

UNIVERSITAS INDONESIA

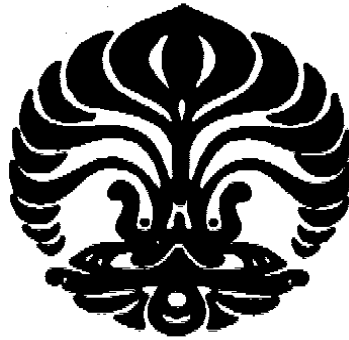
**ANALISIS PENGUJIAN IC TRANSCEIVER ADF7021
DAN TNC PADA KOMUNIKASI PAYLOAD
NANOSATELIT INUSAT**

SKRIPSI

**Disusun Oleh :
GALIH DEWANDARU
0806330913**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENGUJIAN IC TRANSCEIVER ADF7021
DAN TNC PADA KOMUNIKASI PAYLOAD
NANOSATELIT INUSAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik

Disusun Oleh :

GALIH DEWANDARU

0806330913

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JUNI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Galih Dewandaru

NPM : 0806330913

Tanda Tangan : 

Tanggal : 4 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Galih Dewandaru


NPM : 0806330913


Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Pengujian IC Transceiver ADF7021 dan TNC
pada Komunikasi Payload Nanosatelit IiNUSAT

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fskultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Muhammad Asvial M. Eng. Ph.D ()

Penguji : Dr. Ir. Arman D. Diponegoro ()

Penguji : Ir. Gunawan Wibisono M.Sc, Ph.D ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Galih Dewandaru
NPM : 0806330913
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisis Pengujian IC Transceiver ADF7021 dan TNC pada
Komunikasi Payload Nanosatelit IiNUSAT**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pertanyaan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 4 Juli 2012

Yang menyatakan

(Galih Dewandaru)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis hantarkan pertama-tama kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang oleh karena berkat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan seluruh kegiatan pembuatan skripsi ini dengan baik. Rasa terima kasih juga penulis hantarkan kepada pihak-pihak yang selalu mendukung penulis baik dalam pembuatan skripsi ini, yaitu :

1. Ir. Muhammad Asvial M. Eng. PhD. selaku pembimbing skripsi, Dr.Basyarie S.T. M.Eng, dan Dr. Ir. Arman D. Diponegoro selaku dosen Departemen Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah membimbing, memberikan masukan, dan arahan kepada penulis.
2. Kiswanto, S.T dan Rina Kania Daniawati selaku orang tua dari penulis yang telah memberikan dukungan baik secara material dan moral.
3. Bapak Dwiyanto, Ondi Tarnama Simamora, Syifa Aulia, M.Gavin R., dan Renita Danarianti, selaku Rekan dalam program Inspire yang telah memberikan masukan pada penulis.
4. Annisa Dinda Amalia, Arief Noor Rahman, Harland F.Amin, M.Idham Habibie, dan segenap teman-teman DTE selaku rekan penulis yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan skripsi ini.

Dalam pembuatan skripsi ini, penulis menyadari terdapatnya banyak kesalahan. Oleh karena itu penulis memerlukan saran dan kritik yang dapat membangun skripsi ini di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis meminta maaf atas segala kekurangan yang terdapat pada skripsi ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dalam segala hal bagi pembaca. Terima kasih.

Depok, 12 Juni 2012

Penulis

ABSTRAK

Nama : Galih Dewandaru
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Pengujian IC Transceiver ADF7021 dan TNC pada Komunikasi Payload Nanosatelit IiNUSAT
Pembimbing : Ir. Muhammad Asvial, M.Eng, PhD.

Skripsi ini akan membahas hasil pengujian IC Transceiver ADF7021 yang akan digunakan pada nanosatelit IiNUSAT, dan pendesainan hardware TNC dengan sensor suhu didalamnya. Transmitter dan Receiver yang digunakan merupakan IC Transceiver ADF7021 yang dapat digunakan sesuai spesifikasi, yaitu mampu bekerja pada frekuensi tengah 436.915MHz untuk transmitter dan 145.95MHz untuk receiver, sedangkan TNC menggunakan ATMEGA1280 karena memiliki empat buah port UART sebagai interface terhadap perangkat TTC dan OBDH.

Transceiver disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak ADIsimSRD Design Studio dan menghasilkan sinyal dengan modulasi 2-FSK, data rate 9600bps, dan hasil gain sebesar -29.2dbm pada frekuensi tengah transmitter. Untuk receiver, demodulasi menggunakan 2-FSK corellator demodulator, dan data rate 1200bps, sedangkan TNC dirancang agar mampu menjalankan fungsi pengawasan suhu board dan mampu menyediakan interface antara transmitter, receiver, dan OBDH satelit.

Kata kunci: Nanosatelit, Transceiver, TNC

ABSTRACT

Name : Galih Dewandaru
Study Program : Electrical Engineering
Title : Measurement analysis of IC Transceiver ADF7021 and
TNC for IiNUSAT Nanosatellite Payload Communication
Supervisor : Ir. Muhammad Asvial, M.Eng, PhD.

The focus of this undergraduate thesis is the measurement analysis of IC Transceiver ADF7021 which will be used for IiNUSAT satellite and hardware designing of TNC with temperature sensor. Transmitter and Receiver use IC Transceiver ADF7021 which can work at the center frequency of 436.915MHz for transmitter, and 145.95MHz for receiver, while TNC uses ATMEGA1280 because it has four UART port as the interface with TTC and OBDH.

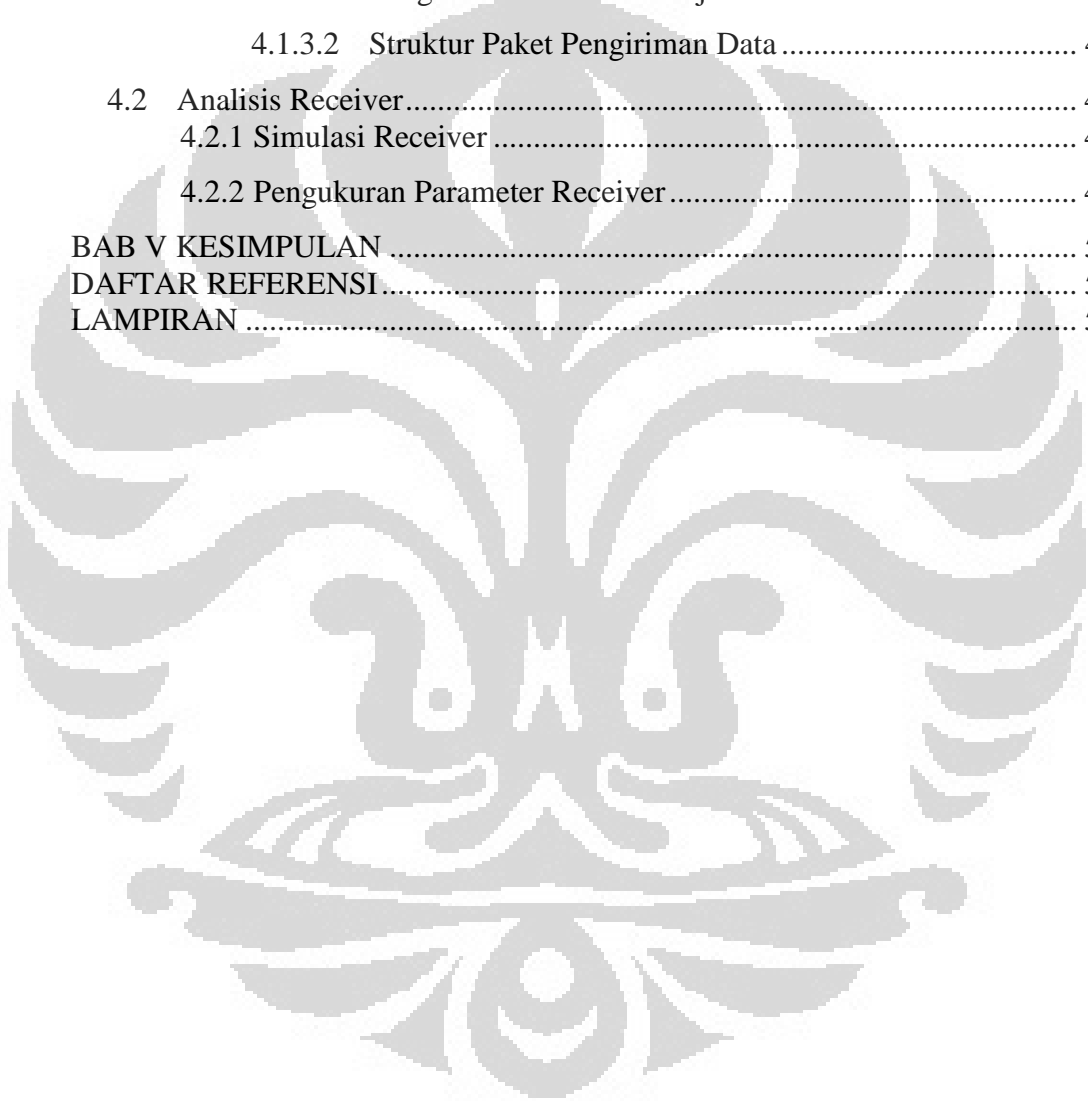
Transceiver simulated with using ADIsimSRD Design Studio software, and the output is signal with 2-FSK modulation, 9600bps data rate, and gain -29.2dbm at transmitter center frequency. For receiver, demodulation using 2-FSK correlator demodulator, 1200bps data rate, while TNC design for doing temperature monitoring, and can provide the interface between transmitter, receiver, and OBDH

Keywords: Nanosatellite, *TTC*, IiNusat

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENULISAN	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 METODE PENELITIAN.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II.....	5
SISTEM KOMUNIKASI SATELIT	5
2.1 Pengertian Satelit.....	5
2.2 Perangkat Komunikasi Satelit	7
2.2.1 Space segment.....	7
2.2.2 Ground segment.....	8
2.2.3 Control segment.....	13
2.3 Alokasi Frekuensi.....	13
2.4 Struktur Space Segment	15
2.4.1 Bus atau Platform.....	15
2.4.2 Payload.....	16
BAB III.....	18
KOMUNIKASI PAYLOAD IiNUSAT.....	18
3.1 Inspire.....	18
3.2 Spesifikasi Umum IiNUSAT.....	18
3.3 Spesifikasi Payload Komunikasi IiNUSAT	19
3.4 IC Transceiver ADF7021	21
3.5 Transmitter IiNUSAT.....	22
3.5.1 Komponen Transmitter	23
3.5.2 Pemrograman Transmitter	24
3.6 Receiver IiNUSAT	26
3.6.1 Komponen Receiver	27
3.6.2 Pemrograman Receiver.....	29

3.7 TNC IiNUSAT	31
BAB IV	36
ANALISIS DAN PENGUKURAN KOMUNIKASI PAYLOAD IiNUSAT	36
4.1 Analisis Transmitter	36
4.1.1 Simulasi Transmitter	36
4.1.2 Fabrikasi & Inisialisasi Transmitter	38
4.1.3 Pengukuran Parameter Transmitter	40
4.1.3.1 Pengukuran frekuensi kerja	40
4.1.3.2 Struktur Paket Pengiriman Data	43
4.2 Analisis Receiver	45
4.2.1 Simulasi Receiver	45
4.2.2 Pengukuran Parameter Receiver	46
BAB V KESIMPULAN	51
DAFTAR REFERENSI	52
LAMPIRAN	53

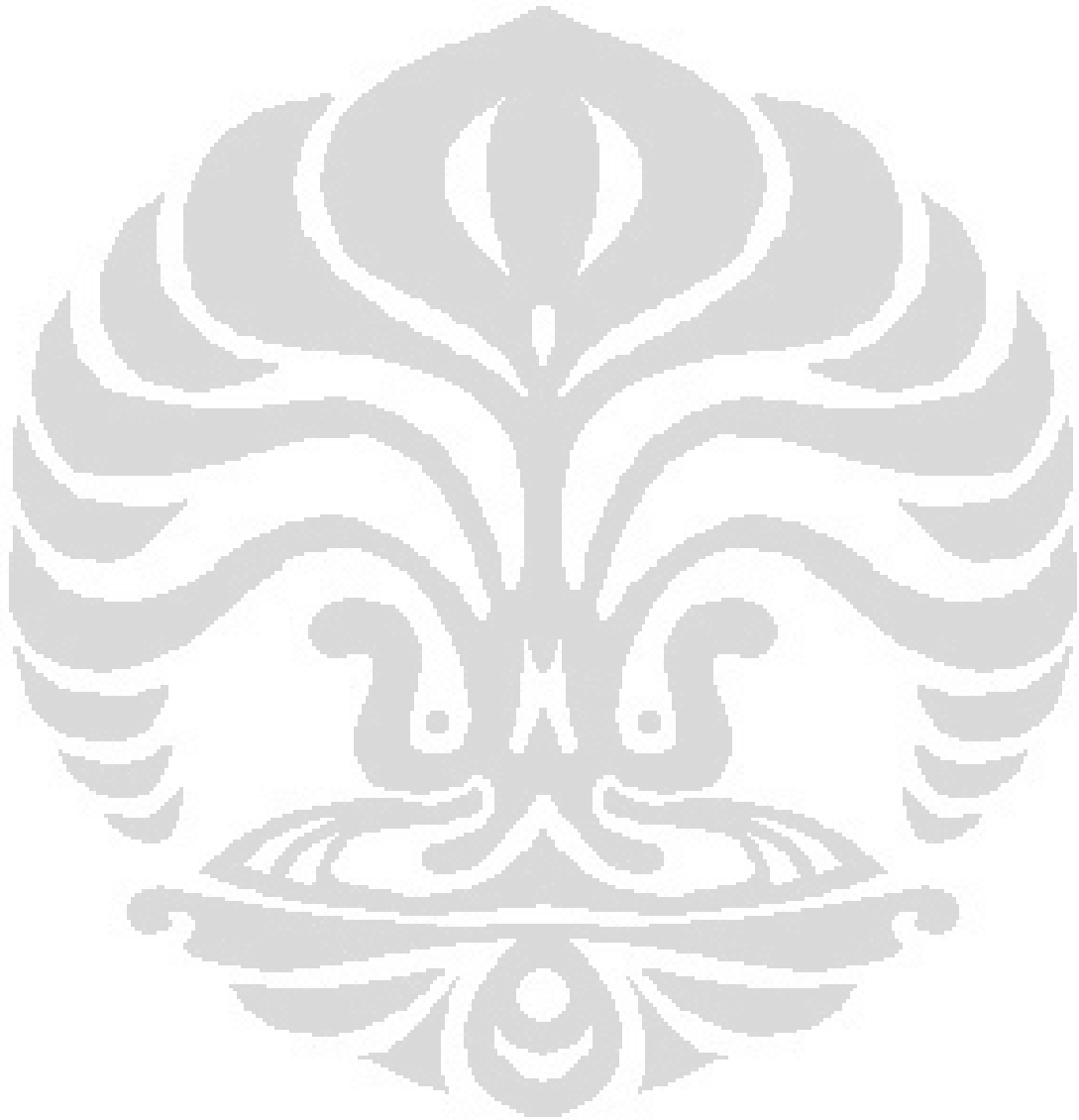


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Komunikasi Satelit	7
Gambar 2.2 Pola Transaksi Data	8
Gambar 2.3 Diagram blok dari stasiun bumi.....	9
Gambar 2.4 Antena Satelit.....	10
Gambar 2.5 Diagram Blok Modem	12
Gambar 2.6 Efisiensi bandwidth untuk modulasi.....	13
Gambar 2.7 Alokasi frekuensi berdasar huruf.....	14
Gambar 2.8 Alokasi frekuensi berdasar penamaan tingkatan	15
Gambar 2.9. Subsistem <i>Space Segment</i>	15
Gambar 3.1 Blok diagram IC transceiver ADF7021	21
Gambar 3.2 Baseboard ADF7021DBXX	23
Gambar 3.3 Pemrograman Transmitter	24
Gambar 3.4 Perancangan Komponen Receiver	28
Gambar 3.5 Pemrograman Receiver	29
Gambar 3.6 Pin Chip ATMEGA1280	32
Gambar 3.7 Desain Layout PCB layer atas	33
Gambar 3.8 Desain Layout PCB Layer Bawah	34
Gambar 4.1 Grafik simulasi spektrum transmitter	37
Gambar 4.2 Grafik Simulasi Phase Noise	38
Gambar 4.3 Grafik Simulasi Transient daya	38
Gambar 4.4 Arsitektur sistem pemrograman transceiver	39
Gambar 4.5 Susunan Alat Untuk Pengukuran Transmitter	40
Gambar 4.6 Susunan alat untuk pengukuran frekuensi tengah.....	40
Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Frekuensi Kerja Transmitter.....	41
Gambar 4.8 Frekuensi Clocking Transmitter 9.6kbps.....	42
Gambar 4.9 Pengiriman data melalui protocol a) Bit awal pengiriman data b) Sampel bit data karakter “?” c) Sampel bit data karakter “@”.....	44
Gambar 4.10 Simulasi Link Budget Berdasar Kemampuan Receiver	46
Gambar 4.11 Frekuensi Clocking Receiver 1.2kbps	47
Gambar 4.12 Sinyal RF pada penerimaan Rx	47
Gambar 4.13 Pola pengiriman data	48
Gambar 4.14 Simulasi sensor suhu LM35.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi IiNUSAT-1.....	19
Tabel 3.2 Spesifikasi payload komunikasi	19
Tabel 3.3 Tipe Baseboard IC ADF7021	20
Tabel 3.4 Komponen Transmitter.....	23
Tabel 3.5 Komponen Receiver	28



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Manusia merupakan makhluk sosial yang membutuhkan interaksi antara satu dengan yang lain. Kemudahan berkomunikasi yang mereka inginkan mampu mendorong perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang cukup pesat, terutama dalam bidang telekomunikasi. Kemajuan itu dapat kita lihat dari beragamnya perangkat telekomunikasi yang tersedia untuk menunjang aktifitas sehari-hari. Telah terdapat beberapa jenis penggunaan teknologi telekomunikasi seperti fiber optik, komunikasi optik wireless, satelit, dan lain-lain, dimana masing-masing penggunaan teknologi itu memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Teknologi satelit merupakan teknologi yang lebih dahulu ada dibandingkan dengan teknologi fiber optik, akan tetapi terdapat beberapa kelebihan dari satelit yang belum dapat digantikan oleh teknologi lainnya. Ketika terjadi sebuah bencana seperti gempa, banjir, ataupun tanah longsor yang menyebabkan terputusnya komunikasi terrestrial, maka satelit akan menjadi pilihan utama untuk dapat menangani itu semua secara cepat. Jangkauan coverage yang luas, mampu menjangkau daerah jauh yang masih terisolasi dari teknologi komunikasi lainnya.

Kebutuhan akan teknologi satelit mendorong pengembangan teknologi ini secara konsisten. Hal itu dapat dibuktikan dengan terciptanya berbagai jenis satelit yang telah dibuat, baik dari segi ukuran maupun tujuan penggunaannya, mulai dari satelit komunikasi, satelit militer, satelit pencitraan, dll.

Dari segi ukuran, teknologi nanosatelit dan pikosatelit sedang menjadi topik hangat yang dibahas di banyak negara. Hal ini disebabkan oleh waktu pengembangan yang relatif lebih singkat, serta biaya pabrikan dan penerbangannya yang lebih murah dibandingkan dengan satelit konvensional [2].

Alasan itulah yang mendorong berbagai negara berlomba untuk mampu menciptakan satelit kecil, yang juga mampu menjadi arena pembelajaran bagi para pelajar untuk merancang dan membangun satelit sendiri.

Beberapa negara telah menjadi pelopor pengembangan nanosatelit, seperti Belanda yang mampu meluncurkan Nanosatelit Delfi-C³ pada 28 April 2008, dan Delfi-N3XT yang diluncurkan pada tahun 2010. Selain itu terdapat *Swisscube* yang dibuat oleh mahasiswa-mahasiswa di Swiss, serta AAU1 CubeSat yang dibuat oleh mahasiswa-mahasiswa Aalborg University di Denmark.

Pengembangan satelit terutama nanosatelit yang saat ini sedang menggema di seluruh dunia dan keberhasilan para pelopor sebelumnya mampu mendorong Indonesia ikut serta dalam mengembangkan teknologi nanosatelit pertama di Indonesia, yaitu *LiNusat-1* yang akan diluncurkan pada tahun 2012. Pemerintah sebagai pendukung kegiatan ini telah mempercayakan LAPAN dibantu dengan perguruan tinggi Indonesia untuk merancang, dan membangun nanosatelit pertama buatan Indonesia tersebut. *LiNUSAT-1* yang nantinya diluncurkan merupakan karya para mahasiswa Indonesia dari beragam perguruan tinggi, dimana misi satelit ini merupakan misi yang masih sederhana, yaitu untuk menyampaikan data berupa emergency call, dengan waktu hidup direncanakan dua tahun. Harapan kedepannya agar Indonesia mampu menciptakan nanosatelit-nanosatelit berikutnya yang mampu bekerja dengan baik.

Untuk bagian payload TTC, satelit yang dibuat harus mampu bekerja pada frekuensi uplink 145.95MHz dan frekuensi downlink 436.915MHz dan dapat meneruskan data dari stasiun bumi ke satelit, selain itu data harus mampu dibaca oleh OBDH, kemudian mampu diteruskan kembali ke stasiun bumi. Pemilihan IC transceiver pada nanosatelit ini dilakukan karena kelebihanannya dalam hal pengaturan frekuensi yang lebih mudah, dan nilai dari power amplifier dapat disesuaikan.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisis dan melakukan pengukuran terhadap penggunaan komunikasi payload satelit subsistem TTC yang terdiri atas Transmitter dan Receiver dengan menggunakan IC transceiver dan pendesainan TNC menggunakan mikrokontroller ATMEGA1280 sebagai penyimpan data protocol FX.25 yang digunakan.

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada skripsi kali ini meliputi penggunaan IC transceiver menggunakan ADF7021 untuk transmitter dan receiver yang bekerja pada frekuensi uplink 145.95MHz dan frekuensi downlink 435.915MHz dan pendesainan mikrokontroller sebagai TNC.

1.4 METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah studi pustaka dari beberapa jurnal, tesis, dan buku yang berkaitan dengan nanosatelit, serta perancangan dan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ADIsimSRD studio dan perangkat lunak pemrogramannya.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Bab 1 Pendahuluan

Bab Pendahuluan ini berisi Latar Belakang, Tujuan Penulisan, Batasan Penulisan, dan Sistematika Penulisan.

Bab 2 Sistem Komunikasi Satelit

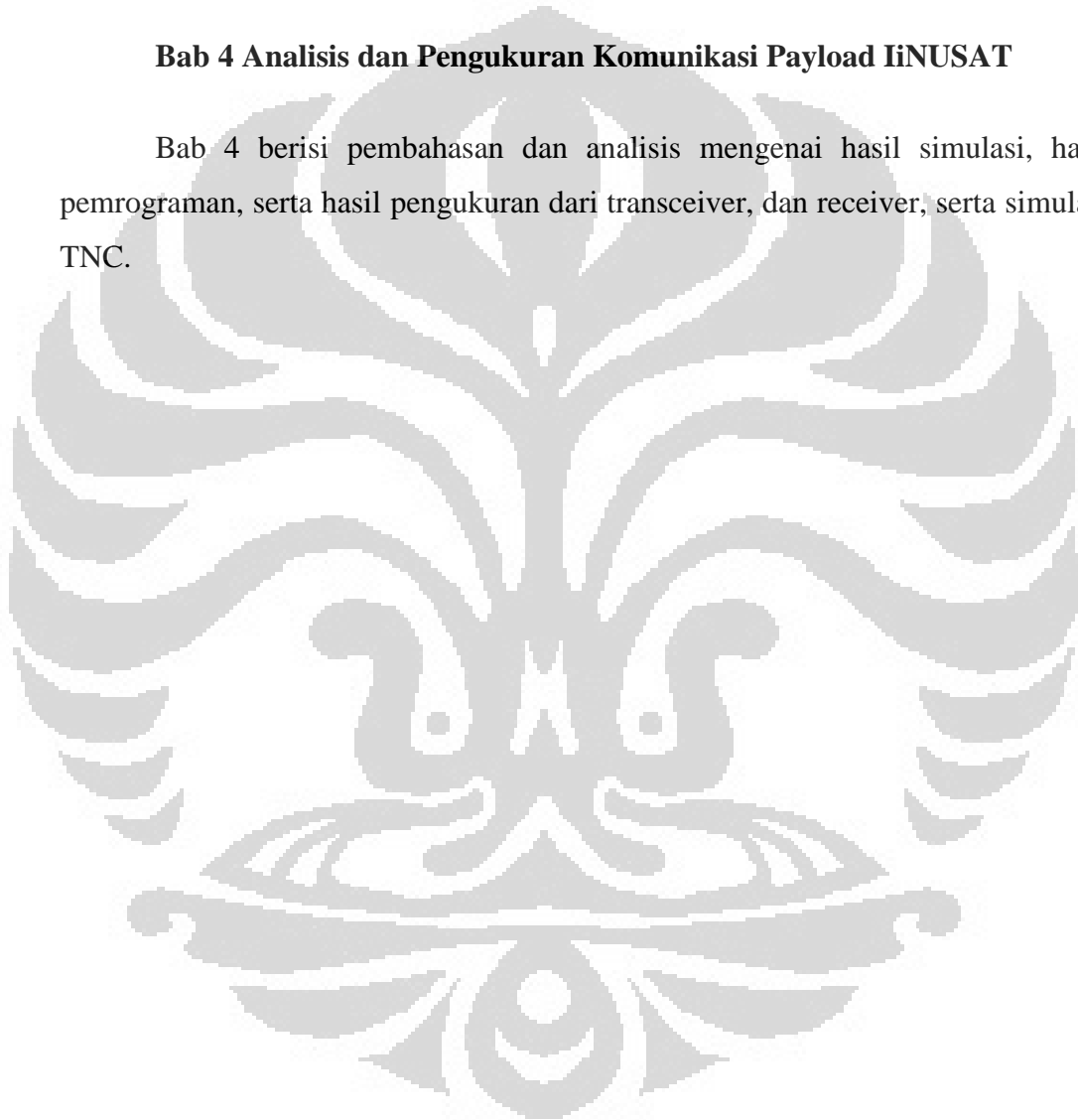
Bab 2 ini memberikan pengantar mengenai berbagai teori yang digunakan dalam perancangan system. Bab ini merupakan landasan teori tentang satelit yang berisi pengertian satelit,perangkat komunikasi satelit, serta struktur space segment.

Bab 3 Komunikasi Payload IiNUSAT

Bab 3 membahas mengenai proyek yang akan dikerjakan, terutama di bagian payload komunikasi. Bab ini berisi tentang pengenalan Inspire, spesifikasi umum IiNUSAT, spesifikasi payload komunikasi IiNUSAT, transmitter, receiver, dan TNC IiNUSAT.

Bab 4 Analisis dan Pengukuran Komunikasi Payload IiNUSAT

Bab 4 berisi pembahasan dan analisis mengenai hasil simulasi, hasil pemrograman, serta hasil pengukuran dari transceiver, dan receiver, serta simulasi TNC.



BAB II

SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

2.1 Pengertian Satelit

Satelit adalah benda yang mengorbit benda lain dengan periode revolusi dan rotasi tertentu. Ada dua jenis satelit yaitu satelit alam dan satelit buatan. Pembahasan kali ini akan berkisar tentang satelit buatan yang diciptakan oleh manusia untuk menunjang kebutuhannya.

Satelit bila dilihat berdasarkan sudut pandang orbitnya dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

Low earth orbit (LEO) : Berkisar 500-1000miles diatas permukaan bumi

Medium earth orbit (MEO) : 8000miles diatas permukaan bumi

Geostationary earth orbit (GEO) : 22238 miles diatas permukaan bumi

Masing-masing dari pemilihan orbit tersebut disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan, dimana terdapat kekurangan dan kelebihan dari masing-masing orbit. Kelebihan dan kekurangan tersebut adalah:

a. Low earth orbit (LEO)

Kelebihan:

- Delay transmisi rendah
- Path loss lebih sedikit
- Bisa bekerja dengan low power

Kekurangan :

- Tidak efektif untuk nasional atau regional coverage karena jangkauannya yang kecil

- Life time orbit lebih singkat daripada GEO dan MEO karena degradasi orbit

b. Medium earth orbit (MEO)

Kelebihan :

- Delay transmisi lebih rendah daripada GEO (tapi lebih besar daripada LEO)
- Life time orbit lebih lama daripada LEO

Kekurangan :

- Paparan terhadap radiasi sabuk Van Allen lebih besar
- Antena groundnya lebih mahal dan lebih complex

c. Geostationary earth orbit (GEO)

Kelebihan :

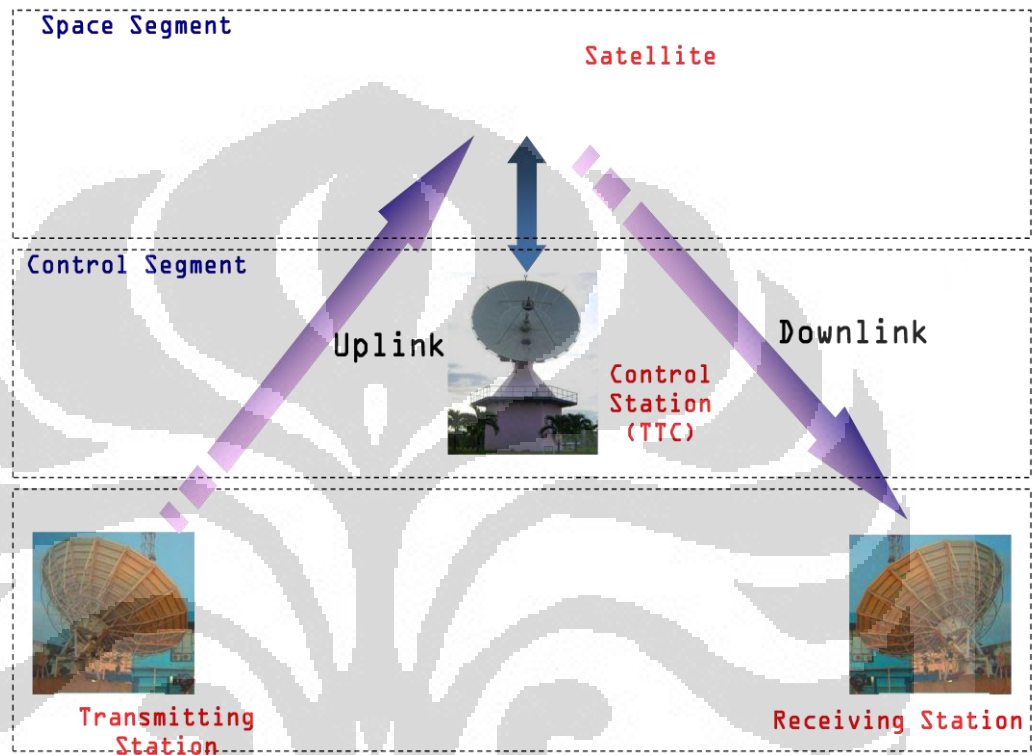
- Terminal pengguna tidak perlu melakukan tracking satelit
- Hanya sedikit satelit yang menyediakan jangkauan global
- Life time paling lama (15 tahun atau lebih)
- Biaya dan teknik system tracking dan switching paling sederhana

Kekurangan :

- Transmisi latensi atau delay sekitar 250ms untuk selesainya up dan downlink
- Biaya mahal dan peluncuran susah
- Antena harus memiliki aperture yang besar untuk dapat menyediakan high flux density

2.2 Perangkat Komunikasi Satelit

Arsitektur sistem komunikasi satelit dapat terlihat dari gambar di bawah ini [4]:



Gambar 2.1 Arsitektur Komunikasi Satelit

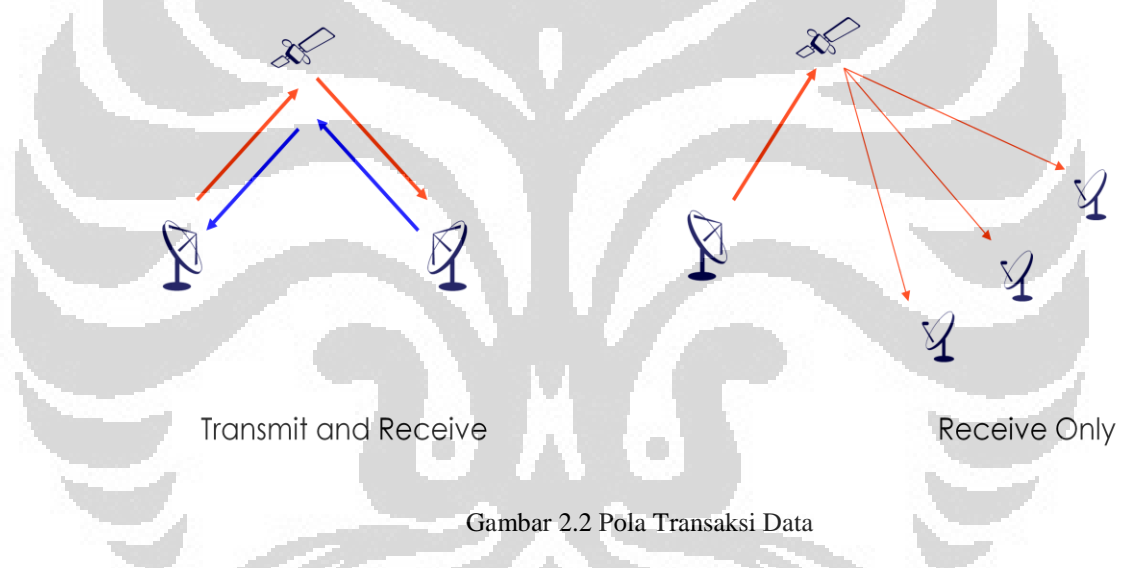
2.2.1 Space segment

Merupakan bagian dari komunikasi satelit yang berada di space, ataupun alat peluncuran yang digunakan untuk meluncurkan satelit. Bisa dikatakan bahwa space segment terdiri dari satelit itu sendiri dan alat peluncurnya, seperti roket. Bagian komunikasi satelit yang berada di space segment salah satunya adalah bagian transponder (transmitter dan responder) yang berfungsi untuk menerima sinyal RF dari bumi, memfilternya, mengkonversi, mengkanalisasi, menguatkan sinyal, dan mengirimnya kembali ke bumi. Selain itu terdapat bagian data handling yang dilakukan oleh OBDH, bagian power yang disuplai oleh solar cell, dan bagian-bagian lain yang terdapat dalam satelit itu sendiri.

2.2.2 Ground segment

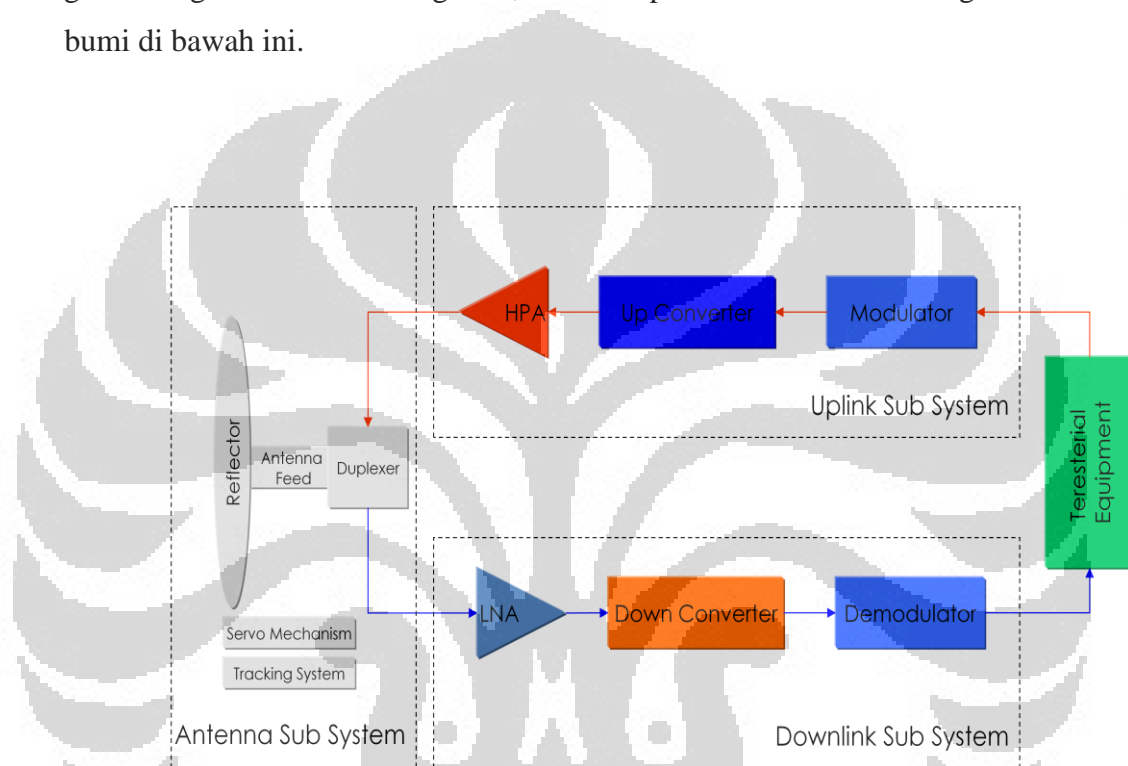
Stasiun bumi atau ground segment yang biasa disebut juga sebagai teleport adalah sebuah fasilitas komunikasi dengan menggunakan gelombang radio microwave untuk antenna transmitter dan receiver, dan membutuhkan perangkat perangkat untuk mengirim dan menerima sinyal untuk berkomunikasi dengan satelit. Kita dapat mengklasifikasikan ground segment menjadi beberapa tipe, berdasarkan tiga hal, yaitu:

- Berdasarkan fungsi/penggunaannya dibagi menjadi dua, yaitu sebagai transmit dan receive atau sebagai receive only [7].



- Berdasarkan dimensi antenanya, dapat dibagi menjadi empat, yaitu:
 - Large Station → > 15 m
 - Medium Earth Station → 7 - 15 m
 - Small Station → 3 - 7 m
 - VSAT (Very Small Apperture Antenna) → 0.7 - 2.4 m
- Berdasarkan posisi, dapat dibagi menjadi dua, yaitu :
 - Fixed / Stationary Earth Station
 - Mobile/Transportable Earth Station
Ship-borne, vehicle-borne (di kapal laut ataupun di kendaraan)

Ground segment memiliki peran untuk mengirimkan sinyal, baik itu informasi data yang akan dikirim, maupun command (perintah-perintah) terhadap satelit di bagian transmitter, dan menerima kembali data informasi maupun telemetry kondisi satelit di bagian receiver. Komponen-komponen pendukung banyak diperlukan di ground segment agar dapat terjalin komunikasi antara ground segment dan earth segment, hal itu dapat terlihat dari blok diagram stasiun bumi di bawah ini.



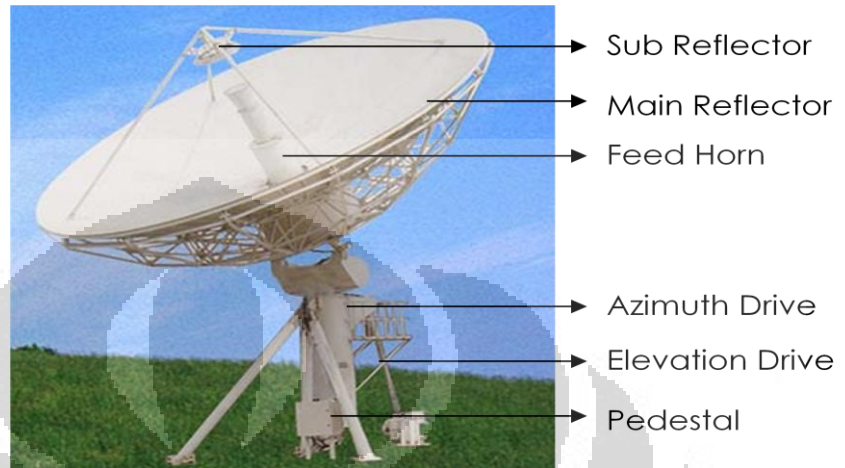
Gambar 2.3 Diagram blok dari stasiun bumi

Dari blok diagram tersebut, dapat kita cermati bahwa terdapat perangkat-perangkat yang mendukung komunikasi dengan satelit di bagian ground segment. Perangkat-perangkat tersebut ialah:

a. Antena

Antena adalah sebuah “transducer” antara gelombang elektromagnetik di space dan tegangan atau arus di jalur transmisi. Ketika mentransmit, antenna mengubah sinyal elektrik ke gelombang radio, sedangkan antenna penerima membalik prosesnya dan mengubah

gelombang radio kembali ke sinyal elektrik. Tipe antenna yang sering digunakan adalah reflector parabolic.



Gambar 2.4 Antena Satelit

Bagian-bagian tersebut adalah:

► Main Reflector

- Adalah device yang memantulkan sinyal dari satelit ke focal point/focus
- Konstruksi bisa jadi solid, mesh, atau wire dengan beragam material seperti aluminium, baja, fiberglass, atau mesh baja

► Sub Reflector

- Reflektor sekunder untuk memantulkan sinyal dari main reflector ke focal point

► Feed Horn

- Menangkap sinyal yang dipantulkan dari reflector dan kanal ke amplifier

► Duplexer

- Adalah sebuah device yang memisahkan antara sinyal transmit dan sinyal receive

► Polarizer

- Adalah sebuah device untuk mengklasifikasi sinyal polarisasi yang diinginkan.

► Antenna Mount (Pedestal)

- Membantu reflector dan feed (biasa digunakan untuk dua aksis orthogonal yang bisa digerakkan) .

b. HPA

HPA (High power amplifier) adalah divais yang digunakan untuk menguatkan sinyal untuk mendapatkan power sinyal yang dibutuhkan untuk transmisi melalui media propagasi. Jenis power amplifier yang ada di earth station adalah:

- TWTA (travelling wave tube amplifier)
Adalah divais elektronik untuk memproduksi high power RF yang terdiri dari travelling wave tube yang berbarengan dengan rangkaian proeksi dan power supply
- Klystron amplifier
Klystron biasa digunakan untuk vacuum tube beam yang linier. Ini mirip dengan TWTA, tetapi lebih powerful dan dengan frekuensi tertentu. Klystron bisa di tuning dan bagus digunakan untuk narrow passband (sekitar 40MHz untuk C-Band dan 80 MHz untuk Ku band)
- Solid state power amplifier

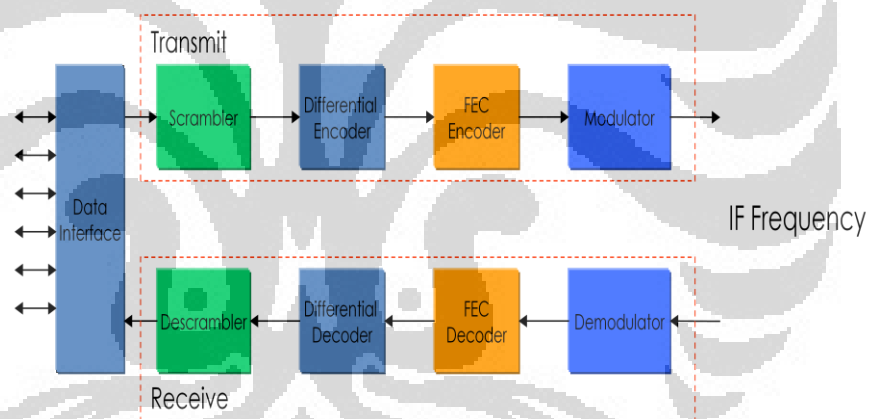
SSPA adalah HPA menggunakan solid state technology. SSPA dibuat dari gallium arsenide (GaAs) semikonduktor metal dan FET yang disusun secara seri dan parallel untuk mendapatkan output power.

c. LNA

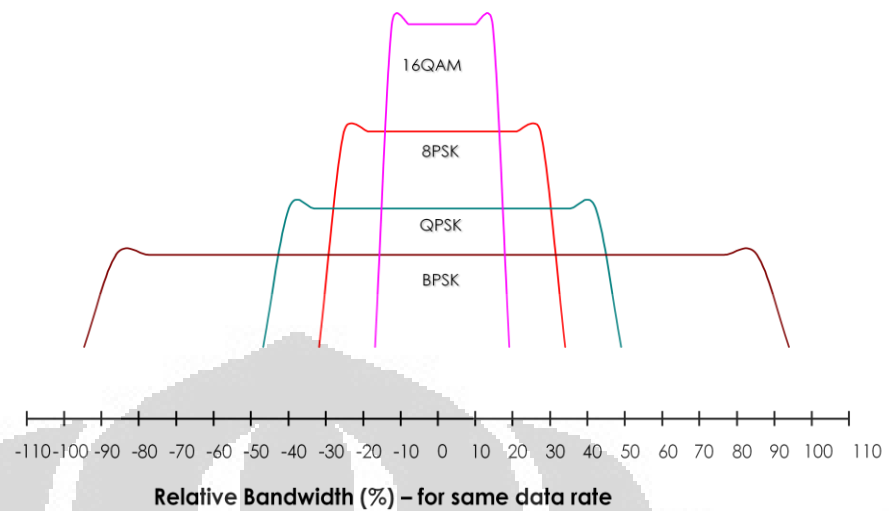
Tujuan dari LNA adalah untuk mengamplify sinyal yang diterima untuk level yang dapat diterima tanpa menguatkan noisanya.

d. Modem

Modem merupakan singkatan dari modulator-demodulator. Fungsi utamanya adalah untuk mengubah Baseband signal ke radio signal di intermediate frequency (IF). Berikut ini adalah blok diagram dari modem:



Gambar 2.5 Diagram Blok Modem



Gambar 2.6 Efisiensi bandwidth untuk modulasi

2.2.3 Control segment

Di bagian control segment, terdapat tiga pengendalian penting terhadap komunikasi satelit, yaitu:

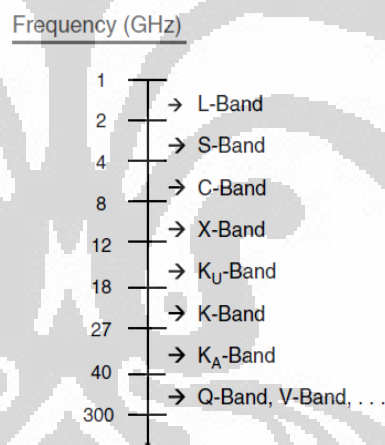
- a. Pengendalian satelit:
 - Telemetry monitoring
 - Manuever execution
- b. Pengendalian Orbit satelit:
 - Perencanaan manuever inklinasi
- c. Analisis data:
 - Analisis kondisi satelit

2.3 Alokasi Frekuensi

Frekuensi kerja suatu satelit akan berhubungan tentang performa dan desain dari suatu satelit. Selain itu, panjang gelombang sinyal yang bergerak dalam udara juga merupakan parameter yang menentukan efek dari interaksi sinyal dan atmosfer dan degradasi sinyal akibat adanya noise. Sistem satelit juga

harus mengikuti aturan internasional dan domestik mengenai pemilihan dari frekuensi kerja dari satelit tersebut.

Pemilihan alokasi frekuensi yang akan digunakan di suatu satelit harus disesuaikan dengan kebutuhan pemakaian satelit itu sendiri, dan mempertimbangkan link budget, daya pancar, dan modulasi yang kelak akan digunakan. Terdapat dua penamaan dalam alokasi frekuensi, yaitu penamaan berdasarkan huruf yang membagi spektrum frekuensi dari 1 – 300 GHz yang ditunjukkan oleh gambar 2.5 [1]⁽¹²⁾. Penamaan lain membagi spektrum frekuensi antara 3 Hz – 300 GHz menjadi pembagian berdasarkan tingkatan dekade dari panjang gelombang yang ditunjukkan pada gambar 2.6[1]⁽¹³⁾. Kebanyakan komunikasi satelit menggunakan alokasi frekuensi antara superhigh frequency dan extremely high frequency.



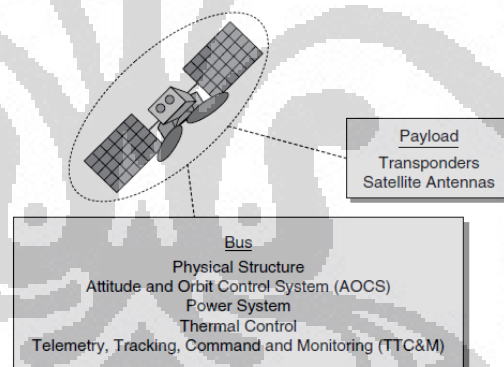
Gambar 2.7 Alokasi frekuensi berdasar huruf

Frequency	Wavelength	
3 Hz	10^8 m	→ VLF Very Low Frequency
30 kHz	10^4 m	→ LF Low Frequency
300 kHz	10^3 m	→ MF Medium Frequency
3 MHz	10^2 m	→ HF High Frequency
30 MHz	10 m	→ VHF Very High Frequency
300 MHz	1 m	→ UHF Ultrahigh Frequency
3 GHz	10 cm	→ SHF Super High Frequency
30 GHz	1 cm	→ EHF Extremely High Frequency
300 GHz	1 mm	

Gambar 2.8 Alokasi frekuensi berdasar penamaan tingkatan

2.4 Struktur Space Segment

Satelit yang merupakan bagian space segment, merupakan perangkat yang terdiri dari dua bagian besar yang ditunjukkan pada Gambar 2.. **Error! Reference source not found.** ⁽³⁷⁻³⁸⁾



Gambar 2.9. Subsistem *Space Segment*

2.4.1 Bus atau Platform

Merupakan subsistem satelit yang terdiri dari struktur dasar satelit dan subsistem yang mendukung kinerja satelit beserta payloadnya. Subsistem bus dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Bus / Platform

Subsistem	Fungsi	Karakteristik
Altitude and Orbit Control (AOCS)	Stabilisasi ketinggian, determinasi orbit	Akurat
Power Supply	Penyediaan energi listrik	Daya, kestabilan tegangan
Telemetry, Tracking, and Command (TTC)	Pertukaran data <i>housekeeping</i>	Jumlah kanal, keamanan telekomunikasi
Struktur	Pendukung perangkat	Kekuatan, berat
On board data handling (OBDH)	Pengatur subsistem dan data	Otomatis, real time

2.4.2 Payload

Payload satelit merupakan perangkat yang menyediakan layanan atau layanan yang menjadi tujuan dari satelit itu sendiri. Payload ini ditentukan sesuai dengan fungsi dari satelit yang akan digunakan. Misalnya suatu satelit digunakan untuk pengambilan informasi suatu objek di bumi, maka satelit tersebut mempunyai payload *remote sensing* dan komunikasi. Atau jika satelit digunakan untuk pengamatan aktivitas bumi atau perubahan aktivitas suatu objek bumi, maka satelit tersebut mempunyai payload *surveillance* dan komunikasi. Payload komunikasi mutlak ada pada suatu sistem satelit karena tanpa adanya payload komunikasi maka satelit tersebut tidak berguna karena tidak dapat mengirimkan informasi ke stasiun bumi. [1]⁽⁴⁶⁾

Payload komunikasi terdiri dari perangkat telekomunikasi yang mampu menerima informasi uplink dan meneruskan informasi downlink. Terdapat dua tipe dari payload komunikasi, yaitu *transparent payload* dan *regenerative payload*.

Transparent payload

Merupakan payload yang pertama-tama mengamplifikasi sinyal dan mengkonversikan frekuensinya. Setelah ditangkap oleh antenna receiver, frekuensi uplink, f_{up} , di ubah menjadi frekuensi lower intermediate, f_{if} , di amplifikasi, dan kemudian diubah menjadi frekuensi RF downlink untuk transmisi ke bumi. Konversi frekuensi diperlukan untuk membedakan frekuensi untuk uplink dan downlink agar interferensi dapat diperkecil. Payload bisa mempunyai beberapa kanal yang ditujukan untuk kebutuhan tertentu. Uplink dan downlink pada *transparent payload* bersifat *codependent*, yaitu semua degradasi dari uplink akan berpengaruh pada downlink dan mempengaruhi komunikasi total satelit.

regenerative payload

Pada *regenerative payload* sinyal uplink, f_{up} , didemodulasi ke baseband, $f_{baseband}$. Sinyal baseband kemudian diproses, termasuk didalamnya koreksi eror, switching, coding, dll. Sinyal baseband kemudian di modulasi kembali menjadi frekuensi carrier downlink, f_{down} . Routing dari uplink dengan pancaran tertentu ke downlink dengan pancaran tertentu pula didapatkan dengan meroutingkan sinyal ke kanal satelit yang berbeda atau *transponder hopping* yang dilakukan pada *on board switching* dengan *on board processing*. Transponder dengan jenis *onboard processing* lebih rumit dan mahal untuk dibuat tetapi mempunyai keuntungan dari segi performanya. Uplink dan downlink pada *on board processing* bersifat *independent*, yaitu semua degradasi dari uplink tidak akan berpengaruh pada downlink. [1]⁽⁴⁶⁻⁵⁰⁾

BAB III

KOMUNIKASI PAYLOAD IiNUSAT

3.1 Inspire

Inspire (Indonesian Nano Satellite Platform Initiative for Research and Education) adalah suatu inisiatif proyek nir-laba yang bertujuan untuk membangun & mengembangkan platform teknologi satelit (nano-satelit khususnya) di kalangan perguruan tinggi di Indonesia, dengan menempatkan mahasiswa sebagai motor/penggerak utamanya. Proyek INSPIRE ini dibentuk mengingat negara kita sudah cukup tertinggal oleh negara-negara maju lainnya dalam bidang teknologi satelit, padahal platform teknologi ini dapat menunjang sektor lain seperti telekomunikasi, navigasi, kelautan, lingkungan hidup, eksplorasi sumber daya alam, serta peringatan dini bencana. Cara yang ditempuh dengan menggabungkan program edukasi dan *research* dalam sebuah *riel project* berupa pengembangan sistem satelit dengan nama Indonesian Inter University Satellite (IiNUSAT) yang terdiri dari Satelit IiNUSAT dan Ground segment network.

3.2 Spesifikasi Umum IiNUSAT

Berdasarkan forum INSPIRE, telah ditentukan spesifikasi umum dari nanosatelit IiNUSAT yang akan dibuat. Spesifikasi umum tersebut merupakan acuan untuk membuat rancang bangun subsistem-subsistem nanosatelit yang akan dibuat. Spesifikasi umum tersebut mencakup bentuk satelit, ukuran satelit, orbit ketinggian, massa, daya dan ruangan piggybank yang tersedia, sesuai dengan yang tercantum dalam tabel 3.1 [3].

Tabel 3.1 Spesifikasi IiNUSAT-1

parameter satelit	Spesifikasi
orbit	LEO Sun Synchronous
ketinggian	700 km
<i>inclination</i>	98 ⁰
bentuk	Heksagonal
ukuran	d=30 cm; t=35 cm
massa	2 kg
daya	9 W
kecepatan	7.5 Km/s
ruangan <i>piggyback PLSV</i>	600 mm (radial) x 700 mm (transvesal) x 850 mm (tinggi)
Misi	<i>Emergency communication</i>

3.3 Spesifikasi Payload Komunikasi IiNUSAT

Payload komunikasi yang dirancang untuk spesifikasi IiNUSAT terdiri atas transmitter, receiver, TNC, dan antenna yang disesuaikan dengan space proven IiNUSAT yang telah dibuat. Spesifikasi payload komunikasi IiNUSAT tersebut adalah:

Tabel 3.2 Spesifikasi payload komunikasi

SPESIFIKASI PAYLOAD KOMUNIKASI	
Parameter	Ketentuan
Sistem	Full Dupleks
Metode Pengiriman	Real Time & Store and forward
Protokol	FX-25
Frekuensi Kerja	Downlink = 436.915 MHz (bandwidth 30 KHz)

	Uplink = 145.95 MHz (bandwidth 10 KHz)
Jenis Data	TTC Uplink = Command dan update OBDH Downlink = Telemetry dan house keeping Data = Paket Karakter (500 karakter)
Bitrate	Downlink = 9600 Bps (FSK) Uplink = 1200 Bps (FSK)
BER minimum	10^{-5}
Jenis Payload	Regenerative
Jenis Antenna	Receiver = Monopole Transmitter = Monopole

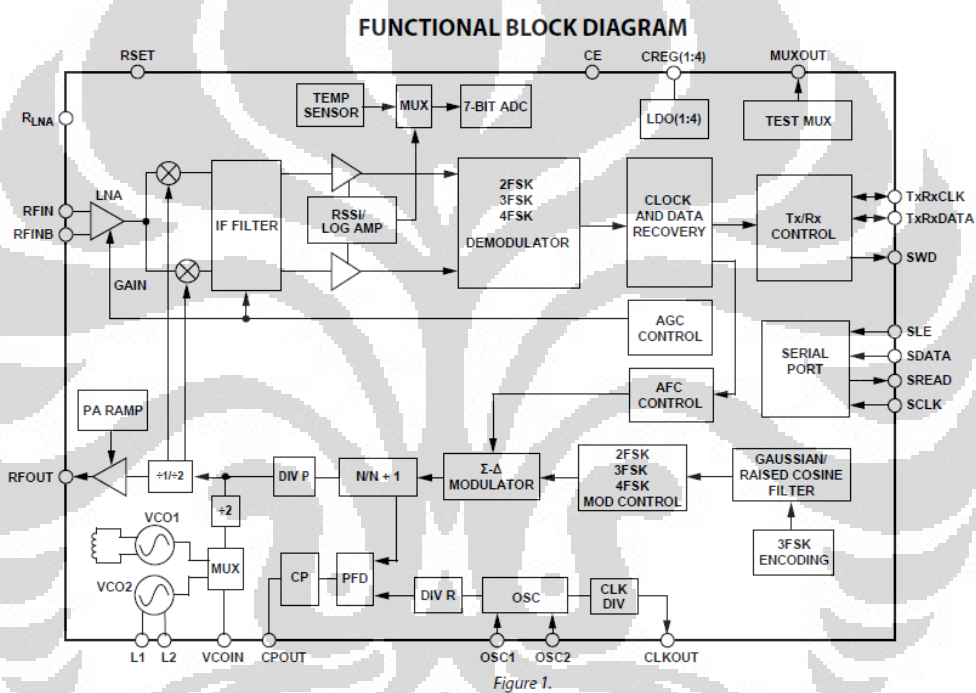
Pada bagian payload komunikasi satelit, terdapat tiga bagian penting yang merupakan komponen pengiriman data, ketiga hal tersebut ialah transmitter, receiver, dan TNC (Terminal Node Controller). Transmitter dan receiver menggunakan IC transceiver ADF7021, sedangkan TNC menggunakan mikrokontroler. Penggunaan board dari IC transceiver disesuaikan dengan data sheet baseboard yang ada.

Tabel 3.3 Tipe Baseboard IC ADF7021

Board Number	RF Band	Rx Data Rate	Tx Data Rate	Loop Bandwidth
EVAL-ADF70XXMBZ1	Not for new Designs	-	-	-
EVAL-ADF70XXMBZ2	Recommended	-	-	-
EVAL-ADF7021DBZ2	862 MHz - 870 MHz	Up to 25 kbps	Up to 25 kbps	90 kHz
EVAL-ADF7021DBZ3	431 MHz - 470 MHz	Up to 25 kbps	Up to 25 kbps	90 kHz
EVAL-ADF7021DBJZ	426 MHz - 429 MHz	Up to 25 kbps	Up to 25 kbps	90 kHz
EVAL-ADF7021DBZ6	608 MHz - 614 MHz	Up to 25 kbps	Up to 25 kbps	90 kHz
EVAL-ADF7021DBZ5	RF Match/ Loop filter not inserted	-	-	-

3.4 IC Transceiver ADF7021

IC Transceiver ADF7021 merupakan perangkat transceiver yang mampu bekerja pada frekuensi 80MHz-650MHz dan 862MHz-950MHz dengan modulasi 2FSK, 3FSK, 4FSK, dan MSK[5]. IC transceiver ini memiliki kemampuan untuk melakukan modulasi, demodulasi, transmit, receive, dengan komponen power amplifier, maupun LNA di dalamnya. Blok diagram IC dapat dilihat seperti di bawah ini [5].



Gambar 3.1 Blok diagram IC transceiver ADF7021

Pemrograman diperlukan terhadap IC transceiver ADF7021 agar dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan. Pemrograman IC transceiver tersebut dilakukan dengan cara mengatur nilai dari masing-masing register yang ada, dimana terdapat 15 register yang dapat diatur dan mewakili fungsi masing-masing spesifikasi dengan address bits yang direpresentasikan dengan bilangan hexadesimal. Keseluruhan register tersebut ialah:

- a. Register0 – N Register
- b. Register1 – VCO/ Oscillator register
- c. Register2 – Transmit modulation register
- d. Register3 – Transmit/Receive clock register
- e. Register4 – Demodulator setup register
- f. Register5 – IF Filter setup register
- g. Register6 – IF fine cal setup register
- h. Register7 – Readback setup register
- i. Register8 – Power down test register
- j. Register9 – AGC register
- k. Register10 – AFC register
- l. Register11 – Sync word detect register
- m. Register12 – SWD/threshold setup register
- n. Register13 – 3FK/4FSK Demod register
- o. Register14 – Test DAC register

3.5 Transmitter IiNUSAT

Transmitter IiNUSAT memiliki frekuensi downlink 436.915MHz dengan bandwidth sebesar 30kHz dan data rate sebesar 9600bps untuk menerima data telemetri dari OBDH dan mentransmisikan kembali pesan yang diterima satelit ke ground station. Pemilihan frekuensi yang lebih tinggi ,bandwidth yang lebih lebar dan data rate yang lebih besar dibandingkan dengan receiver dimaksudkan agar mampu melewati data yang lebih banyak dibandingkan sisi receiver. Hal itu disebabkan oleh data yang disampaikan dari satelit ke ground station kana lebih banyak dibandingkan dengan sisi receiver satelit.

Agar dapat bekerja sebagai perangkat satelit yang mampu bertahan terhadap kondisi di angkasa, maka transmitter harus menggunakan komponen yang tetap dan mampu terprogram secara baik. Hal itulah yang mendasari pemilihan IC transceiver sebagai komponen transmitter satelit.

Transmitter IiNUSAT menggunakan IC Transceiver ADF7021 dengan baseboard menggunakan ADF7021 DBZ3 sebagai baseboard utama yang berfungsi sebagai transmitter satelit, dan ADF70XXMBZ2 sebagai motherboard untuk melakukan pemrograman pada transmitter.



Gambar 3.2 Baseboard ADF7021DBXX

3.5.1 Komponen Transmitter

Baseboard yang digunakan ialah ADF7021DBZ3 yang mampu bekerja pada spesifikasi frekuensi dan bandwidth downlink yang diperlukan, komponen-komponen yang terdapat pada sisi transmitter adalah:

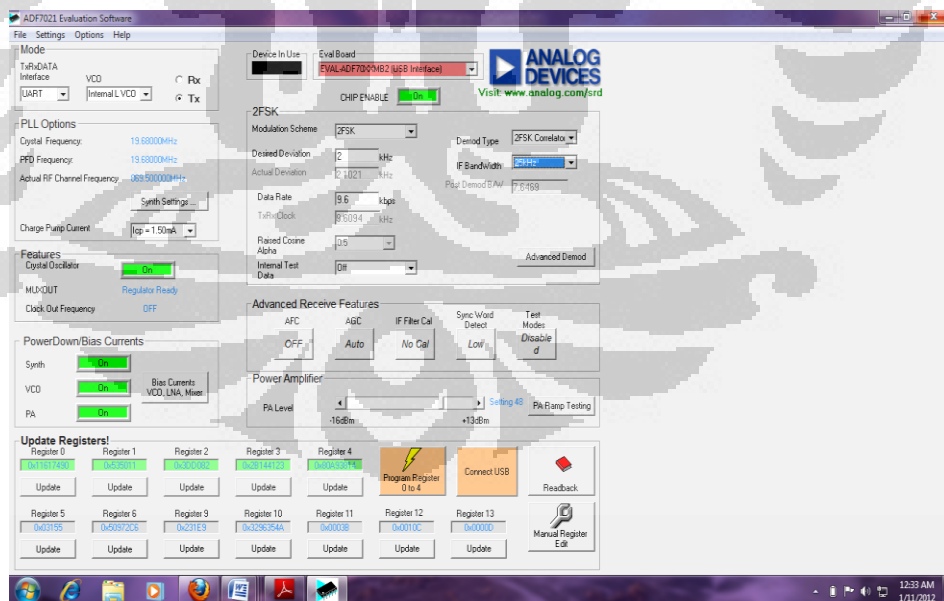
Tabel 3.4 Komponen Transmitter

Jumlah	Nama	Nilai	Toleransi	Ukuran SMD	Manufacture Part No.
Matching					
1	C1	4.7pF	$\pm 0.25\text{pF}$	0402	GRM1555C1 H4R7CZ01D
1	C2	10pF	$\pm 5\%$	0402	GRM1555C1 H100JZ01D
1	C3	6.8pF	$\pm 0.5\text{pF}$	0402	GRM1555C1 H6R8DZ01D
1	L1	13nH	$\pm 5\%$	0402	Coilcraft 0402CS- 13NX-JLU
1	L2	27nH	$\pm 5\%$	0402	Coilcraft 0402CS-

					27NX-JLU
VCO Inductor Eksternal					
1	L3	-		0402	
Filter Harmonic					
1	L4	22nH	±5%	0402	
1	L5	20nH	±5%	0402	
1	C23	6.8pF	±0.5pF	0402	
C22					-
C24					-
TCXO					
1	Y1	19.68MHz	2.5ppm	5.0x3.2x1.3m m SMD	SIWARD TXO812025L J-19.68MHz- 3.0R
Loop Filter					
1	R1	270Ω	±10%	0402	
1	R2	560Ω	±10%	0402	
1	C11	1000pF	±10%	0402	
1	C12	15nF	±10%	0402	
1	C13	470pF	±10%	0402	

3.5.2 Pemrograman Transmitter

Pengaturan register transmitter dilakukan dengan menggunakan ADF7021 Evaluation Software agar mampu bekerja pada frekuensi 436.915MHz, skema modulasi 2FSK dengan deviasi frekuensi 2kHz, dan data rate 9.6kbps.



Gambar 3.3 Pemrograman Transmitter

Register yang berhubungan langsung dengan transmitter adalah register0-register3, dan hasil yang didapat ialah:

- Register0 (0x1633720)

Informasi yang didapat ialah

Address bits : 0000

Fractional N : 13170

Integer N : 44

Mode : Transmit

Dari nilai register tersebut, dan nilai XTAL sebesar 19.68MHz dan XTAL divider (R) ialah satu, maka dapat dicari frekuensi kerja berdasarkan rumus[5]:

$$PFD = \frac{XTAL}{R} = \frac{19.68 \times 10^6}{1} = 19.68 \times 10^6 \dots\dots\dots(3.1)$$

$$RFout = PFD \times 0.5 \times \left(Integer_N + \frac{Fractional_N}{2^{15}} \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

$$RFout = 19.68 \times 10^6 \times 0.5 \times \left(44 + \frac{13170}{2^{15}} \right)$$

$$RFout = 436.914858.4$$

- Register1 (0x575011)

Informasi yang didapat ialah

Address bits : 0001

R : 1

Clkout divide : off

XTAL doubler: off

XTAL : ON

XTAL bias : 30 μ A

Icp : 1.5mA

VCO loop : ON

RF/2 : ON

- Register2 (0x761082)

Informasi yang didapat ialah

Address bits	: 0010
Skema modulasi	: 2FSK
PA enable	: ON
PA ramp	: No ramp
PA bias	: 5 μ A
PA level	: 48 (+10dbm)
Freq_deviation	: 14

Dengan pengaturan awal ialah *RF divide by 2*, maka[5]:

$$Frequency\ Deviation\ (Hz) = 0.5 \times \frac{Tx\ freq\ deviation \times PFD}{2^{16}} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$Frequency\ Deviation\ (Hz) = 0.5 \times \frac{14 \times 19.68 \times 10^6}{2^{16}}$$

$$Frequency\ deviation = 2102.05\ Hz \approx 2.1kHz$$

- Register3 (0x2B144123)

Informasi yang didapat ialah:

Address bits	: 0011
BBOS CLK divide	: 16
DEMODO CLK divide	: 8
CDR CLK divide	: 16
Seq. CLK divide	: 133
AGC CLK divide	: 10

3.6 Receiver IiNUSAT

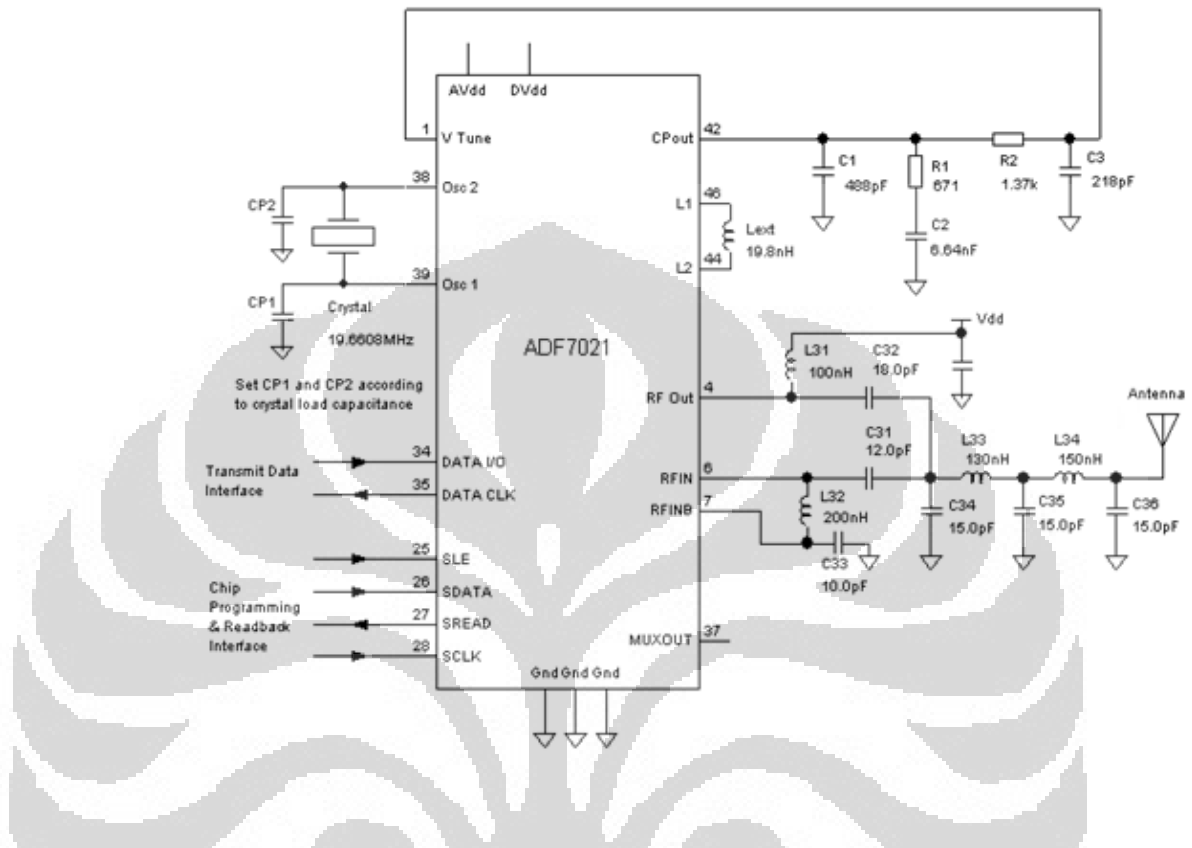
Receiver IiNUSAT menggunakan frekuensi uplink 145.95MHz dengan bandwidth sebesar 10Khz dan data rate sebesar 1200bps untuk mampu melewati data dari ground station berupa command dan data informasi untuk emergency call. Seperti pada transmitter, receiver harus mampu bertahan pada

kondisi satelit di angkasa, oleh karena itu pemilihan IC transceiver sebagai receiver dilaksanakan.

Receiver yang digunakan oleh iNUSAT ialah IC Transceiver ADF7021 dengan baseboard menggunakan ADF7021DBZ5 sebagai baseboard utama yang berfungsi sebagai receiver satelit, dan ADF70XXMBZ2 sebagai motherboard untuk melakukan pemrograman pada receiver.

3.6.1 Komponen Receiver

Baseboard receiver menggunakan ADF7021DBZ5, dimana pengaturan komponen yang ada disesuaikan dengan kebutuhan frekuensi uplink, yaitu 145.95MHz dengan bandwidth 10kHz. Pemilihan komponen yang digunakan dilakukan berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan software ADIsimSRD studio design, yang menghasilkan rancangan komponen seperti di bawah ini:



Gambar 3.4 Perancangan Komponen Receiver

Dari hasil perancangan menggunakan ADIsim SRD studio dengan batas bandwidth frekuensi 10KHz dan frekuensi tengah 145.95 MHz, maka dapat disimpulkan bahwa komponen yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

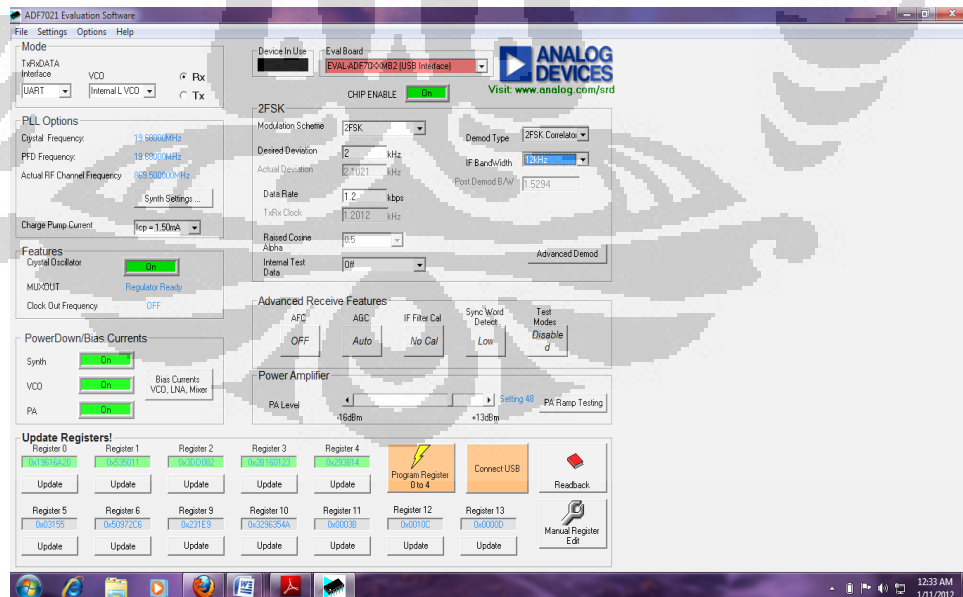
Tabel 3.5 Komponen Receiver

Jumlah	Nama	Nilai	Toleransi	Ukuran SMD	Manufacture Part No.
Matching					
1	C1	12pF	±5-10%	0402	GRM1555C1 H4R7CZ01D
1	C2	18pF	±5-10%	0402	GRM1555C1 H100JZ01D
1	C3	10pF	±5-10%	0402	GRM1555C1 H6R8DZ01D
1	L1	100nH	±5-10%	0402	Coilcraft 0402CS-13NX-JLU
1	L2	200nH	±5-10%	0402	Coilcraft

					0402CS-27NX-JLU
VCO Inductor Eksternal					
1	L3		19.68nH		0402
Filter Harmonic					
1	L4	150nH	±5-10%		0402
1	L5	130nH	±5-10%		0402
1	C23	15pF	±5-10%		0402
	C22				15pf
	C24				15Pf
TCXO					
1	Y1	19.68MHz	2.5ppm	5.0x3.2x1.3m m SMD	SIWARD TXO812025LJ -19.68MHz- 3.0R
Loop Filter					
1	R1	671Ω	±5-10%		0402
1	R2	1.37K Ω	±5-10%		0402
1	C11	488pF	±5-10%		0402
1	C12	6.64nF	±5-10%		0402
1	C13	218pF	±5-10%		0402

3.6.2 Pemrograman Receiver

Pengaturan register receiver dilakukan dengan menggunakan ADF7021 Evaluation Software agar mampu bekerja pada frekuensi 145.95MHz, skema demodulasi 2FSK Correlator dengan data rate 9.6kbps.



Gambar 3.5 Pemrograman Receiver

Register yang berhubungan langsung dengan receiver adalah register0, register1, register3, register4, dan hasil yang didapat ialah:

- Register0 (0x8ED2790)

Informasi yang didapat ialah

Address bits : 0000

Fractional N : 21113

Integer N : 29

Mode : Receive

Dari nilai register tersebut, dan nilai XTAL sebesar 19.68MHz dan XTAL divider (R) ialah dua, maka dapat dicari frekuensi kerja berdasarkan rumus (3.1) dan (3.2), maka:

$$PFD = \frac{XTAL}{R} = \frac{19.68 \times 10^6}{2} = 9.84 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$RFout = PFD \times 0.5 \times \left(Integer_N + \frac{Fractional_N}{2^{15}} \right)$$

$$RFout = (19.68 \times 10^6 \text{ Hz}) \times 0.5 \times \left(29 + \frac{21113}{2^{15}} \right)$$

$$RFout = 145.950043$$

- Register1 (0x21F5021)

Informasi yang didapat ialah

Address bits : 0001

R : 2

Clkout divide : off

XTAL doubler: off

XTAL : ON

XTAL bias : 30 μ A

Icp : 1.5mA

VCO loop : ON

RF/2 : ON

- Register3 (0x2B159963)

Informasi yang didapat ialah:

Address bits : 0011

BBOS CLK divide : 16

DEMOMOD CLK divide : 5

CDR CLK divide : 102

Seq. CLK divide : 197

AGC CLK divide : 10

- Register4 (0x2B159963)

Informasi yang didapat ialah:

Address bits : 0011

Skema demodulasi : 2FSK Correlator Demodulator

Dot product : Dot product

Rx Invert : Normal

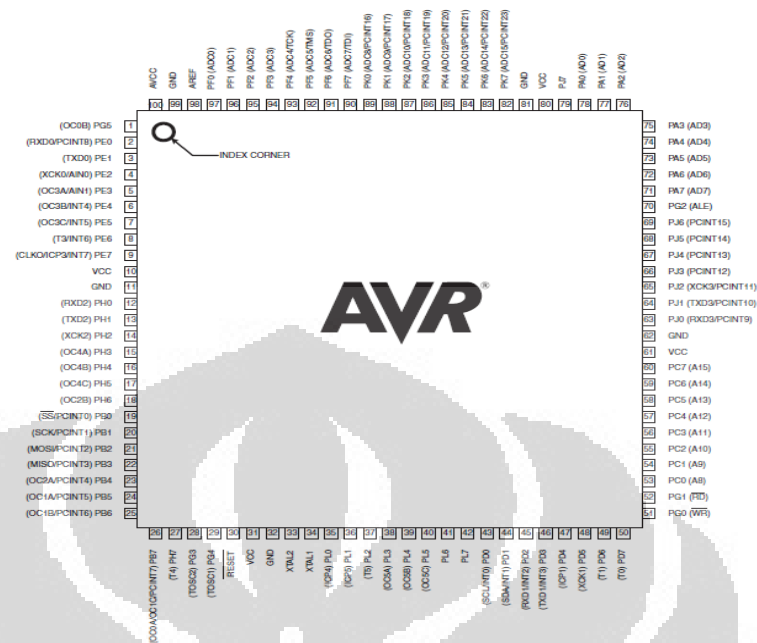
Discriminator BW : 502

Post Demod BW : 2

IF BW : 25kHz

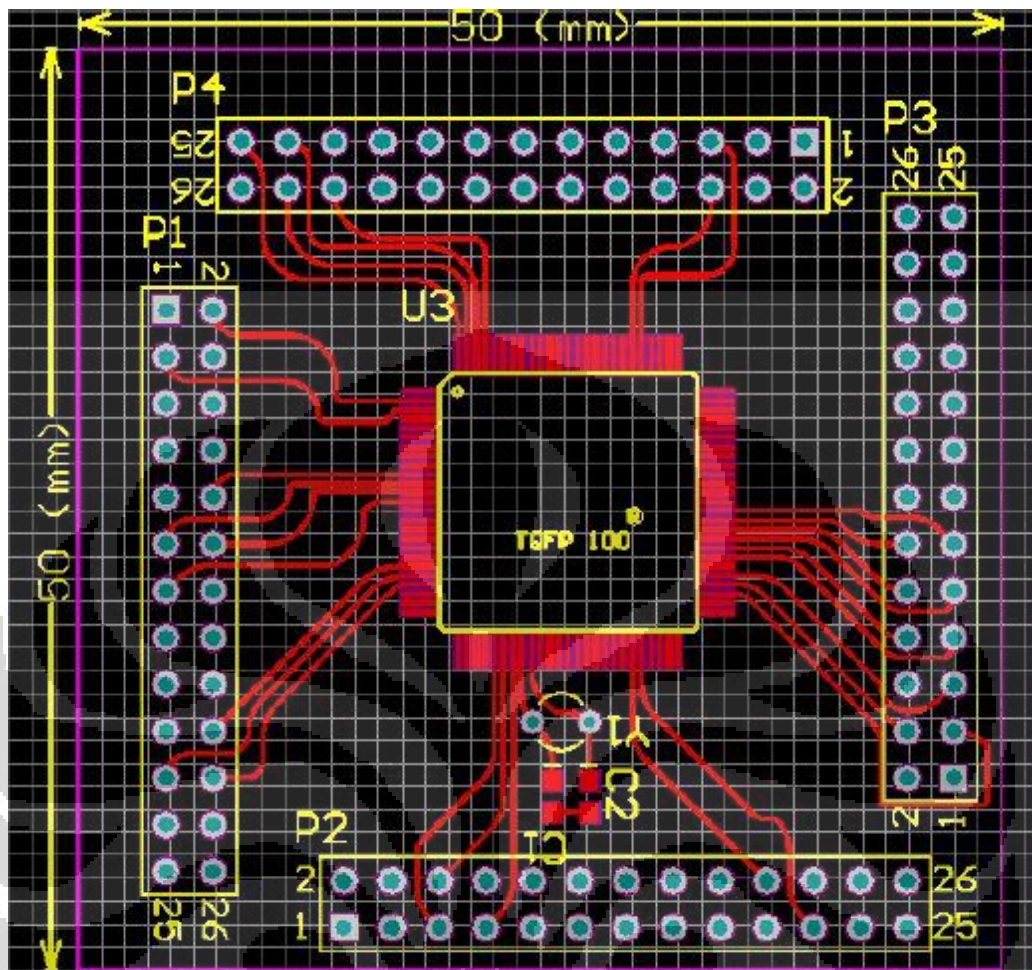
3.7 TNC IiNUSAT

TNC (Terminal Node Controller) IiNUSAT merupakan komputer yang mampu membongkar protokol Fx.25 yang digunakan untuk transmisi data, dan merupakan interface antara transmitter dan receiver dengan subsistem lainnya, yaitu subsistem OBDH. Perangkat prototype yang digunakan untuk TNC ini adalah mikrokontroler ATMEGA1280 CPU module dan DT-COMBO BASEBOARD yang disatukan. Pemilihan ATMEGA1280 sebagai TNC dilakukan karena berbagai alasan, yaitu jumlah UART yang bisa digunakan sebanyak empat buah, dan overhead pengiriman data tidak lebih dari 10%, sehingga dalam transmisi data, penggunaan TNC dengan mikrokontroler ini tidak akan mengalami kendala kelebihan beban data yang dikirim.

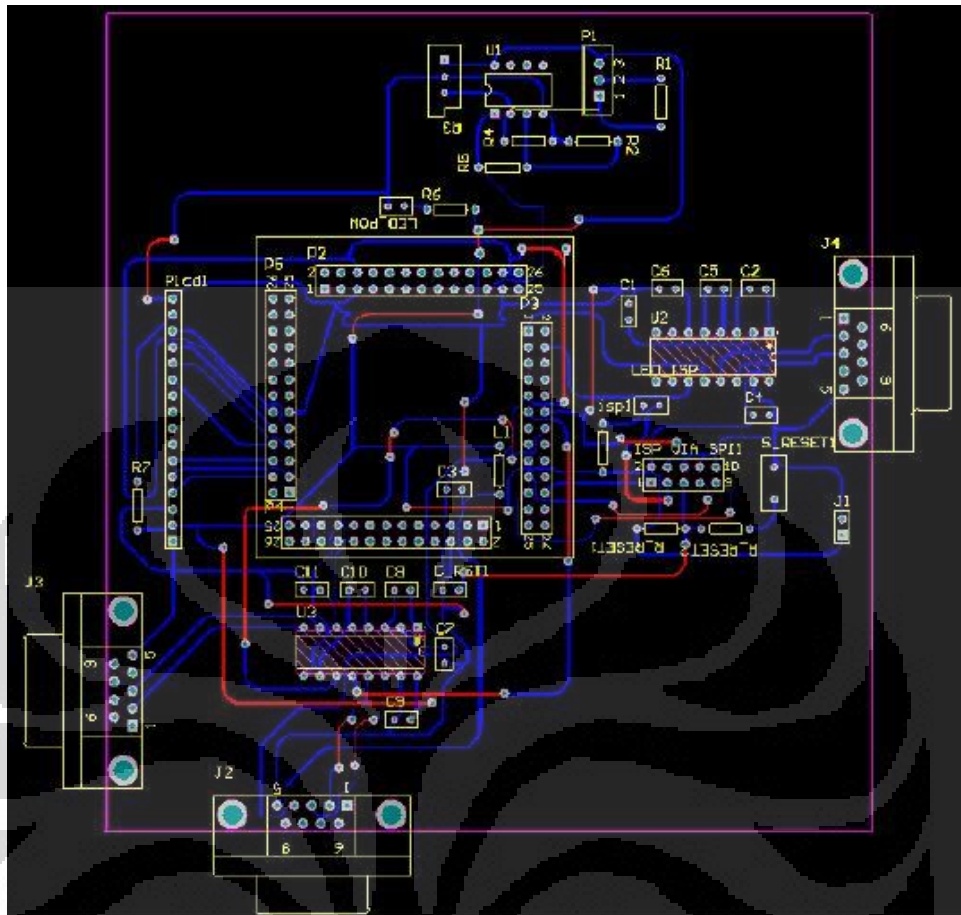


Gambar 3.6 Pin Chip ATMEGA1280

Pendesainan TNC yang digunakan untuk dapat berfungsi dengan baik sesuai kebutuhan penggunaan TNC merupakan ATMEGA 1280 dengan beberapa komponen tambahan. Perancangan board PCB dilakukan dengan menggunakan software ALTIUM, dimana tercipta dua buah desain PCB yang akan digunakan sebagai TNC. Berikut ini adalah hasil pendesainan PCB yang akan digunakan agar mampu bekerja sebagai TNC:



Gambar 3.7 Desain Layout PCB layer atas



Gambar 3.8 Desain Layout PCB Layer Bawah

PCB yang dirancang merupakan dua buah PCB yang saling ditumpangkan. PCB pertama dengan mikrokontroler atmega1280 di dalamnya ditumpangkan di atas PCB kedua yang memiliki fungsi sebagai penghubung dengan perangkat-perangkat tambahan lainnya. Komponen tambahan yang digunakan pada kedua PCB tersebut ialah:

- Tiga buah konektor DB9

Fungsi:

- Satu buah untuk interkoneksi Tx (UART0)
- Satu buah untuk interkoneksi Rx (UART1)
- Satu buah untuk interkoneksi OBDH (port H)

BAB IV

ANALISIS DAN PENGUKURAN KOMUNIKASI PAYLOAD

iINUSAT

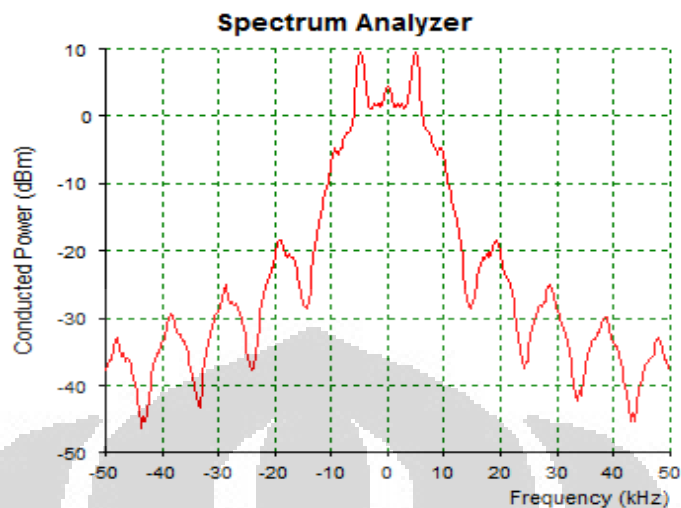
4.1 Analisis Transmitter

Transmitter yang menggunakan IC Transceiver ADF7021 dengan daughterboard ADF7021DBZ3 telah memiliki komponen-komponen built-in didalamnya, sehingga mampu untuk langsung diuji coba dalam pengukuran.

4.1.1 Simulasi Transmitter

Pengerjaan simulasi terhadap transmitter dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ADIsimSRD Design Studio, dengan melakukan pengaturan terhadap beberapa parameter sesuai dengan spesifikasi transmitter yang dibutuhkan. Parameter-parameter yang diatur ialah:

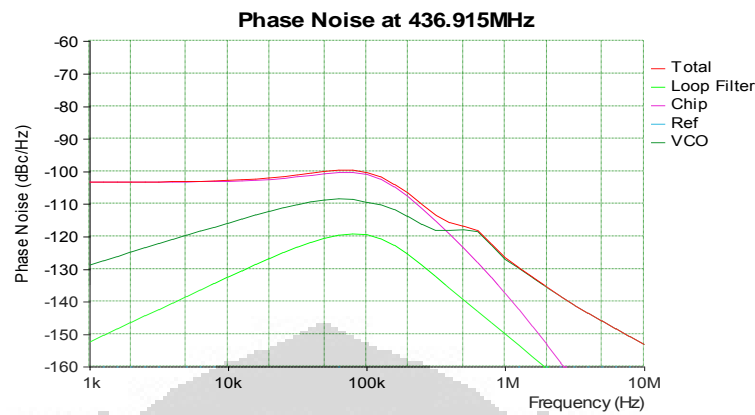
Lower edge of band	: 435.9 MHz
Upper edge of band	: 436.93MHz
Channel width	: 30KHz
Crystal frequency	: 19.68MHz
Chip	: Transceiver ADF7021
Data Rate	: 9.60 kbps
Tipe modulasi	: FSK
PA level	: 10.19dbm



Gambar 4.1 Grafik simulasi spektrum transmitter

Dari gambar tersebut, didapat bentuk spectrum dari transmitter yang bekerja pada frekuensi tengah 435.915MHz, dengan bandwidth 30KHz. Dengan power yang di set sebesar 10.19dbm, hasil simulasi menunjukkan frekuensi optimalnya berada pada 435.91MHz dan 435.92MHz, dengan nilai sebesar 9.43 dbm, sedangkan pada frekuensi tengah, nilai PA yang dihasilkan ialah 4.5762dbm. Selain simulasi terhadap frekuensi kerja, terdapat pula hasil simulasi open loop gain & phase noise pada frekuensi tengah, serta transient daya terhadap waktu.

Phase Noise merupakan fluktuasi acak di frekuensi(atau fasa) darisebuah sinyal oscillator[8]. Pada simulasi phase noise, dengan frekuensi tengah 436.915MHz dan frekuensi offset pada 1kHz, 10kHz, 100kHz, 1MHz, dan 10MHz, didapat hasil yang berbeda, dimana grafik logaritmik tersebut menunjukkan semakin jauh frekuensi offset, maka phase noise akan semakin kecil.



Gambar 4.2 Grafik Simulasi Phase Noise

Pada simulasi transient daya terhadap waktu, dapat disimpulkan bahwa daya yang ada akan bekerja optimal pada frekuensi tengah yang diinginkan (436,915MHz) terjadi setelah alat menyala selama sekitar 18 μ s



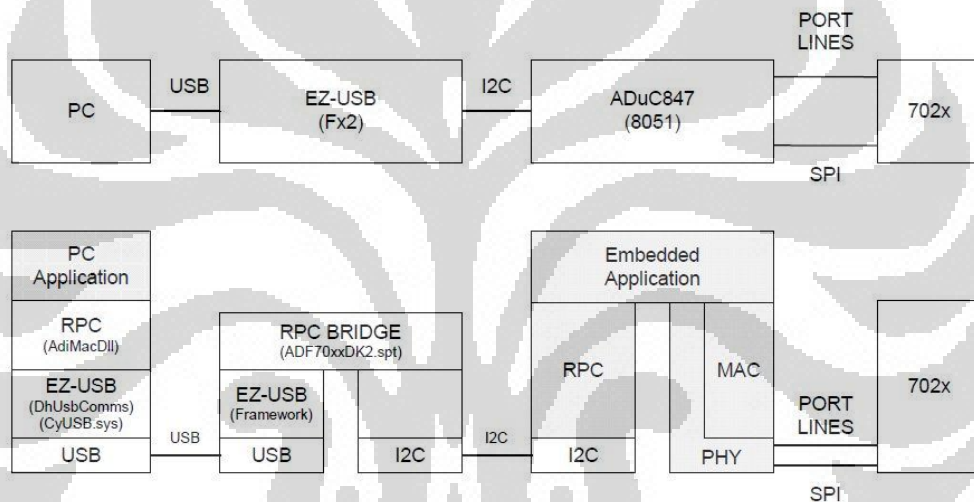
Gambar 4.3 Grafik Simulasi Transient daya

4.1.2 Fabrikasi & Inisialisasi Transmitter

Komponen transmitter yang digunakan pada ADF7021DBZ3 merupakan komponen SMD 0402 yang terdiri, atas crystal oscillator, inductor, kapasitor, dan resistor. Komponen yang ada merupakan built-in dari daughterboard ADF7021DBZ3 yang mampu mencakup frekuensi 431-470MHz.

Pengaturan register terhadap transceiver yang digunakan kemudian dilakukan dengan cara melakukan pendownloadan register yang telah diatur untuk

dimasukkan ke dalam mikrokontroler ADuC847 yang berada pada motherboard. Inisialisasi alamat board dilakukan agar mampu untuk melakukan pengiriman data dari stasiun bumi ke satelit karena adanya beberapa stasiun bumi ke depannya, sehingga perlu adanya inisialisasi alamat terhadap masing-masing perangkat. Untuk perangkat transceiver di satelit, saya melakukan inisialisasi 0x1 sedangkan sebagai perangkat transceiver di ground station ke depannya dimulai dari 0x6 hingga 0x255. Berikut ini adalah arsitektur sistem pemrograman yang dilakukan terhadap transceiver ADF7021 yang digunakan[6].



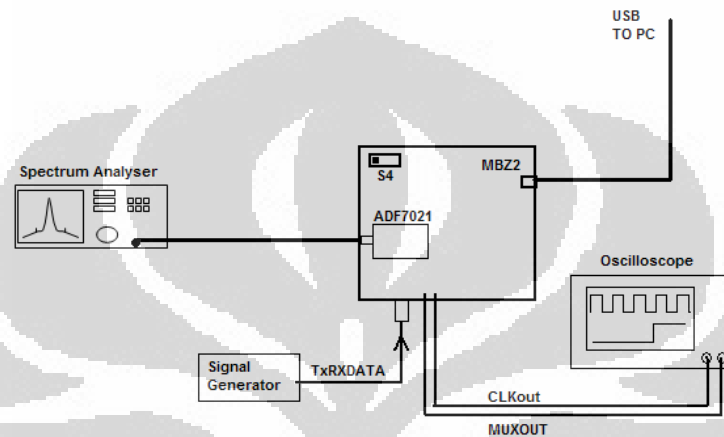
Gambar 4.4 Arsitektur sistem pemrograman transceiver

Pemrograman dilakukan dengan menggunakan dua buah tools yaitu ADF7021 Evaluation Software untuk melakukan pengaturan register dan AdiIsM Link V2Host untuk melakukan pendownloadan register yang telah diatur. Kedua buah tools ini merupakan tools pada PC. Koneksi antara PC dan motherboard ialah USB yang kemudian terhubung ke mikrokontroler ADuC847 pada motherboard menggunakan komunikasi data I2C. Pada mikrokontroler ADuC847 diatur inisialisasi MAC dan PHY untuk kemudian disimpan dan mampu untuk mengendalikan ADF702x transceiver menggunakan komunikasi data SPI, yang dalam hal ini menggunakan chip ADF7021.

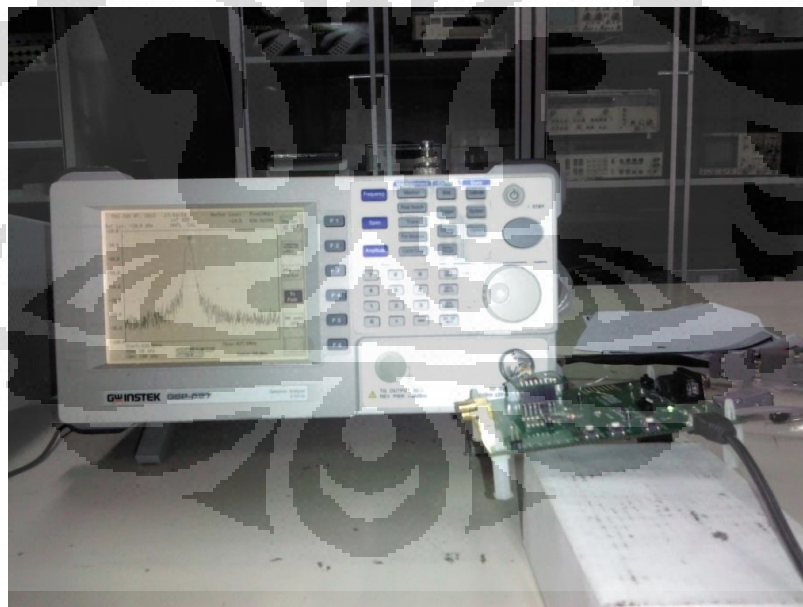
4.1.3 Pengukuran Parameter Transmitter

4.1.3.1 Pengukuran frekuensi kerja

Pengukuran pada transmitter dilakukan dengan susunan alat pengukuran seperti pada gambar 4.5 [6].



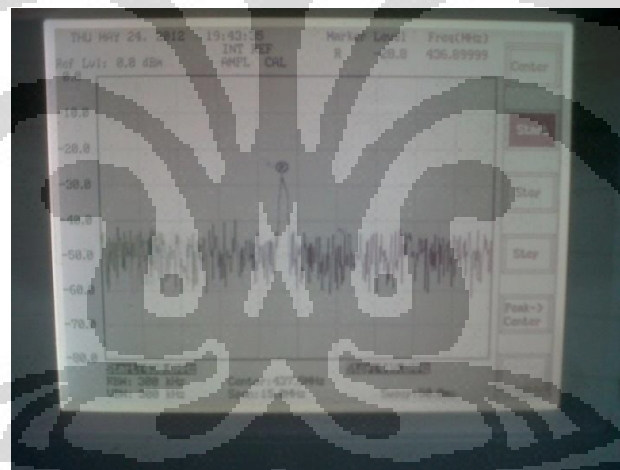
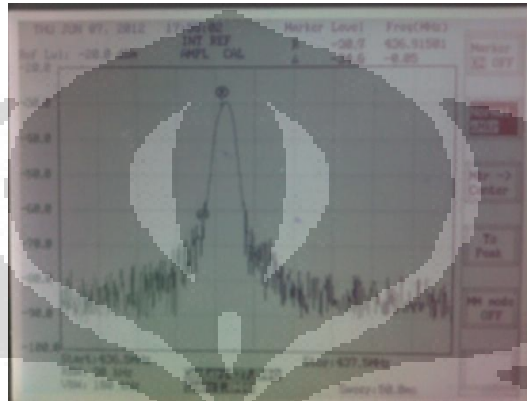
Gambar 4.5 Susunan Alat Untuk Pengukuran Transmitter



Gambar 4.6 Susunan alat untuk pengukuran frekuensi tengah

Pengukuran frekuensi kerja dilakukan dengan menggunakan spectrum analyzer yang dihubungkan dengan transceiver yang dicatu oleh daya dari

computer sebesar 5V yang telah diatur menjadi 3,3V . Spectrum analyzer yang digunakan diatur untuk mampu menangkap sinyal dengan frekuensi tengah 436MHz dan span sebesar 1MHz. Susunan perangkat pengujian untuk pengukuran frekuensi kerja ditunjukkan oleh gambar 4.6, dan hasil pengukuran ditunjukkan oleh gambar 4.7.

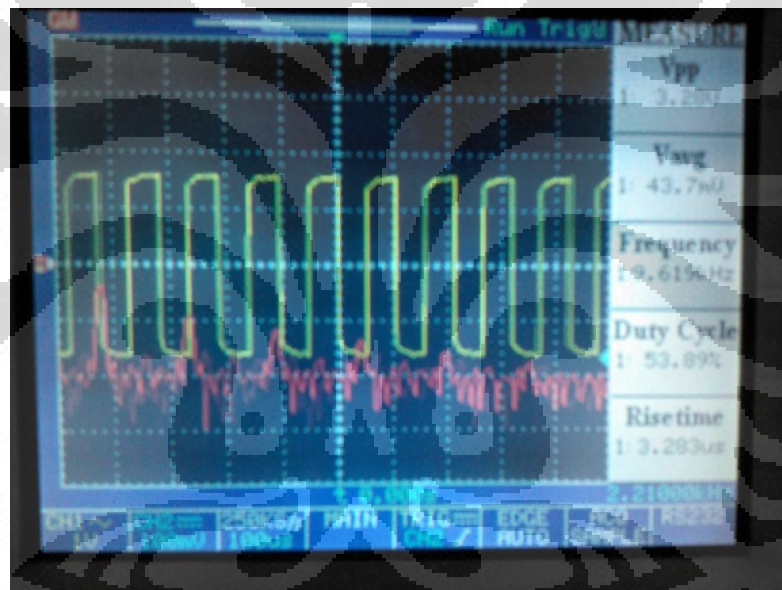


Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Frekuensi Kerja Transmitter

Dari hasil pengukuran pada spectrum analyzer, didapatkan peak pada posisi 436.8999 MHz, dengan level amplitude -28.8 dbm. Dari hasil yang didapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa transmitter telah mampu bekerja pada frekuensi center yang diinginkan, yaitu 436.915MHz, dimana level amplitude pada frekuensi center adalah -29.2dbm

Jika dianalisis mengenai level amplitude yang berada pada nilai sekitar -30dbm, dapat disimpulkan bahwa perlu adanya power amplifier tambahan diluar rangkaian yang ada untuk dapat mendukung pencapaian nilai amplitude yang dibutuhkan pada komunikasi satelit.

Untuk nilai clocking transmitter yang bekerja pada frekuensi 436.915MHz, dengan data rate 9.6kbps didapatkan nilai 9.6094kHz pada hasil pemrograman. Pada hasil pengukuran clocking transmitter dengan menggunakan probe detector, didapatkan nilai clocking sebesar 9.619kHz, dengan begitu dapat dikatakan bahwa hasil clocking pengukuran dengan hasil pada pemrograman, hampir sama.



Gambar 4.8 Frekuensi Clocking Transmitter 9.6kbps

Untuk mendeteksi proses FSK yang terjadi benar, saya menggunakan oscilloscope dan juga HT pada frekuensi yang sesuai, yaitu 436.915 untuk mengetahui keluaran FSK yang terjadi. Pada HT, saya menguji rapat renggangnya bit yang dikirim menggunakan perbedaan bunyi bit antara bit 0 dan bit 1 yang dikirimkan, dimana pengetesan dilakukan dengan menggunakan pengiriman data ASCII yang menghasilkan bit 0xFF... dan 0x00... untuk membedakan bunyi yang terjadi.

4.1.3.2 Struktur Paket Pengiriman Data

Setiap melakukan sekali pengiriman data, dimana data yang dikirimkan adalah ASCII maupun hex, maka terdapat kapsulasi data dengan menggunakan protocol yang digunakan oleh perangkat ADF70xx. Struktur paket pengiriman data yang digunakan susunannya ialah seperti yang tercantum di bawah ini:

010101... preamble	Sync word (24bits)	Header	Variable length payload	16bit CRC
--------------------	--------------------	--------	-------------------------	-----------

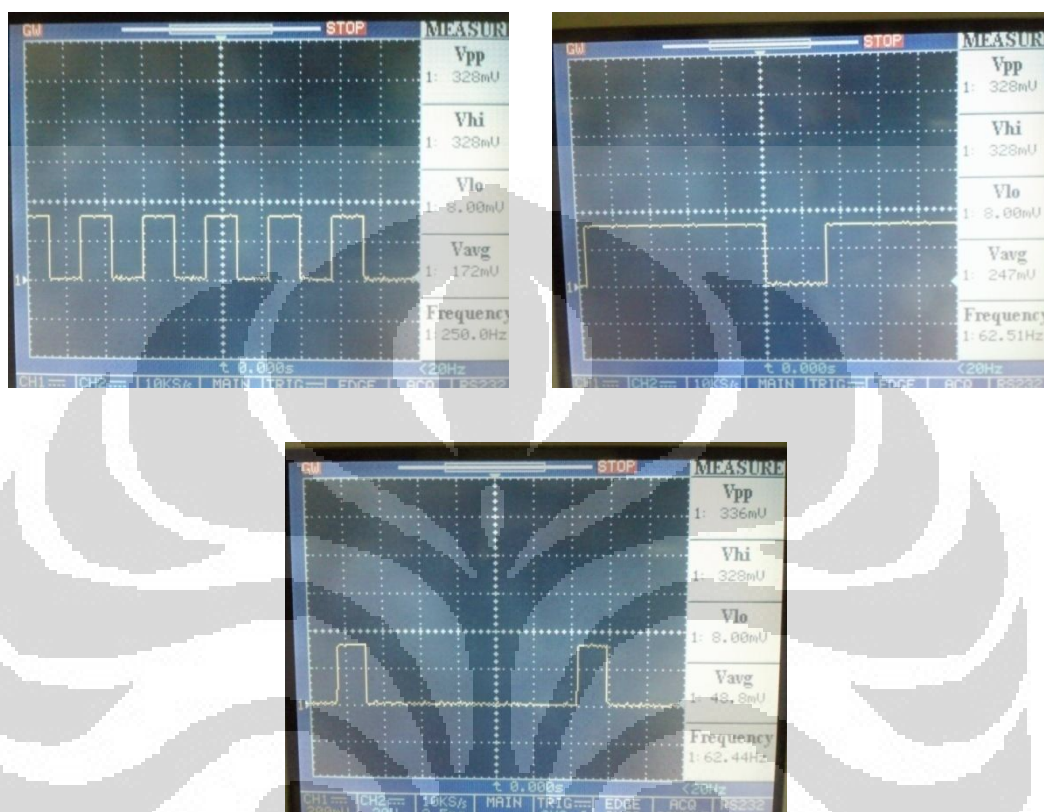
Paket data dimulai dengan sebuah preamble (0101..) yang berguna agar loop AFC dan AGC dari ADF70xx dapat stabil dan demodulator mendapatkan sinkronisasi bit. Selanjutnya ialah sync word, dimana ADF70xx akan dikonfigurasi untuk mengenali urutan sync word di hardware agar dapat menghasilkan sinyal yang menunjukkan urutan byte dan awal dari paket data. Kemudian terdapat header data, yaitu:

Source (short)address	Destination (short)address	Flags	Payload length (0-240)
-----------------------	----------------------------	-------	------------------------

Alamat pengirim maupun penerima ditentukan selama konfigurasi inisialisasi awal, dimana alamat 0 disebutkan sebagai *invalid address* dan alamat 255 sebagai *broadcast address*, dimana *broadcast address* hanya digunakan untuk pengiriman paket beacon pada mode hopping. Setelah itu terdapat flag dan jumlah byte payload. Panjang payload dapat disesuaikan dari 0 hingga 255bytes, meskipun implementasi protocol ini membatasi hanya hingga 240bytes. Dan yang terakhir adalah 16bit CRC yang memungkinkan peluang 1:65536 paket yang error tidak terdeteksi.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua buah contoh data ASCII, yaitu karakter “@” yang bernilai decimal 64 (dalam biner: 01000000), dan karakter “?” yang bernilai decimal 63 (dalam biner: 00111111). Pengujian dilakukan terhadap dua buah karakter tersebut dengan alasan agar dapat mengetahui data keluaran ketika melakukan pengiriman data yang mayoritas

memiliki bit 0 maupun mayoritas memiliki bit 1. Hasil dari pengiriman data tersebut dalam bentuk digital ialah sebagai berikut:



Gambar 4.9 Pengiriman data melalui protocol a) Bit awal pengiriman data b) Sampel bit data karakter “?” c) Sampel bit data karakter “@”

Gambar 4.9 a) menunjukkan bit awal yang merupakan preamble awal dalam pengiriman data, sedangkan gambar b merupakan pengambilan sampel data pada saat dilakukan pengiriman byte ASCII “?” dan gambar 4.9 b) merupakan pengambilan sampel data pada saat pengiriman byte ASCII “@”. Dari sampel data yang dikirimkan tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat banyak bit yang terkirim meskipun hanya satu atau beberapa informasi yang dikirimkan, hal itu karena adanya kapsulasi data sesuai dengan protokol yang digunakan pada perangkat ADF7021.

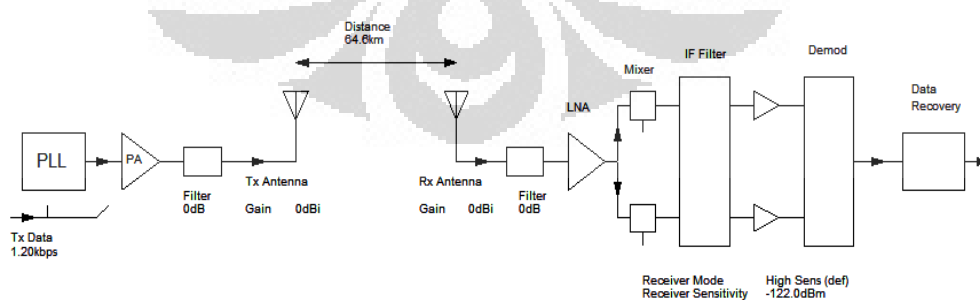
4.2 Analisis Receiver

Receiver menggunakan IC Transceiver ADF7021 dengan daughterboard ADF7021DBZ5. Daughterboard yang digunakan, tidak memiliki semua komponen yang dibutuhkan, perlu adanya tambahan komponen-komponen lain agar dapat bekerja sesuai frekuensi yang diinginkan.

4.2.1 Simulasi Receiver

Pengerjaan simulasi terhadap receiver dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ADIsimSRD Design Studio, dengan melakukan pengaturan terhadap beberapa parameter sesuai dengan spesifikasi transmitter yang dibutuhkan. Parameter-parameter yang diatur ialah:

Lower edge of band	: 145.895 MHz
Upper edge of band	: 145.905 MHz
Channel width	: 10KHz
Crystal frequency	: 19.68MHz
Chip	: Transceiver ADF7021
Data Rate	: 1.20 kbps
Tipe modulasi	: FSK
PA level	: 10.19dbm



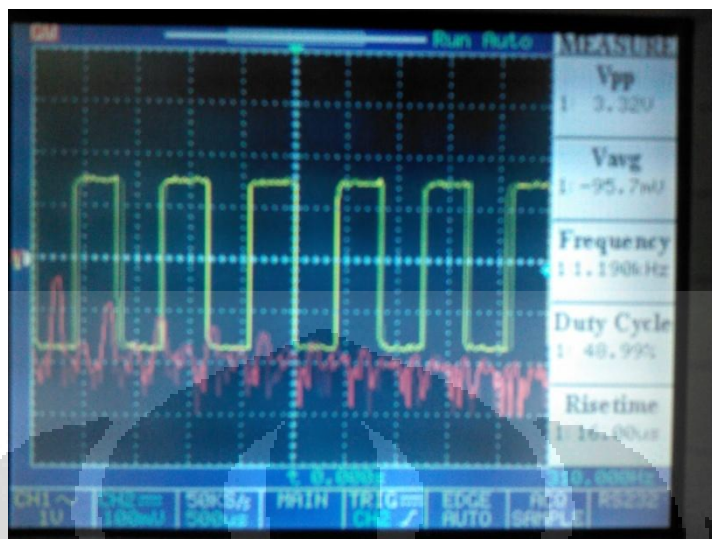
Calculate Range for 0dB Link Margin	
Propagation Model	Free Space
Link Budget	
Average Tx Power	-0.10dBm
Tx Antenna Gain	0dBi
Rx Antenna Gain	0dBi
Rx Sensitivity	-122.0dBm
Fade margin	10.0dB
Allowable Path Loss	-111.9dB

Gambar 4.10 Simulasi Link Budget Berdasar Kemampuan Receiver

Receiver memerlukan tambahan komponen SMD 0402 induktor, kapasitor, dan resistor. Tambahan komponen tersebut merupakan komponen untuk matching, filter harmonic, dan loop filter. Komponen yang digunakan disesuaikan dengan nilai besaran komponen berdasarkan hasil simulasi menggunakan software ADIsimSRD design studio, akan tetapi untuk beberapa komponen dengan besaran yang sulit, memakai komponen dengan besaran yang mendekati nilai besaran pada hasil simulasi.

4.2.2 Pengukuran Parameter Receiver

Dengan menggunakan probe detector, dapat dilihat clocking Rx antara transceiver yang digunakan dengan data rate 1.2kbps yang diinginkan. Dari hasil yang didapat, dapat terlihat bahwa clocking yang diperlihatkan oleh hasil pengukuran ialah 1.190kHz seperti yang terlihat pada gambar, dan hasil ini hampir sesuai dengan hasil pemrograman yaitu sebesar 1.2012kHz. Pengujian untuk receiver dilakukan dengan mengirimkan sinyal dari transmitter dengan frekuensi yang sama sehingga mampu menerima sinyal yang dikirimkan tersebut pada sisi receiver.



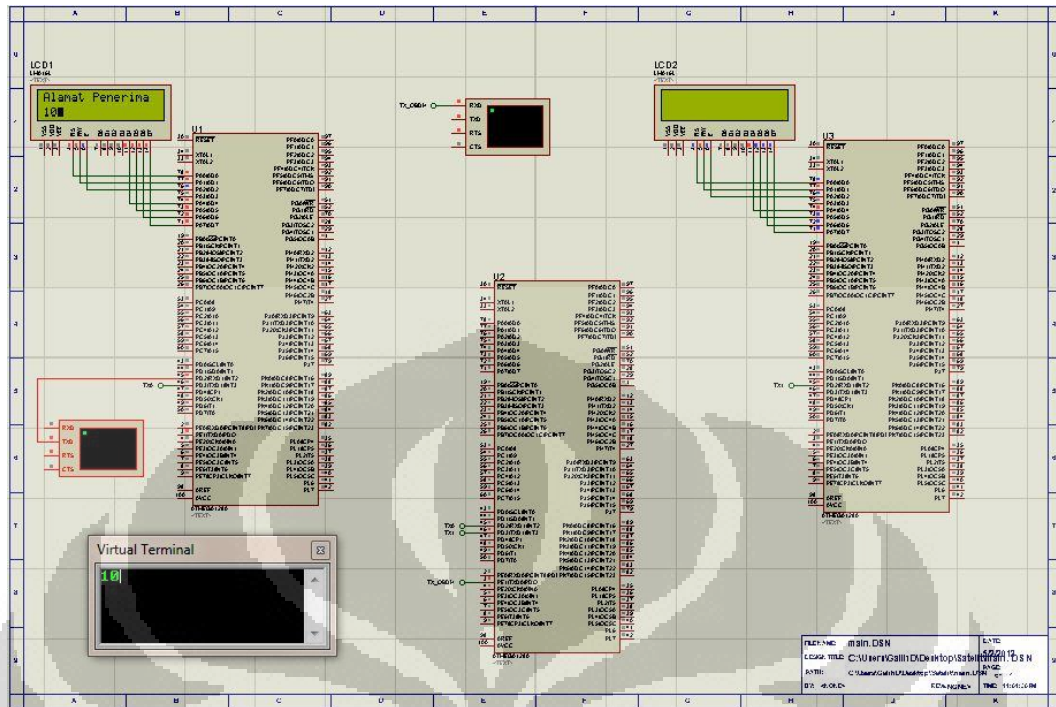
Gambar 4.11 Frekuensi Clocking Receiver 1.2kbps



Gambar 4.12 Sinyal RF pada penerimaan Rx

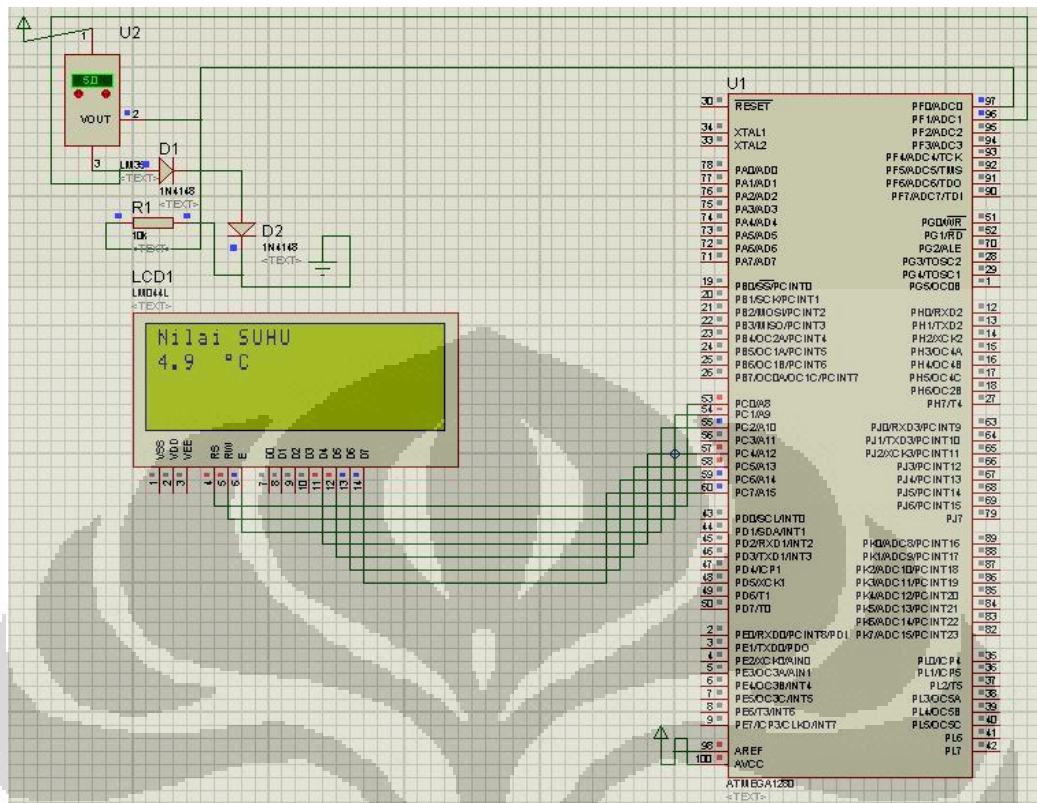
4.3 Analisis TNC

Simulasi TNC dilakukan dengan menggunakan software ISIS Proteus untuk mengetahui pola transaksi data yang dilakukan, mulai dari ground station, space station, hingga kembali ke ground station. Pengiriman data yang dilakukan dari transmitter ialah dengan memasukkan beberapa informasi mengenai alamat penerima, SSID penerima, alamat pengirim, SSID pengirim, alamat repeater, SSID repeater, serta informasi yang akan dikirimkan. Pola transaksi datanya ialah sebagai berikut:



Gambar 4.13 Pola pengiriman data

TNC memerlukan sensor suhu LM35 yang diletakkan pada mikrokontroller, dan dihubungkan dengan pin ADC untuk mengetahui kondisi temperatur mikrokontroller itu sendiri. Pemrograman yang dilakukan menggunakan software code vision AVR dan disimulasikan menggunakan software ISIS proteus seperti pada gambar di bawah ini:

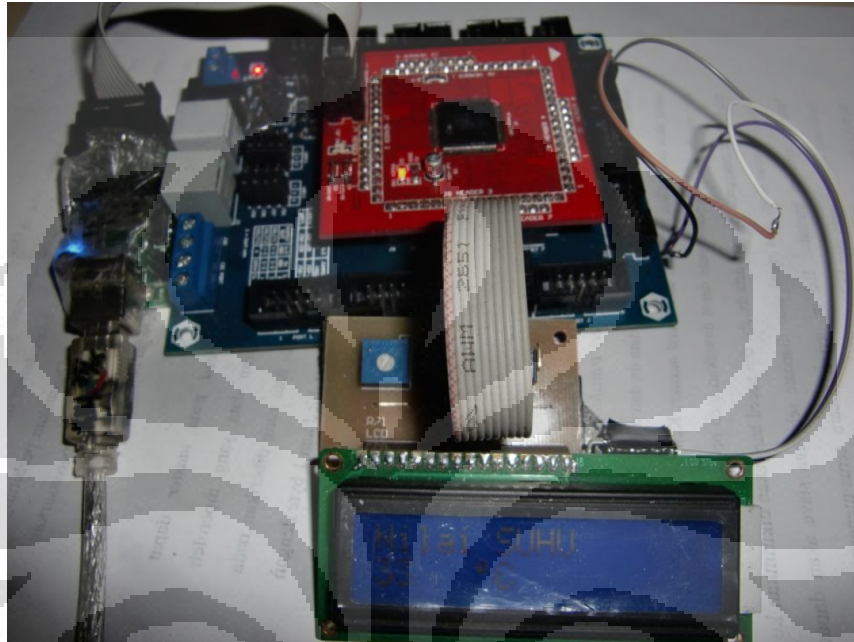


Gambar 4.14 Simulasi sensor suhu LM35

Pada pengujian temperature board TNC, dilakukan peletakan LM35 diatas chip mikrokontroller ATMEGA1280 agar mampu diukur suhu dari chip tersebut. Kaki satu LM35 dihubungkan pada VCC mikrokontroller, kaki dua pada ADC0 yang berada pada pin F0, sedangkan kaki tiga dihubungkan pada GND dari mikrokontroller tersebut. Pada ATMEGA1280, ADC berjumlah 8kanal 10 bit, dimana jangkauan voltase dari 0-Vmax sama dengan nilai 0-1024 (n^{10}). Dengan Vref bernilai 5V dan kenaikan 10mV bernilai 1°C, maka konversi suhu dapat dilakukan dengan perhitungan:

$$\text{Suhu} = \text{nilai ADC} / (10\text{mV} * 1024 / 5\text{V}) \dots \dots \dots (4.1)$$

Tampilan nilai suhu dikeluarkan pada LCD 16*2 yang dihubungkan pada port C. Di bawah ini merupakan contoh hasil yang didapat dari pengukuran suhu yang dilakukan terhadap chip mikrokontroler yang digunakan, dimana nilai suhu board yang terbaca ialah 33°C pada LCD:



Gambar 4.15 Pengujian Suhu

BAB V

KESIMPULAN

Kesimpulan dari pembahasan skripsi ini adalah:

- Payload komunikasi nanosatelit iNUSAT terdiri dari satu kesatuan antara Transmitter, Receiver, dan Terminal Node Controller. Transmitter dan receiver pada nanosatelit dapat menggunakan IC transceiver yang mampu mengatur jenis modulasi, power yang dikirimkan, dan frekuensi tengah dari spesifikasi alat yang dibutuhkan.
- Transmitter mampu menghasilkan sinyal dengan modulasi 2-FSK, data rate 9600bps, gain -29.2dbm pada frekuensi tengah (436.915MHz), clocking yang dihasilkan sesuai, dan pengiriman data menggunakan protokol dengan struktur paket tertentu.
- Receiver dapat digunakan untuk melakukan penerimaan sinyal pada frekuensi 145.95MHz, data rate 1200bps, dengan demodulator 2FSK corellator. Clocking yang dihasilkan sesuai sesuai dengan data rate 1200bps.
- PCB TNC dirancang dengan menggunakan software ALTIUM dengan mikrokontroller ATMEGA1280 agar kemudian dapat diisi oleh fungsi protocol Fx.25, serta monitoring suhu board.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Ippolito Jr, Louis J. *Satellite Communication System Engineering*. USA : John Wiley & Sons Ltd. 1st edition. 2008.
- [2] *Miniaturized Satellite*. http://centaur.sstl.co.uk/SSHP/sshp_classify.html.
- [3] *Preliminary Design Review*. Indonesian Nano Satellite Platform Initiative for Research and Education (Inspire). 2010 : 47-55
- [4] Gunawan, Hendra. *Satellite Ground Segment/ Earth Station Overview*. 2010.
- [5] *ADF7021.pdf*. <http://www.analog.com/en/index.html>. 2007.
- [6] *ADIismLink_V2_AirInterfaceProtocol.pdf*. <http://www.analog.com/en/index.html>. 2007.
- [7] *Satellite Communication System.pdf*. Telkom. 2010.
- [8] Pozar, David M. *Microwave Engineering*. USA : John Wiley & Sons, Inc. 3rd edition. 1998.
- [9] Adi, Rhyando Anggoro (2011). *Rancang Banun Low Noise Amplifier dan Bandpass Filter pada Sistem Receiver Payload Komunikasi IiNUSAT*. Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- [10] <http://www.mikron123.com/index.php/Aplikasi-Pengukuran/Pengukur-Suhu-Berbasis-Mikrokontroler.html>

LAMPIRAN

- Program utama pemrograman suhu

```
while (1)
{
    // Place your code here

    lcd_clear();

    SUHU_1 = read_adc(0);
    SUHU_2 = read_adc(1);
    suhu_celcius = (float) (SUHU_1-SUHU_2)* (4.9/10);

    lcd_gotoxy(0,0);

    lcd_putsf("Nilai SUHU");

    ftoa(suhu_celcius,1,temp);

    lcd_gotoxy(0,1);

    lcd_puts(temp);

    lcd_gotoxy(5,1);

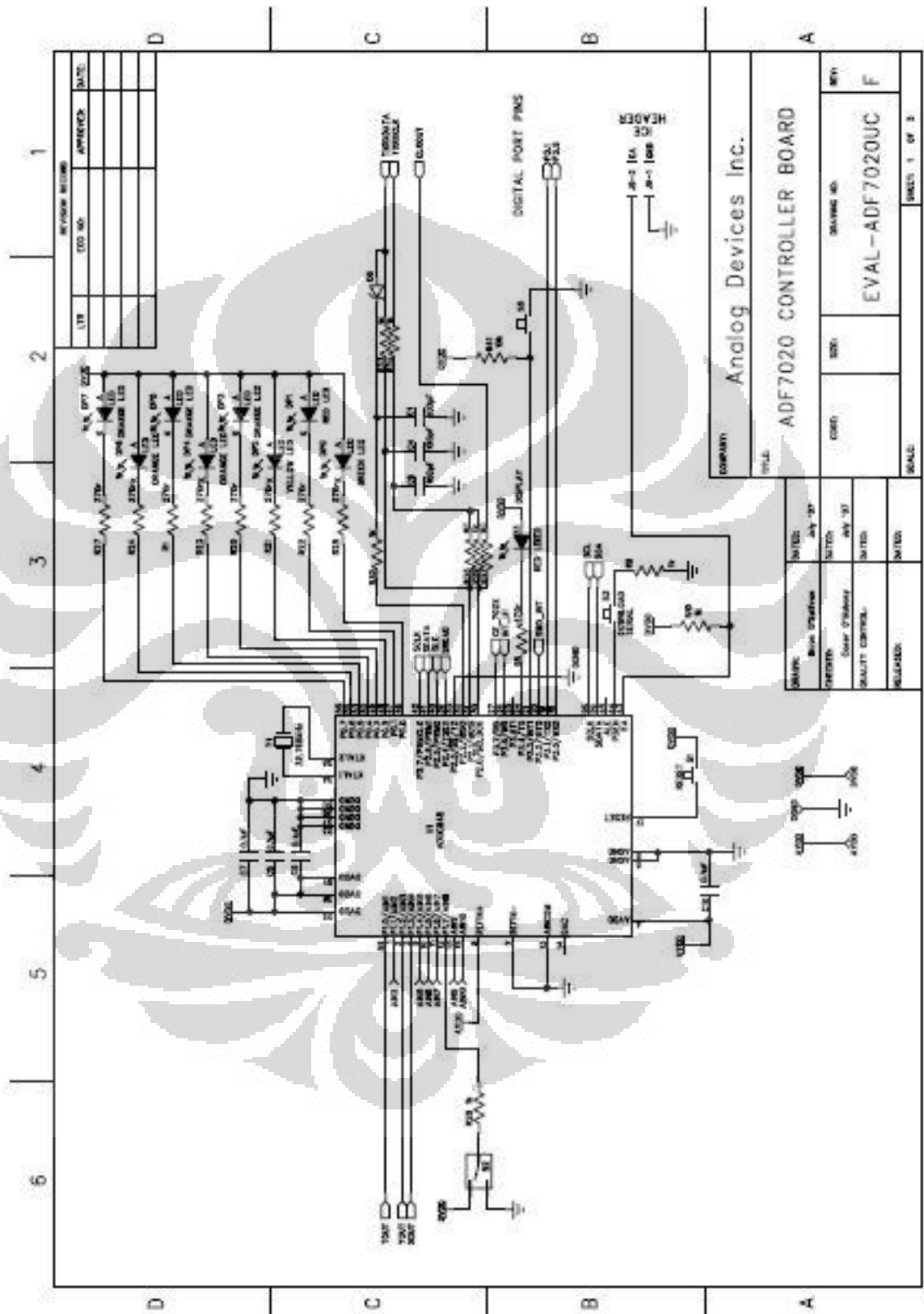
    lcd_putchar(0xdf);

    lcd_putsf("C");

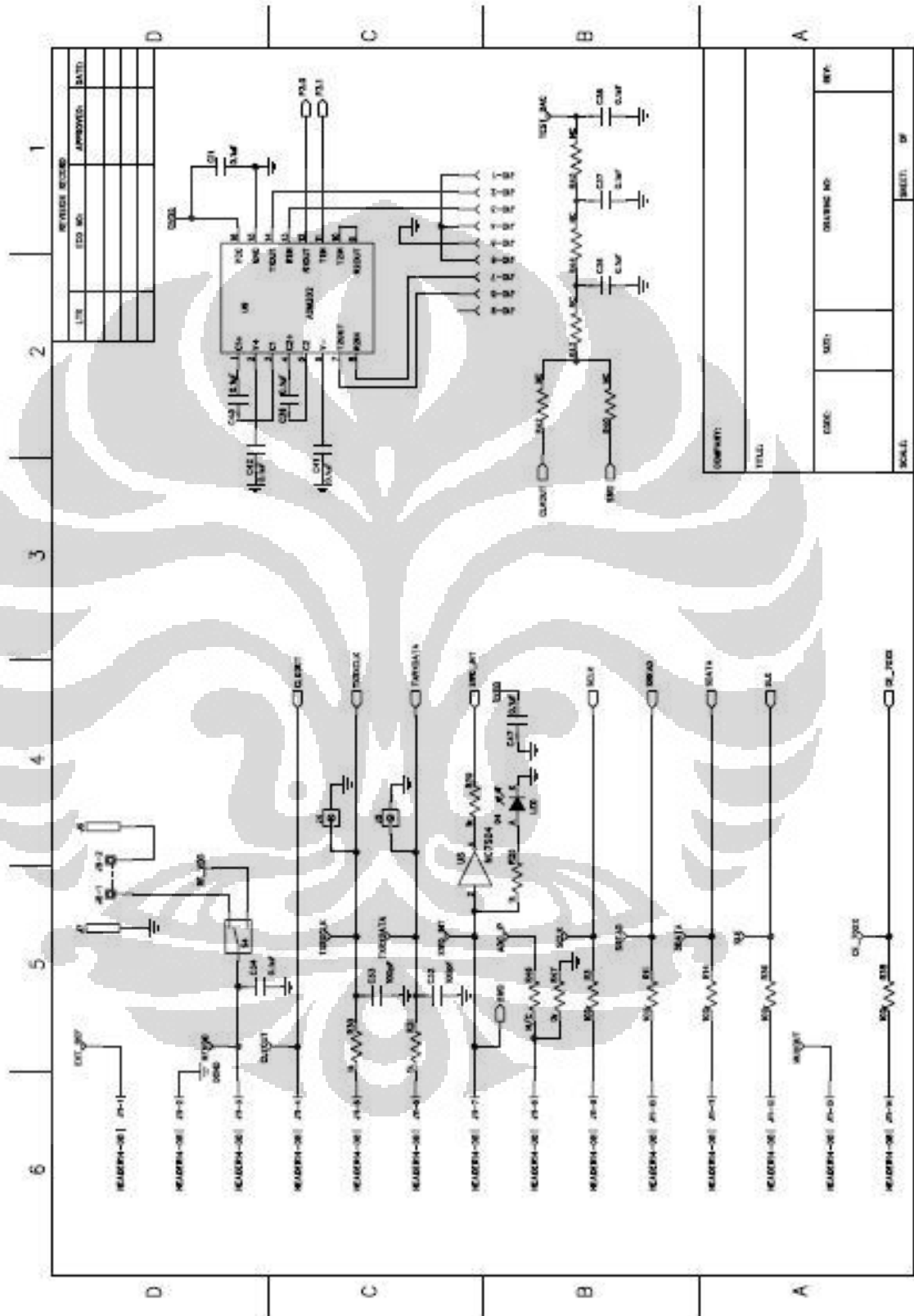
    delay_ms(500);

};
}
```

- Skematik ADF70xxMBZ2 MCU (Analog Devices)



- Skematik ADF70xxMBZ2 MCU ke RF (Analog Devices)



- Skematik ADF7021 DBZX (Analog Devices)

