

# Rancang Bangun Demodulator FSK 1200 baud untuk Perangkat Receiver Payload Satelit IINUSAT-01

Iwan Hendrianto, Gamantyo Hendranto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. AriefRahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: gamantyo@ee.its.ac.id

**Abstrak**—Satelit merupakan suatu *space segment* yang berfungsi sebagai repeater dari *ground segment* (stasiun bumi) dapat menerima dan memancarkan kembali sinyal dari stasiun bumi untuk komunikasi data yang memiliki dimensi terbatas (nanosatelit). Salah satu bagian dari *payload* satelit adalah demodulator yang berfungsi mengembalikan sinyal hasil modulasi ke bentuk semula. Dalam makalah ini membahas perancangan dan pembuatan perangkat demodulator FSK 1200 baud beserta pengujiannya. Demodulator ini dibuat dalam dua rangkaian yaitu demodulator dengan TCM 3105 dan demodulator dengan ADF 7021. Untuk hasil uji demodulator TCM 3105 telah teruji dan bias mendemodulasikan sinyal yang dikirim dengan baik, pengiriman data teks dengan menggunakan media radio juga memperoleh hasil yang baik. Sedangkan pengujian demodulator ADF 7021 juga dapat mendemodulasikan dengan sinyal yang dikirim dengan baik hanya saja umur pakainya tidak terlalu lama. Dari hasil seluruh pengujian maka demodulator dengan TCM 3105 memiliki kinerja yang baik dan bias digunakan komunikasi padasatelit Iinusat-01.

**Kata Kunci**—*Demodulation, Frequency Shift Keying, Iinusat-01, Satellites.*

## I. PENDAHULUAN

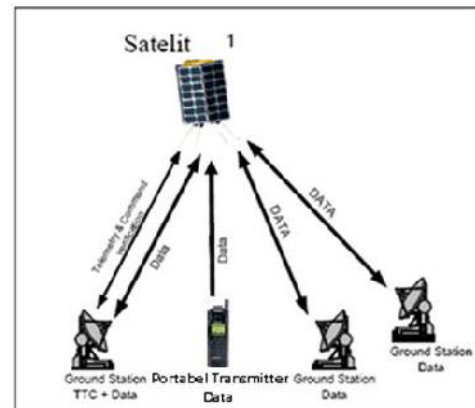
MODEM adalah alat transmisi data digital melalui jalur analog yang berfungsi mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog pada sisi modulator. Pada sisi demodulator mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital kembali sesuai dengan karakteristik media transmisi yang digunakan.

Agar satelit dapat beroperasi dengan baik maka diperlukan sebuah komunikasi antara satelit dengan stasiun bumi. Komunikasi ini adalah hal terpenting dalam sistem satelit karena dapat mengatur arah satelit dan mengirim atau bertukar informasi. Untuk itu dibutuhkan komunikasi data digital antara satelit dengan stasiun bumi yang menggunakan gelombang radio. Salah satu modul yang terdapat pada transceiver payload satelit adalah demodulator FSK.

Ada beberapa metode modulasi yang dapat digunakan, tapi pemilihan lebih mengarah pada *frequency shift keying* (FSK) karena pertimbangan penerimaan yang non-coherent [1]. Modulasi FSK terdiri dari dua kondisi yaitu "1" dan "0", dengan demikian pada sisi demodulator dibutuhkan detektor yang dikalikan dengan *voltage controlled oscillator* (VCO), VCO akan menghasilkan sinyal dengan dua frekuensi yang berbeda berbeda sesuai dengan input yang diterima

sebelumnya. Dengan demikian akan diperoleh kembali sinyal digital sesuai dengan saat pengiriman dari stasiun bumi [2].

## II. SISTEM KOMUNIKASI IINUSAT-01



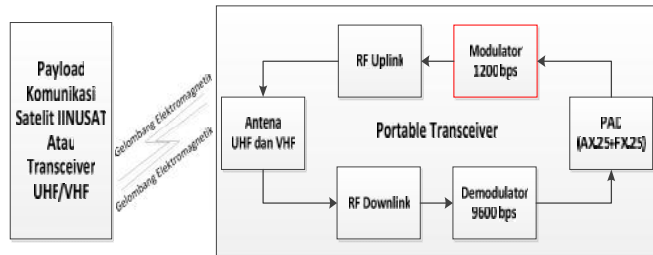
Gambar1. Blok sistem komunikasi satelit

Ada 3 jenis ground segment dalam pengoperasian IINUSAT-1 ini, yaitu: stasiun bumi kontrol (GS-C), stasiun bumi partisipan (GS) dan suatu portable transmitter. GS-C adalah stasiun bumi yang bisa melakukan semua akses kepada satelit yaitu menerima data telemetry, pengiriman command kepada satelit, pengiriman data dan menerima data. GS adalah stasiun bumi yang bisa melakukan akses kepada satelit hanya untuk mengirim data maupun menerima data dari satelit baik secara realtime maupun secara store and forward. Sementara portable transmitter hanya untuk mengirimkan data. Dalam melakukan misinya, IINUSAT melakukan koneksi dengan stasiun bumi/perangkat portable sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1.

*Payload communication* merupakan subsistem dari satelit yang menangani sambungan atau repeater komunikasi antara terminal yang satu ke terminal yang lain di bumi. Terminal tersebut dapat berupa portable equipment, ground station, atau ground station dan TTC&M (*Tracking, telemetry, command dan monitoring*). Satelit Iinusat (*Indonesian interuniversity satellite*) merupakan satelit yang dirancang oleh mahasiswa dari beberapa universitas yang ada di Indonesia yang bertujuan sebagai pembelajaran untuk teknologisatelit. Iinusat mempunyai spesifikasi yang sudah ditentukan dan disepakati dalam rapat tim inti dan anggotanya.

Spesifikasi dari nanosatelit tersebut dibutuhkan dalam merancang *payload* komunikasi linusat sebagai berikut:

- Bitrate yang dipergunakan untuk komunikasinya pada uplink 1200 Bps (FSK) dan downlink 9600 Bps (FSK).
- Modulasi yang dipergunakan untuk komunikasi antara ground station dengan satelit adalah modulasi BFSK non-koheren [3].

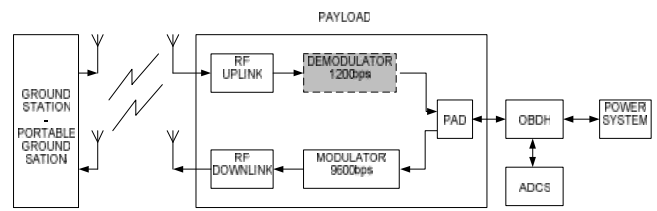


Gambar2. Blok Sistem Keseluruhan Portable Transceiver

*Portable transceiver* seperti pada Gambar 2 terdiri 5 bagianyaitu PAD (*packet assembler dissembler*), Modulator 1200 bps, RF Uplink (Pemancar), Antena UHF serta VHF, dan demodulator 9600 bps. Masing-masing blok memiliki fungsi kerja tersendiri. Pembuatan alat modulator mengacu pada perencanaan spesifikasi yang telah ditetapkan untuk kebutuhan transmisi antara *ground station* dengan satelit linusat-1, yaitu untuk transmisi data pada lintasan *uplink* (145,915 MHz) yang menggunakan *bit rate* sebesar 1200 bps. Untuk metode modulasi digunakan teknik FSK, dimana FSK digunakan untuk mengirimkan informasi diskrit berupa biner (0 dan 1), atau bias juga disebut FSK biner (BFSK). Dalam BFSK dikenal dengan istilah frekuensi *mark* dan *space* dimana frekuensi *mark* adalah frekuensi yang mewakili suatu kondisi bit dimana bit tersebut adalah *logic high*, dan frekuensi *space* adalah frekuensi yang mewakili suatu kondisi bit dimana bit tersebut adalah *logic low*. Hasil dari penelitian stasiun bumi yang telah dikembangkan sebelumnya, salah satunya adalah alat demodulator FSK 1200 non-koheren. Untuk nilai frekuensi *mark* dan frekuensi *space* yang dipergunakan adalah 1200 Hz dan 2200 Hz dengan *bandwidth* 3KHz [4].

### III. PERANCANGAN DEMODULATOR

Perencanaan perangkat ini membutuhkan penelitian, pengujian tingkat kehandalan, pengukuran dan analisa untuk menentukan mode mana yang terbaik. Pengujian juga terkait dengan kehandalan demodulasi dalam transmisi radio dan transmisi data. Semakin baik mode yang digunakan maka semakin baik pula data yang diterima dan sedikit kemungkinan terjadinya kehilangan data dalam transmisinya



Gambar3. Blok sistem komunikasi satelit

- Untuk membuat demodulator diperlukan dua strategi yaitu:
  - Membuat demodulator yang terpisah.
  - Membuat demodulator yang terintegrasi dengan RF.

Pada demodulator kesemuanya harus dibuatkan pasangannya yaitu modulator *transmitter* sehingga menjadi modem.

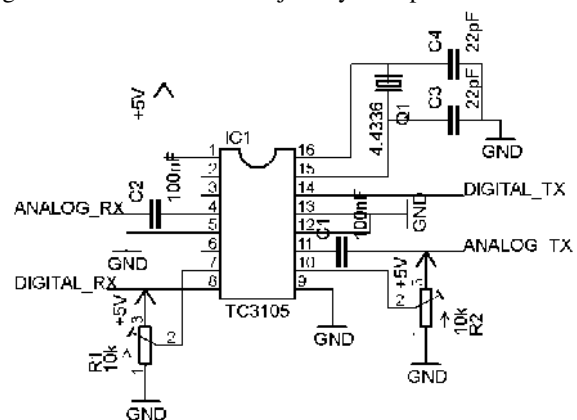
#### A. Demodulator dengan TCM 3105

Dalam *data sheet* juga sudah tercantum rangkaian untuk modem yang memiliki dua mode standart dalam modulasi FSK 1200 yaitu Bell 202 ( $f_{mark} 1200$  Hz dan  $f_{space} 2200$  Hz) dan CCITT V23 ( $f_{mark} 1300$  Hz dan  $f_{space} 2100$  Hz). Untuk perangkat modem maka CCITT V.23 dan Bell 202 akan direlisasikan untuk mengetahui kinerja masing-masing konfigurasi [5]. Untuk mengetahui lebih jelasnya tentang kedua mode ini, maka dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data perbandingan modem CCITT V.23 dan Bell 202

Standart Modem	Regulasi	Frekuensi Mark	Frekuensi Space	Toleransi Frekuensi
CCITT V.23	ITU-T REC V.23	1300 Hz	2100 Hz	rata-rata 10Hz
Bell 202	Bell Technology	1200Hz	2200Hz	1% mark 12Hz space 22Hz

Untuk modem FSK 1200 dengan standart CCITT V.23 tidak perlu membutuhkan *invers clock* karena pada pin TRS hanya dihubungkan ke ground. Untuk lebih jelasnya ada pada gambar 4. Untuk modem FSK 1200 dengan standart Bell 202, modem ini membutuhkan *inverse clock* pada kaki TRSnya sehingga diperlukan rangkaian tambahan *not TTL* dengan IC atau dengan transistor. Untuk lebih jelasnya ada pada Gambar 5.

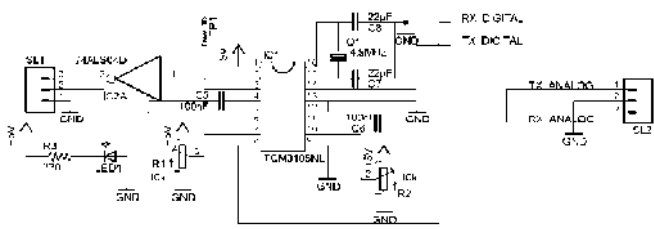


Gambar 4. Rangkaian modem FSK dengan IC TCM 3105 standart CCITT V.23

**B. Demodulator dengan ADF 7021**

Pada data sheet ADF 7021 terdapat rangkaian *daughter board*. Rangkaian ini adalah rangkaian utama dari pemancar atau penerima namun untuk rangkaian RF *output matching*, PLL loop dan osilator masih belum tersedia.

Untuk menentukan rangkaian RF *output matching*, PLL dan osilator beserta perhitungan dapat menggunakan *software ADIsimSRD Design Studio*. Pengaturan frekuensi deviasi dan



Gambar. 5. Rangkaian modem FSK dengan IC TCM 3105 standart Bell 202

jenis modulasi juga dilakukan dalam software ini. Modulasi yang digunakan sesuai dengan *link budget* sateli Inusat-01 yaitu modulasi FSK dan untuk frekuensi diviasi harus dihitung terlebih dahulu. Kemudian akan diperoleh hasil rangkaiannya seperti pada Gambar 6.

$$\Delta f = \frac{|f_m - f_s|}{2} = \frac{|1200 - 2200|}{2} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ Hz}$$

Jadi frekuensi deviasinya adalah 500Hz. Untuk indeks modulasinya

$$MI = \frac{|f_m - f_s|}{fb} = \frac{|2200 - 1200|}{1200} = \frac{|1000|}{1200} = 0.83$$

Untuk *bandwidth*nya,

$$\Delta f = \frac{1}{4tb} \Rightarrow 4tb = \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{500} = 0,002 \Rightarrow tb = \frac{0,002}{4} = 0,5 \text{ ms}$$

$$BW = f_m - f_s + \frac{2}{tb} \tag{4}$$

$$= 1200 - 1200 + \frac{2}{0,5 \cdot 10^{-3}} = -1000 + 4000 = 3000 \text{ Hz}$$

*Bandwidth* efisiensinya :

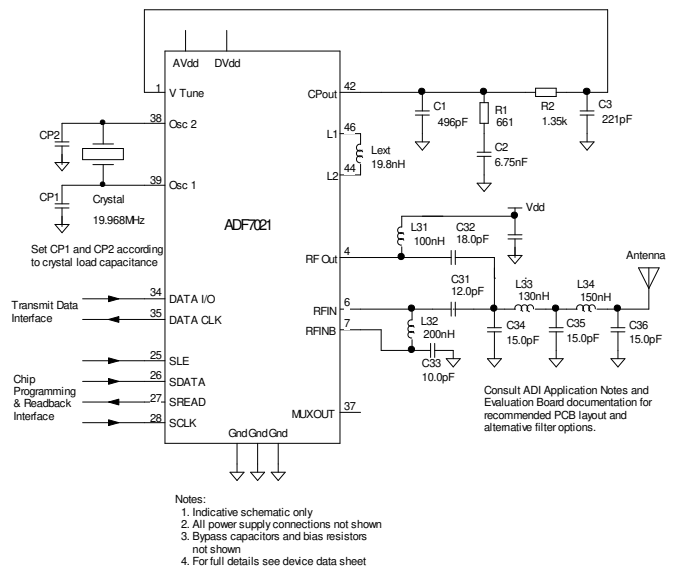
$$\text{Bandwidth Efisiensi} = \frac{\text{Transmission Rate (bps)}}{\text{Bandwidth (Hz)}} \tag{5}$$

$$= \frac{1200}{3000} = 0,4 \text{ bps/Hz}$$

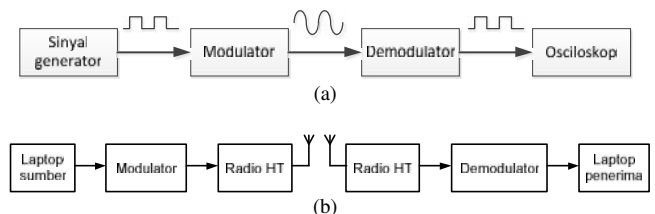
**IV. PENGUJIAN DEMODULATOR**

Pengujian demodulator dilakukan dengan dua media penghubung modulator-demodulator, diantaranya pengujian dengan menggunakan kabel dan pengujian dengan menggunakan radio seperti pada gambar 7.

Pengujian ini terdiri atas 3 bagian yaitu pengujian demodulator TCM 3105 CCITT V.23, demodulator TCM 3105 Bell 202 dan demodulator ADF 7021. Untuk demodulator yang menggunakan ADF 7021 tidak dapat diukur secara terpisah karena dalam ICnya terintegrasi dengan RF, sehingga hanya diketahui daya output pemancar pada modulator dan data yang diterima pada demodulator.



Gambar6. Hasil rangkaian penerima-demodulator ADF 7021 dari hasil perhitungan



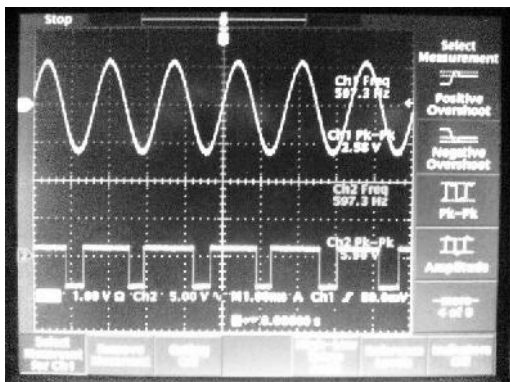
Gambar 7. Proses pengujian modem (a) dengan kabel; (b) dengan radio

**A. Pengujian Demodulator TCM 3105 CCITT V.23**

Pengujian demodulator TCM 3105 CCITT V.23 meliputi

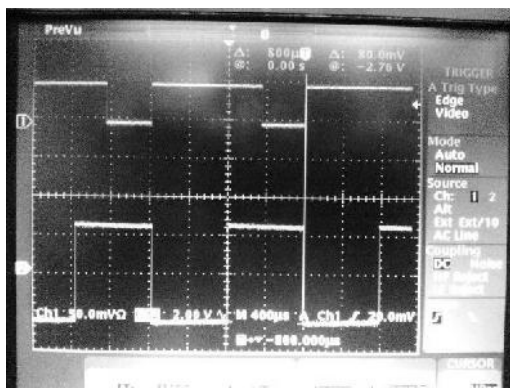
pengujian dengan masukan pulsa kotak, pengiriman data dari modulator ke demodulator melalui kabel dan pengiriman data melalui gelombang radio.

Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa tidak ada perubahan frekuensi sinyal analog yang dimasukkan dengan frekuensi 597.3 Hz dan sinyal digital hasil demodulasi yang memiliki frekuensi serupa 597.3 Hz. Ini menunjukkan bahwa demodulator dapat bekerja dengan baik dan stabil.



Gambar8. Hasil pengujian sinyal analog yang telah didemodulasi (CCITT V.23) (1 : sinyal analog masukan; 2 : sinyal digital hasil demodulasi)

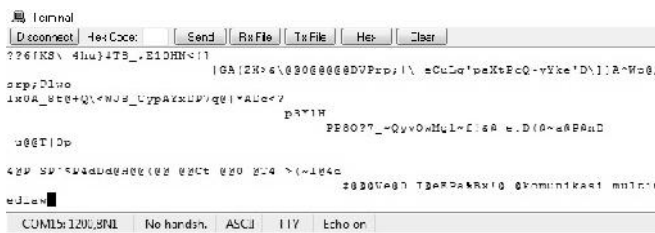
Kemudian pengujian dilanjutkan dengan pengiriman data dari modem ke perangkat demodulator dengan menggunakan kabel.



Gambar9. Hasil pengujian modulator-demodulator (CCITT V.23) (1: sinyal digital yang diterima; 2: sinyal digital yang dikirim)

Hasil pengujian pada Gambar 9 menunjukkan bahwa terjadi delay dalam pendemodulasian kembali ke data digital sebesar 800  $\mu$ s. Untuk pengiriman data teks pendek, delay dengan nilai 800  $\mu$ s ini adalah delay akibat proses pemodulasian dan pendemodulasian sinyal.

Selanjutnya pengujian demodulator dengan pengiriman data melalui gelombang radio. Perangkat radio yang digunakan adalah radio HT.



Gambar 10. Pengiriman data (CCITT V.23)

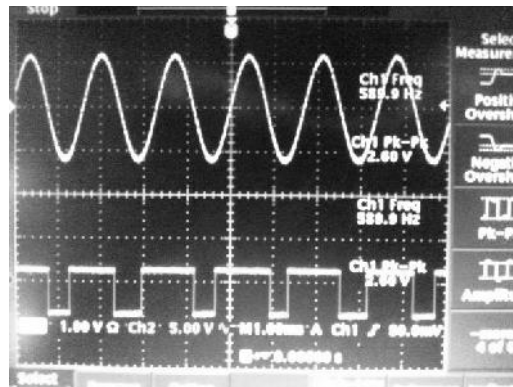
Pada dialog *box* pemancar Gambar 10 untuk pengiriman karakter “telekomunikasi multimedia” ada karakter yang muncul sebelum pengiriman data namun itu tidak berpengaruh pada data pengiriman. Data yang diterima pada demodulator bagus tanpa ada cacat dan ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar11. Data diterima (CCITT V.23)

**B. Pengujian Demodulator TCM 3105 Bell 202**

Pengujian demodulator TCM 3105 Bell 202 sama seperti pengujian demodulator TCM 3105 CCITT V.23. Pengujian dilakukan dengan masukan pulsa kotak, pengiriman data dari modulator ke demodulator melalui kabel dan pengiriman data melalui gelombang radio.

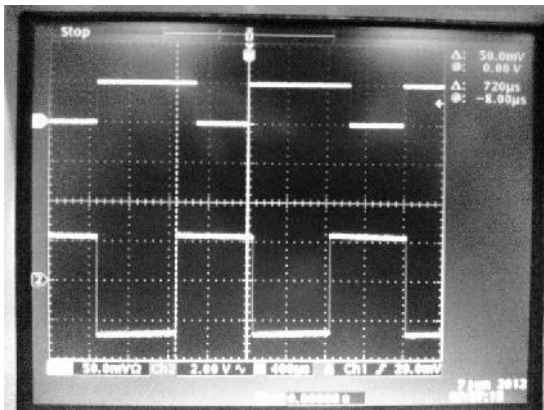


Gambar12. Hasil pengujian sinyal analog yang telah didemodulasi (Bell 202) (1 : sinyal analog masukan; 2 : sinyal digital hasil demodulasi)

Dari Gambar 12 dapat diketahui bahwa tidak ada perubahan frekuensi sinyal analog yang dimasukkan dengan frekuensi 589.9 Hz dan sinyal digital hasil demodulasi yang memiliki frekuensi serupa 589.9 Hz. Ini menunjukkan bahwa demodulator mampu mendemodulasikan sinyal sinusoida dengan baik menjadi sinyal digital lagi.

Kemudian pengujian dilanjutkan dengan pengiriman data dari modem ke perangkat demodulator dengan menggunakan kabel.





Gambar13. Hasil pengujian modulator-demodulator (Bell 202) (1 : sinyal digital yang diterima; 2 : sinyal digital yang dikirim)

Hasil pengujian dari Gambar13 menunjukkan bahwa terjadi delay dalam pendemodulasian kembali ke data digital sebesar 720 µs. Delay ini lebih bagus daripada delay pada pengujian modem TCM 3105 dengan standart CCITT V.23 karena delay yang dihasilkan lebih cepat 80 µs.

Selanjutnya pengujian demodulator dengan pengiriman data melalui gelombang radio. Perangkat radio yang digunakan adalah radio HT sama seperti pada pengujian sebelumnya.



Gambar 14. Pengiriman data (Bell 202)

Pada dialog *boxpemancargambar 14* untuk pengiriman karakter “tes komunikasi satelit” adakarakter yang muncul sebelum pengiriman data. Data yang diterima pada demodulator bagus tanpa ada cacat seperti pada pengiriman data dengan demodulator standart CCITT V.23 dan ditunjukkan pada gambar 15.

### C. Pengujian Demodulator ADF 7021

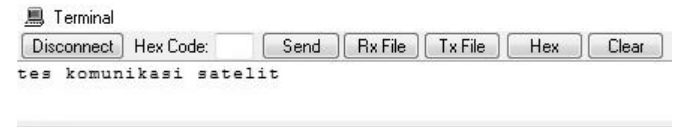
Pengujian demodulator ADF 7021 dilakukan dengan pengiriman data melalui gelombang radio karena keterbatasan sinyal generator FSK di laboratorium. Pengujian dilakukan dengan masukan pulsa kotak ke modulator dan dipancarkan oleh radio HT melalui gelombang radio.

Hasil pengujian pada Gambar 16 menunjukkan sinyal yang diterima masih dalam bentuk sinyal sinusoida karena di dalam demodulator ADF 7021 terdapat filter *raised cosine*. Apabila data yang diterima adalah sinyal 1010 konstan maka yang diperoleh adalah sinyal sinusoida konstan juga.

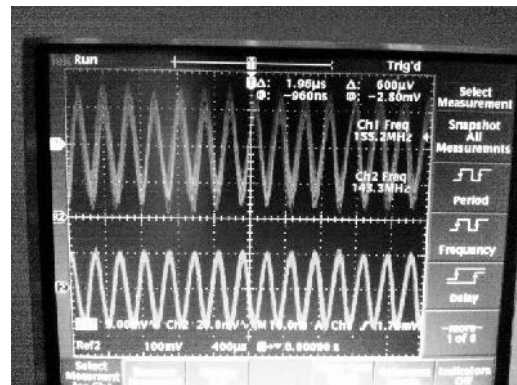
## V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, perangkat demodulator terpisah dengan TCM 3105 dapat melakukan demodulasi sinyal kembali dengan baik melalui transmisi kabel maupun transmisi radio jarak dekat. Pengoperasian modem TCM 3105

dengan standart CCITT V.23 atau Bell 202 dalam pengiriman data hamper tidak ada perbedaan hanya saja untuk standart CCITT V.23 lebih lambat 80 µs daripada Bell 202. Perangkat Demodulator dengan IC ADF 7021-N dapat digunakan sebagai penerima langsung dari RF dan dapat juga dijadikan modulator dan pemancar dengan mengubah pemrogramannya.



Gambar15. Data diterima (Bell 202)



Gambar16. Pengukuran TxRxData vs TxRxClock

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian strategis nasional 2012 Kemdikbud “Pengembangan stasiun bumi untuk komunikasi data, citra dan video dengan satelit LEO VHF/UHF/S-band menuju kemandirian teknologi satelit” yang telah memberikan dukungan finansial.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Birkeland, “Study of a 145 MHz Transceiver”, Norwegian University of Science and Technology Department of Electronics and Telecommunications, Norwegian June 2007
- [2] Exar, “Datasheet XR2211 FSK Demodulator / Tone Decoder”, Exar Communications, June 1997
- [3] Laporan Preliminary Design Review, “Indonesian Nano Satellite Platform Initiative for Research and Education (INSPIRE)”, Indonesian Inter University Satellite-01, 2010.
- [4] S. Arie, “Rancang Bangun Modulator FSK 1200 baud untuk Perangkat Transceiver Portable Satelit IINUSAT-01”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Desember 2011
- [5] Intrument, Texas, “Data sheet TCM 3105 NL FSK Modem”, Texas Instrument Incorporated, December, 1990.