK MENDETEKSI PESAWAT KOMERSIAL PROTOTYPE," *Fak. Tek. elektro Telkom Univ.*, 2020.