

PENGEMBANGAN HDRM MODEM UNTUK SISTEM PENERIMAAN DAN PEREKAMAN SATELIT AQUA

Nurmajid Setyasaputra^{*)}, Arif Hidayat^{*)}, Panji Rachman Ramadhan^{*)}, Sutan Takdir Ali Munawar^{*)}

^{*)}Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN

e-mail: nurmajid.setyasaputra@gmail.com

Abstrack

High Data Rate Modem (HDRM) RT LOGIC production is the recipient of a multi-mission satellite data speeds. One advantage of this modemis able to demodulate the signal high or low speed. HDRM demodulator can be configured according to the type of modulation, data transfer speed, error control satellite downlink to be recorded. The advantage of this demodulator is to have a modular system which can be adapted to the configuration of the satellite downlink. The advantage of modular systems is another even of damage can easily replace the module without replacing the whole modem. Aqua satellite has almost the same trajectory with NPP Satellite. In some cases both satellite have the same trajectory. The problem occurs when the demodulator is used only one. To maximize the readiness of equipment acquisitions that support recording the results of recording Aqua satellite optimal configuration of equipment that needs to be capable of recording Aqua satellite in addition to the existing equipment at the moment. In this paper conducted a study of communication systems used for Aqua satellite downlink. This study, include working frequency bandwidth satellite, bit rate data, signal modulation, and error control coding. Having obtained the technical parameters and then adjusted to demodulator configuration of HDRM. The final step is testing the system after configuration. The last test result of this system was applied to the MODIS data processing software.

Key Words: *Acquisition, Demodulator, Aqua Satellite*

Abstrak

High Data Rate Modem (HDRM) produksi RT LOGIC merupakan penerima data satelit multi-misi berkecepatan tinggi. Salah satu ke unggulan modem ini adalah dapat melakukan demodulasi sinyal berkecepatan rendah maupun tinggi. Demodulator HDRM dapat dikonfigurasi sesuai dengan jenis modulasi, kecepatan transfer data, *error control downlink* satelit yang akan direkam. Kelebihan demodulator ini adalah memiliki sistem modular yang dapat disesuaikan dengan konfigurasi *downlink* satelit. Kelebihan sistem modular yang lain adalah apabila terjadi kerusakan dapat dengan mudah mengganti modul tersebut tanpa melakukan penggantian modem keseluruhan. Satelit Aqua memiliki lintasan yang hampir bersamaan dengan satelit NPP. Pada beberapa kasus orbit satelit tersebut memiliki lintasan yang sama. Masalah terjadi apabila demodulator yang digunakan hanya satu. Untuk memaksimalkan kesiapan peralatan akuisisi yang mendukung hasil perekaman satelit Aqua yang optimal perlu di konfigurasi peralatan yang mampu merekam satelit Aqua selain peralatan yang ada pada saat ini. Dalam tulisan ini dilakukan kajian tentang system komunikasi yang digunakan untuk downlink satelit Aqua. Kajian ini antara lain bandwidth frekuensi kerja, bit rate, modulasi sinyal, dan *error control coding*. Setelah didapatkan parameter teknis kemudian disesuaikan dengan konfigurasi demodulator HDRM. Langkah terakhir adalah pengujian sistem setelah dilakukan konfigurasi. Hasil pengujian sistem ini diaplikasikan ke dalam *software* pengolahan data MODIS.

Kata Kunci: *Akuisisi, Demodulator, Satelit Aqua*

1. Pendahuluan

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) membangun sistem stasiun buminya di Parepare-Sulawesi Selatan pada tahun 1993 yang sekarang lebih dikenal dengan Balai Penginderaan Jauh Parepare (BPJP). Sejak saat itu sebagai titik tengah wilayah Indonesia, BPJP telah mampu menerima dan mengolah data satelit sumber daya alam, cuaca, dan lingkungan. BPJP memiliki fungsi utama sebagai stasium bumi yang melakukan akuisisi data satelit dengan cakupan data seluruh wilayah Indonesia. Dalam perkembangannya BPJP telah menjadi stasiun bumi satelit utama milik LAPAN. Pada saat ini BPJP melakukan akuisisi data satelit dengan berbagai resolusi yaitu satelit resolusi rendah (Terra, Aqua, dan NPP), resolusi menengah (Landsat-7 dan 8), dan resolusi tinggi (SPOT 5 dan 6).

Akuisisi dan produksi data satelit sumber daya alam, cuaca, dan lingkungan dilakukan setiap hari pada siang hari dan dalam beberapa kebutuhan pada malam hari juga dilakukan. Peralatan yang dimiliki ada yang berbentuk paket berupa sistem akuisisi dan produksi langsung dari pemilik satelit dan ada yang dibeli secara terpisah baik sistem dalam akuisisi dan produksinya, sehingga harus dilakukan integrasi sistem agar semua sistem dapat melakukan akuisisi dan produksi dengan baik. Satelit yang diterima dan direkam adalah milik negara luar yang memiliki karakteristik dan spesifikasi masing-masing. Sehingga tidak menutup kemungkinan jika terjadi waktu penerimaan dan perekaman yang hampir bahkan bersamaan yang biasanya disebut konflik.

Pada kesempatan kali ini akan dibahas tentang konflik antara satelit Aqua dan NPP. Secara periodik rata-rata setiap 8 hari satelit Aqua dan NPP akan terjadi konflik. Sistem Akuisisi (Antena dan Demodulator) satelit Aqua dan NPP ada yang digunakan secara bersama dan ada juga yang terpisah. Tetapi saat sistem terpisah maka tidak ada sistem yang menjadi cadangan untuk penerimaan jika terjadi *fault*. Sehingga dibutuhkan sistem lagi untuk menjadi cadangan untuk penerimaan dalam hal ini adalah modul demodulator yang dapat menerima data satelit tersebut. Oleh karena itu pada HDRM modem yang didalamnya terdapat demodulator, yang sebelumnya hanya digunakan untuk menerima data satelit Landsat saja, dilakukan pengembangan untuk dapat melakukan penerimaan dan perekaman data satelit Aqua.

2. Sistem Penerimaan dan Perekaman

Pada sistem penerimaan dan perekaman data satelit pada umumnya terdiri dari beberapa subsistem yaitu antena X-band, demodulator, dan ingest data. Antena X-band digunakan sebagai antena penerima sinyal dari satelit yang bergerak secara otomatis mengikuti pergerakan antena. Demodulator merupakan alat yang melakukan pemisahan dan pengambilan data informasi dari sinyal pembawa. Sedangkan ingest data adalah sistem perekaman dan penyimpanan data dari hasil penerimaan disimpan secara digital. Tetapi untuk perangkat HDRM telah memiliki modul demodulator untuk melakukan demodulasi dan telah dilengkapi dengan sistem *Single Board Computer* (SBC), sehingga dapat melakukan penyimpanan data yang diterima dari hasil akuisisi satelit dan disimpan pada media penyimpanan *harddisk*.

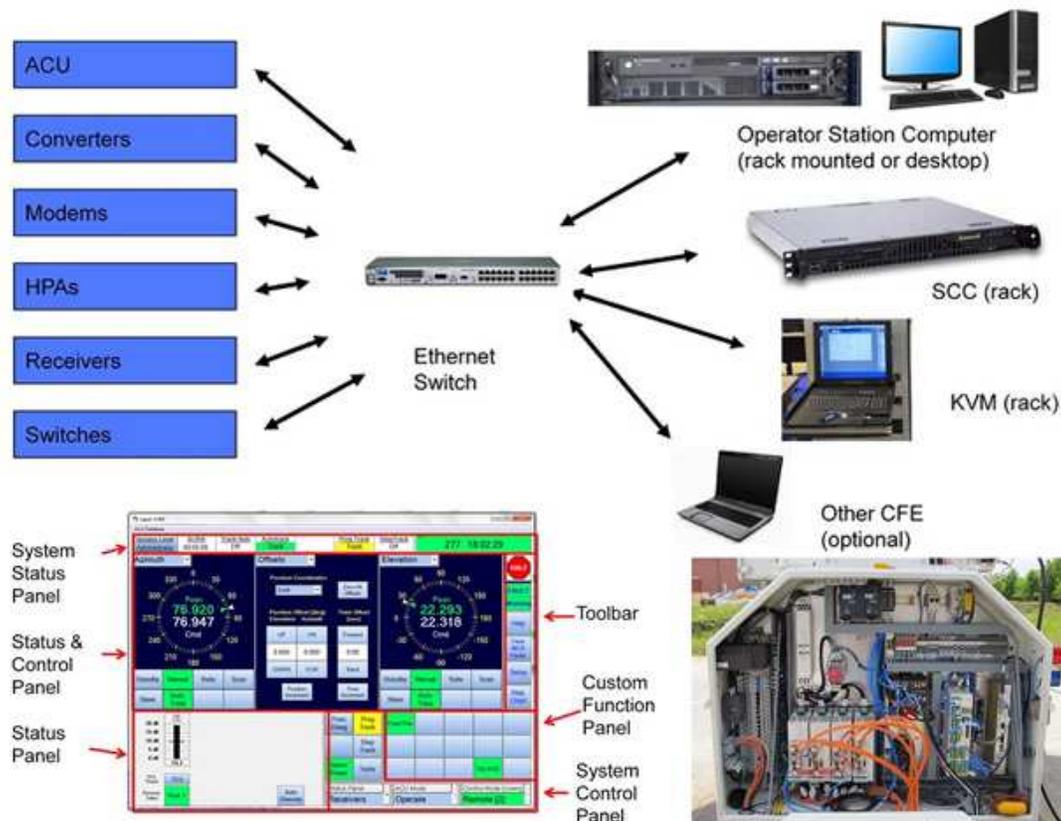
2.1. Antena X-Band

Antena X-Band merupakan suatu sistem yang digunakan untuk menerima sinyal dan data yang dikirim oleh satelit. Dalam hal ini merupakan data satelit penginderaan jauh yang mengirimkan data citra satelit. BPJP memiliki beberapa antena penerima data satelit, tetapi pada pembahasan ini akan dibahas antena Viasat yang menerima data dari satelit Aqua yang menjadi studi kasus pada kesempatan ini. Gambar 2-1 merupakan antena Viasat yang ada di BPJP. Selain digunakan untuk satelit Aqua antena ini juga digunakan untuk menerima data dari satelit lain seperti satelit Terra, Landsat-7, dan Landsat-8.



Gambar 2-1. Antena Viasat BPJP.

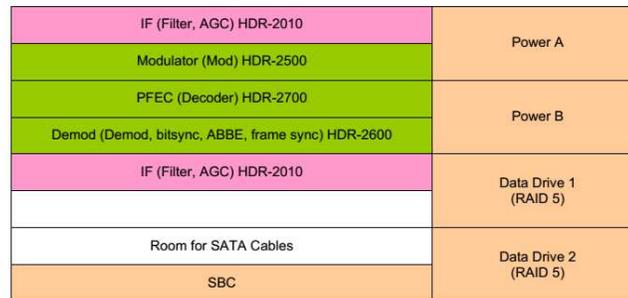
Antena Viasat bekerja pada frekuensi X-Band, tepatnya pada *range* 8,025-8,5 GHz, berdiameter 5,4 m dan memiliki 16 segmen panel aluminium pada *reflektor*-nya. Secara spesifikasi antenna ini memiliki 2 *axis* yaitu X dan Y dengan masing-masing memiliki kecepatan $5^\circ/s$ dan percepatan $5^\circ/s^2$. Ada yang menarik dari antenna ini adalah dapat melakukan perubahan polarisasi secara otomatis untuk polarisasi lingkaran atau *circular polarization* yaitu *Right Hand Circular*(RHC) dan *Left Hand Circular* (LHC). Sehingga dapat digunakan untuk melakukan akuisisi satelit dengan polarisasi lingkaran yang berlainan tanpa harus mengubahnya secara manual. Antena ini cocok untuk kondisi *indoor* dan *outdoor* karena dapat bertahan hingga kecepatan angin 180 km/jam pada kondisi diam dan 72-85 km/jam saat antenna beroperasi.



Gambar 2-2. Sistem Antena Viasat.

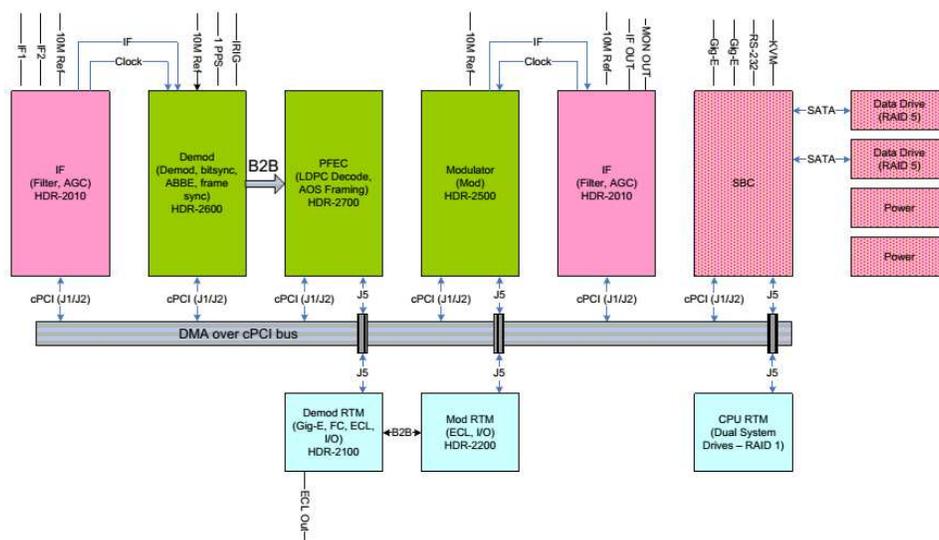
2.2 HDRM (High Data Rate Modem)

HDRM merupakan modem yang berbentuk modular terdiri dari *Single Board Computer (SBC)*, modulator, demodulator, IF *filter*, dan PFEC *decoder*. Modem ini mendukung penerimaan data dengan format *Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS)* dan dapat juga melakukan pemrosesan data menjadi *CCSDS File Delivery Protocol (CFDP)*. HDRM produksi dari RT Logic ini berukuran 4U dengan sistem modular yang bertumpuk. Gambar 2-3 memperlihatkan salah satu tampilan depan modular HDRM standar untuk konfigurasi penerimaan data CCSDS.

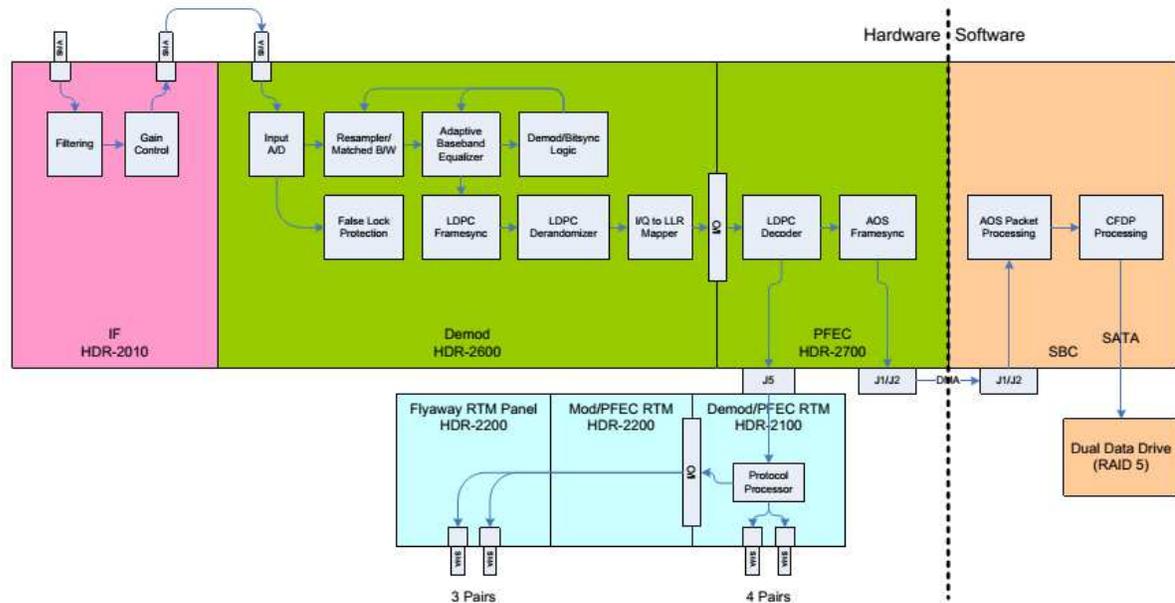


Gambar 2-3. Konfigurasi Modul CCSDS Stasiun Bumi – Tampak Depan.

High Data Rate Modem (HDRM) produksi RT LOGIC merupakan penerima data satelit multi-misi berkecepatan tinggi. Salah satu keunggulan modem ini adalah dapat melakukan demodulasi sinyal berkecepatan rendah maupun tinggi. Demodulator HDRM dapat dikonfigurasi sesuai dengan jenis modulasi, kecepatan transfer data, *error control downlink* satelit yang akan direkam. Kelebihan demodulator ini adalah memiliki sistem modular yang dapat disesuaikan dengan konfigurasi *downlink* satelit. Kelebihan sistem modular yang lain adalah apabila terjadi kerusakan dapat dengan mudah mengganti modul tersebut tanpa melakukan penggantian modem keseluruhan. Pada gambar 2-4 merupakan arsitektur dari skema proses data yang diterima stasiun bumi dalam format CCSDS.



Gambar 2-4. Arsitektur CCSDS Stasiun Bumi.

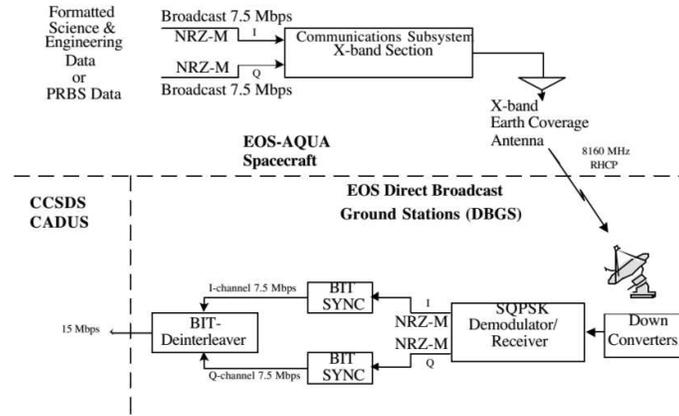


Gambar 2-5. Detail Penerimaan Aliran Sinyal CCSDS Stasiun Bumi.

Pada gambar 2-5 digambarkan aliran sinyal data yang diterima stasiun bumi dalam format CCSDS dari sistem antenna menuju ke media penyimpanan data. Dimulai dengan sinyal dari satelit diterima oleh antenna kemudian dilakukan penurunan frekuensi oleh *downconverter* sehingga frekuensi tengah dari sinyal satelit berubah dari frekuensi X-Band menjadi 720 MHz. Selanjutnya dilakukan pengondisian sinyal dengan melakukan *filtering*, *gain control*, dan *reference clock generation* untuk HDRM. Setelah itu sinyal masuk ke demodulator, sehingga diperoleh informasi atau data yang telah dipisahkan dengan sinyal pembawanya. Pada proses selanjutnya dapat dilakukan *error correction* untuk melakukan pemeriksaan terhadap data yang diperoleh dari hasil demodulasi. Terakhir data akan dimasukkan pada media penyimpanan yaitu *harddisk* dan data dapat diproses ke tahap selanjutnya sehingga muncul informasi berupa citra satelit.

3. Karakteristik Downlink Satelit Aqua

Satelit Aqua (Latin:Air) merupakan satelit penelitian ilmiah NASA yang memiliki misi mengumpulkan data tentang siklus air di bumi, termasuk evaporasi (penguapan air dari lautan dan lainnya), presipitasi (uap air di atmosfer), awan, curah hujan, kelembaban tanah, es laut, daratan es, dan tutupan salju di tanah dan es. Satelit ini juga memiliki beberapa variabel pengukuran tambahan yaitu fluks radiasi energi, aerosol, tutupan vegetasi di darat, fitoplankton, dan bahan organik terlarut di lautan, udara, tanah, dan suhu air. Sebelumnya satelit ini diberi nama EOS PM-1 karena satelit ini mulai melewati khatulistiwa pada sore hari atau waktu PM, sehingga satelit ini diakuisisi di BPJP pada waktu di atas pukul 12:00 siang. Pada gambar 3-1 menggambarkan tentang konfigurasi dan proses data citra dikirimkan melalui sinyal pembawa ke stasiun bumi sehingga diperoleh data yang diterima tersebut sesuai dengan data yang dikirimkan.

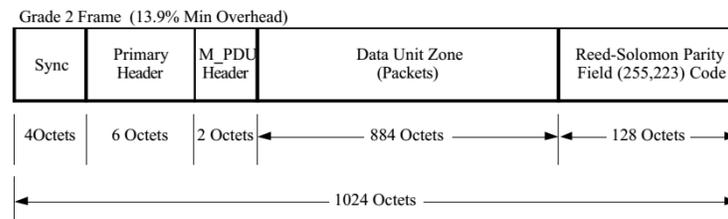


Note:
 The 15 Mbps output from the bit deinterleaver needs to be de-randomized and Reed-solomon decoded

Gambar 3-1. Konfigurasi Downlink Satelit ke Stasiun Bumi.

EOS Direct Broadcast Ground Stations (DBGS) atau dalam hal ini salah satunya adalah stasiun bumi BPJP melakukan penerimaan dan perekaman data yang dikirimkan satelit Aqua pada frekuensi 8160 MHz dengan polarisasi RHC. Sinyal dan data diterima oleh antena X-Band yang kemudian didemodulasikan dengan modulasi *Staggered Quadrature Phase-Shift Keying (SQPSK)* atau biasa juga disebut *Offset Quadrature Phase-Shift Keying (OQPSK)* dengan rate 15 Mbps. Selanjutnya dilakukan decode NRZ-M pada masing-masing *channel I* dan *Q* dengan kecepatan rate 7,5 Mbps. Kemudian dilakukan bit sinkronisasi dan digabungkan kembali *channel I* dan *Q* saat proses *bit-deinterleaver*.

Data kemudian direkam dengan format *CCSDS Channel Access Data Unit (CADU)*. Format data CADU hasil keluaran proses *bit-deinterleaver* dapat dilihat pada gambar 3-2. Data terdiri dari bit *Sync* sebesar 40 Byte (Octet), *Primary Header* sebesar 6 Byte, *M_PDU Header* sebesar 2 Byte, *Packets* sebesar 884 Byte, dan *Reed-Solomon Parity Field (255,223) Code* sebesar 128 Byte, sehingga total data CADU pada *Frame* ini sebesar 1024 Byte.



Gambar 3-2. Channel Access Data Unit (Sync + coded VCDU).

4. Implementasi

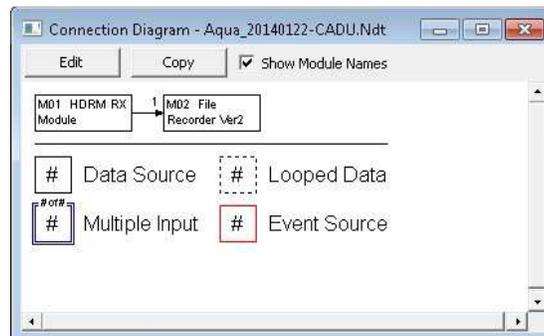
Pada implementasi dari hasil kajian teori karakteristik downlink satelit Aqua diperoleh beberapa parameter yang akan digunakan sebagai masukan konfigurasi pada sistem penerimaan dan perekaman data. Maksud dari implementasi disini adalah melakukan konfigurasi pada sistem penerima dan perekaman data satelit Aqua pada HDRM modem yang digunakan sebagai perangkat yang menerima dan

merekam data. Pada HDRM dilakukan konfigurasi mulai dari proses demodulasi hingga proses penyimpanan data CADU. Gambar 4-1 merupakan gambaran dari perangkat HDRM modem secara fisik.



Gambar 4-1. Channel Access Data Unit (Sync + coded VCDU).

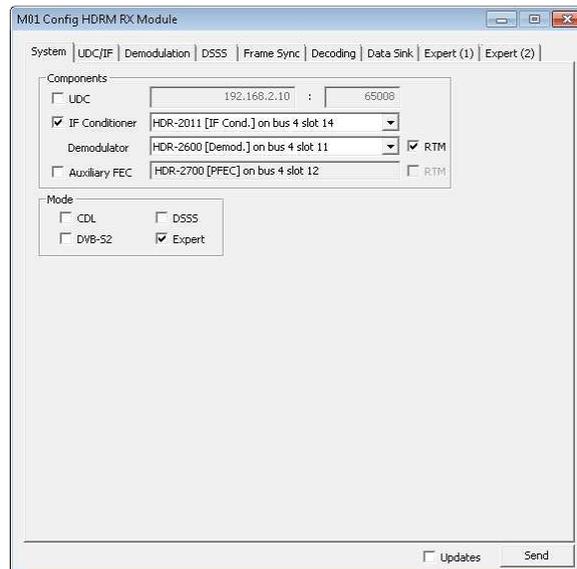
HDRM modem memiliki SBC sehingga didalamnya terdapat *Operating System* (OS) yaitu Windows. Pada OS tersebut terdapat *software* PTP 30000 yang digunakan untuk mengaktifkan dan melakukan konfigurasi modul didalamnya. Sebelum melakukan konfigurasi, maka dilakukan pembuatan *desktop* untuk konfigurasi satelit Aqua yang akan dilakukan akuisisi. Awal konfigurasi dilakukan pemasangan modul yang akan digunakan seperti pada gambar 4-2 yaitu modul **M01 HDRM RX Module** yang digunakan untuk proses demodulasi hingga sebelum data masuk ke media penyimpanan, tetapi sudah siap untuk disimpan dan **M02 File Recorder Ver2** yang digunakan untuk penyiapan media penyimpanan untuk tempat data disimpan.



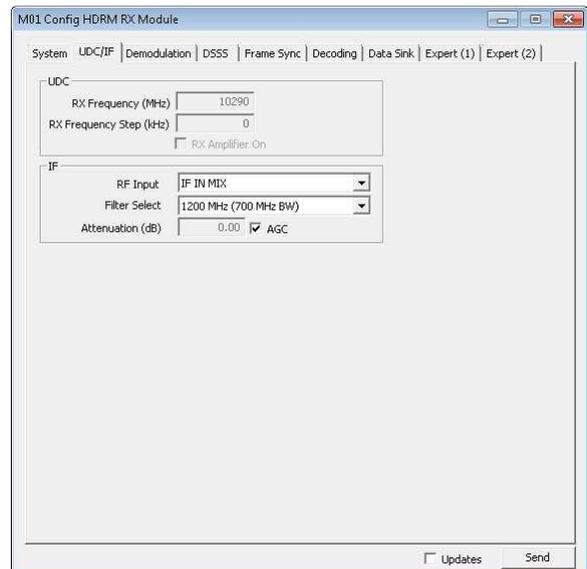
Gambar 4-2. Connection Diagram Konfigurasi Satelit Aqua.

Selanjutnya dilakukan konfigurasi pada masing-masing modul yaitu konfigurasi modul M01 dan M02. Pada konfigurasi modul M01 terdiri dari 9 menu konfigurasi yang berisi parameter-parameter yang akan diisi dengan parameter sesuai dengan teori karakteristik downlink satelit Aqua. Pada gambar 4-3 dilakukan konfigurasi penentuan nomer modul yang digunakan dan pada gambar 4-4 dilakukan konfigurasi modul IF dan *filter* IF yang digunakan pada 1200 MHz. Sedangkan pada gambar 4-5 untuk menu *demodulation* dilakukan konfigurasi tipe modulasi OQPSK dan rate 15 Mbps, serta konfigurasi *Adaptive Baseband Equalizer* yang digunakan untuk *filter baseband* sinyal satelit yang diterima yang

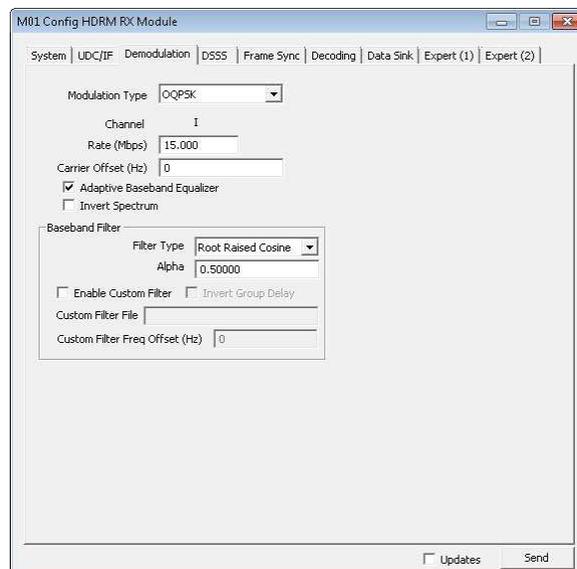
mampu beradaptasi atau berubah tipe filternya sesuai dengan kebutuhan dan otomatis. Sedangkan Pada gambar 4.6 menu DSSS tidak diaktifkan sehingga tidak dilakukan konfigurasi.



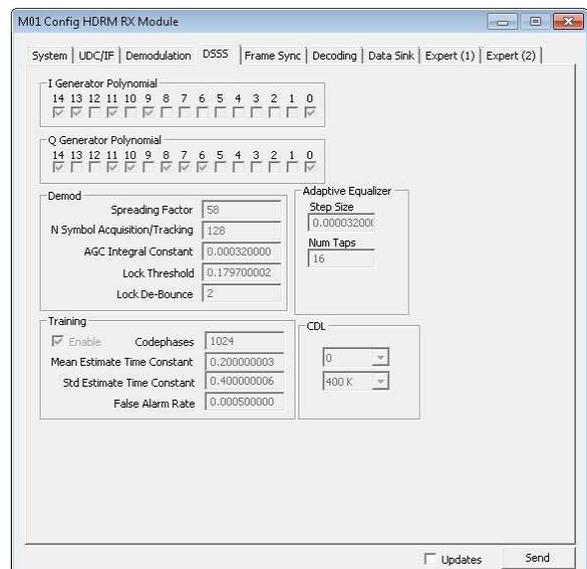
Gambar 4-3. Konfigurasi M01 Menu System.



Gambar 4-4. Konfigurasi M01 Menu UDF/IF.

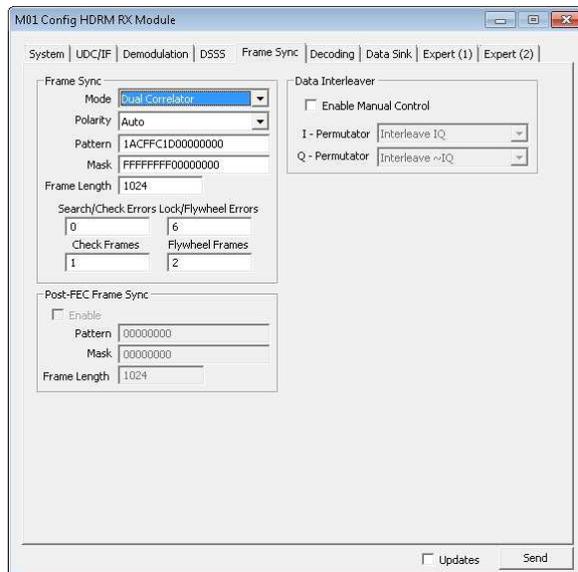


Gambar 4-5. Konfigurasi M01 Menu Demodulation.

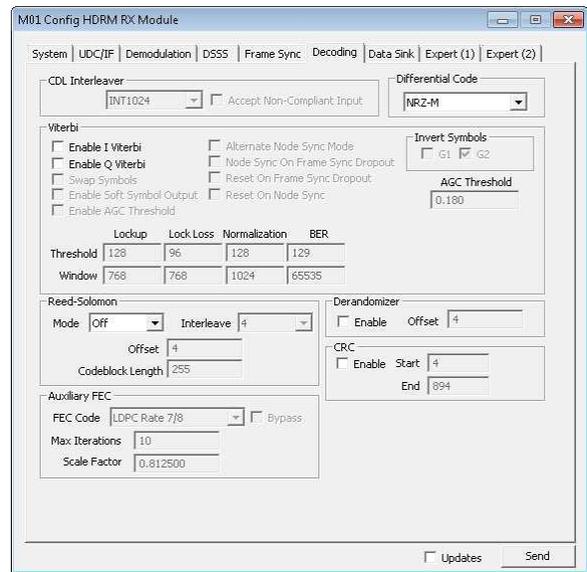


Gambar 4-6. Konfigurasi M01 Menu DSSS.

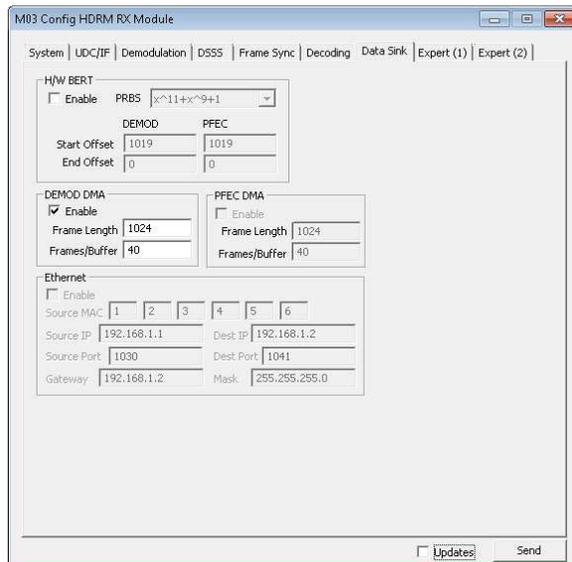
Gambar 4-7 merupakan menu *Frame Sync* dilakukan konfigurasi untuk mode *Frame Sync Dual Correlation* dan *Pattern 1ACFFC1D*. Kemudian pada gambar 4-8 *Differential Code NRZ-M* dikonfigurasi pada menu *Decoding*. Selanjutnya untuk menu *Data Sink* hanya dilakukan *Enable* pada *DEMOM DMA* untuk persiapan data *CADU* yang akan dimasukkan pada media *harddisk* seperti pada gambar 4-9 dari sumber data *DMA Source Frame Sync Output* pada menu *Expert(1)* pada gambar 4-10. Pada konfigurasi M01 tidak dilakukan konfigurasi *BERT PRBS* untuk *Reed-Solomon Coding* untuk *Parity Check* dan *Error Coding* karena pada sistem pemrosesan data *MODIS* konfigurasi ini akan dilakukan didalamnya saat proses data *CADU* hasil akuisisi. Menu *Expert(2)* tidak dilakukan konfigurasi sehingga dibiarkan *default*.



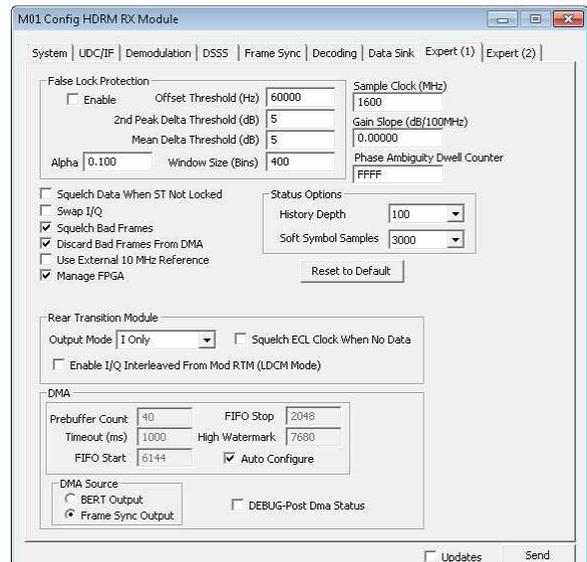
Gambar 4-7. Konfigurasi M01 Menu *Frame Sync*.



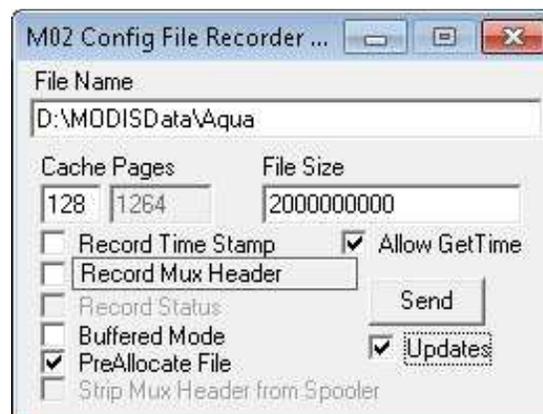
Gambar 4-8. Konfigurasi M01 Menu *Decoding*.



Gambar 4-9. Konfigurasi M01 Menu *Data Sink*

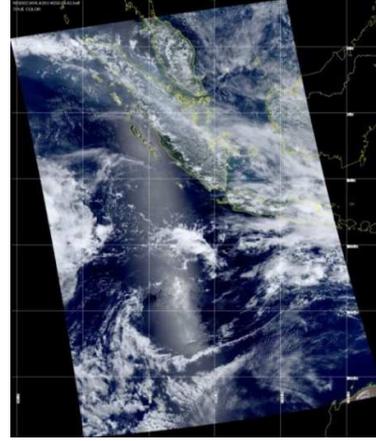
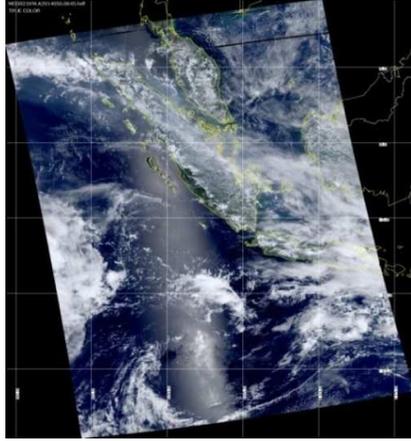


Gambar 4-10. Konfigurasi M01 Menu *Expert(1)*.



Gambar 4-11. Konfigurasi M02 File Recorder.

Pada M02 yang digunakan untuk penentuan lokasi penyimpanan dan besar maksimum dari data CADU yang direkam serta penamaan sesuai dengan waktu awal perekaman *Allow Get Time*. Konfigurasi dilakukan seperti pada gambar 4-11 pada modul M02 *Config File Recorder Ver2*. Selanjutnya konfigurasi disimpan pada file desktop dengan format *.ndt.



Gambar 4-12. Hasil Citra Satelit Aqua dengan HDRM. Gambar 4-13. Hasil Citra Satelit Aqua dengan Demod Lain

Setelah dilakukan akuisisi, selanjutnya data CADU dari HDRM diproses dan diproduksi pada *software* pengolahan data MODIS, sehingga diperoleh data citra level standar dan level lanjutan yang dapat dilihat dan memberikan informasi. Gambar 4-12 merupakan hasil citra satelit Aqua dengan menggunakan HDRM dapat dilihat bahwa data citra *truecolor* yang dihasilkan kualitasnya tidak kalah dengan citra hasil penerimaan dan perekaman dengan menggunakan demodulator lainnya pada hari dan waktu yang sama seperti pada gambar 4-13.

5. Kesimpulan

HDRM merupakan modem yang dapat digunakan sebagai penerima data satelit multi-misi berkecepatan tinggi. Sistem yang memiliki OS dan *software* yang dapat dilihat secara visual atau *Graphical User Interface* (GUI), sehingga sangat membantu untuk dilakukan pengembangan untuk satelit-satelit lainnya. HDRM memiliki fitur yang lengkap dan sangat mungkin untuk dilakukan pengembangan secara terus menerus. Dalam pemaparan di atas telah dibuktikan kualitas penggunaan HDRM tidak kalah dengan data citra hasil penerimaan dan perekaman dari perangkat lainnya

6. Daftar Rujukan

- AVTEC System. 2010. *High Data Rate Modem (HDRM) Operations and Maintenance (O&M) Manual*. Chantilly: RT Logic.
- NASA. 2002. *Interface Description Document for EOS Aqua X-Band Direct Broadcast*. GSFC 422-11-19-11. Maryland: Goddard Space Flight Center.
- NASA. 2002. *EOS PM-1 Spacecraft to EOS Ground System Interface Control Document*. GSFC 422-11-19-03. Maryland: Goddard Space Flight Center.

NASA. 2014. *Aqua Project Science*. <http://aqua.nasa.gov/> [Februari 2014].

ViaSat. 2014. *Training Module 5.4 Meter Fixed X-Band Tracking System*. California: ViaSat.