

PERANCANGAN SISTEM PENERIMA GELOMBANG RADIO SATELIT BEACON BERBASIS GNU RADIO COMPANION

(ON THE DESIGN OF SATELLITE RADIO BEACON RECEIVER SYSTEM BASED ON GNU RADIO COMPANION)

Yuli Apriyanti¹, Nanang Ismail¹, Musthofa Lathif², Mario Batubara², Rizal Suryana²,
Yana Robiana², Timbul Manik²

¹Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

²Pusat Sains Antariksa, LAPAN Bandung

e-mail: yuliapriyanti27@gmail.com

ABSTRAK

Riwayat Artikel:

Diterima:

16 November 2017

Direvisi:

23 Maret 2018

Disetujui:

28 September 2018

Diterbitkan:

19 Nopember 2018

Kata kunci:

Software Defined
Radio, GNU Radio
Beacon Receiver,
USRP1, GNU Radio
Companion

Pengembangan instrumentasi pengamatan antariksa terus dilakukan oleh Pusat Sains Antariksa LAPAN. Salah satu yang terus dikembangkan adalah perangkat dengan sistem berbasis *Software Defined Radio*. Dengan menggunakan *Software Defined Radio*, alat untuk pemantauan antariksa seperti kondisi ionosfer dapat diaplikasikan dengan perangkat yang relatif murah. Salah satu alat pemantau ionosfer berbasis *Software Defined Radio* adalah GNU Radio Beacon Receiver (GRBR) yang menggunakan GNU Radio dan USRP1. Sistem penerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz pada GRBR dengan menggunakan *Python Script* dapat dikembangkan dengan menggunakan GNU Radio Companion yang menawarkan perancangan dengan menampilkan *Graphical User Interface* (GUI) pada media perancangannya. Makalah ini memaparkan penelitian yang dilakukan, yaitu perancangan sistem penerima gelombang 150 MHz dan 400 MHz dengan menggunakan GNU Radio Companion dan USRP1. Sistem dapat menerima sinyal *beacon* yang dipancarkan oleh *Low Earth Orbit Satellite* (LEOS) dan datanya dapat digunakan untuk pengamatan kondisi ionosfer. Hasil sementara dari sistem penerima sinyal gelombang radio 150 MHz dan 400 MHz adalah sinyal yang diterima dan ditampilkan secara grafis dan data sinyal yang diterima otomatis tersimpan sesuai dengan tanggal pengamatan.

ABSTRACT

Keywords:

Software Defined
Radio, GNU Radio
Beacon Receiver,
USRP1, GNU Radio
Companion.

The development of space observation instrumentation is continuously conducted by the LAPAN Space Science Center. One that continues to develop is a device with Software Defined Radio based systems. By using Software Defined Radio, tools for space monitoring such as ionosphere conditions can be applied with relatively inexpensive devices. One of the Software Defined Radio-based ionosphere monitoring tools is the GNU Radio Beacon Receiver (GRBR) that uses GNU Radio and USRP1. The 150 MHz and 400

MHz signal receiving system on GRBR using Python Script can be developed using GNU Radio Companion which offers design by displaying Graphical User Interface (GUI) on its design medium. This paper describes the research undertaken, namely the design of 150 MHz and 400 MHz wave receiver systems using GNU Radio Companion and USRP1. The system can receive beacon signals emitted by Low Earth Orbit Satellite (LEOS) and its data can be used for observation of ionosphere conditions. The interim results of the 150 MHz and 400 MHz radio signal receiving systems are the received and displayed signals graphically and the received signal data is automatically stored according to the date of observation.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan instrumentasi pengamatan antariksa terus dilakukan salah satunya dengan penggunaan *Software Defined Radio* (SDR) sebagai salah satu instrumentasi pengamatan ionosfer. Dengan menggunakan *Software Defined Radio* instrumentasi pengamatan ionosfer menjadi lebih murah dibandingkan dengan menggunakan alat pemantau analog yang sudah dijual secara komersial (Cheffena dan Braten, 2011). Keunggulan menggunakan SDR yaitu konsep konversi langsung pada sinyal sehingga memberikan efisiensi dan biaya relatif murah untuk peralatan radio yang sesuai dengan beberapa mode operasi (Thieme dan Gagnon, 2016; Done, et al., 2017). Hal tersebut dikarenakan sebagian besar proses modulasi dilakukan dengan *software* sehingga SDR memiliki arsitektur yang lebih sederhana dibandingkan sistem radio konvensional (Aulia, et al, 2013). SDR menawarkan kemampuan untuk mengirim dan menerima berbagai protokol radio atau bentuk gelombang dan tanpa memodifikasi platform SDR (Bosco, et al, 2014).

Pusat Sains Antariksa Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional terus mengembangkan 'GNU Radio Beacon Receiver' penerima sinyal satelit LEOS untuk mengukur *total electron content* (TEC). Sistem GNU Radio Beacon Receiver (GRBR) untuk pengukuran nilai *Total Electron Content* (TEC) menggunakan transmisi sinyal 150 dan 400 MHz dari *Low Earth Orbit Satellite* (LEOS) (Yamamoto, 2008; Thampi, et al, 2014; Shatskiy, et al, 2014). Pertama kali dikembangkan oleh Profesor Mamoru Yamamoto, GRBR adalah instrumentasi pengamatan ionosfer berbasis SDR. Saat ini GRBR telah

dipasang di beberapa stasiun pengamatan LAPAN, yang berlokasi di BPAA Agam (0,2 LS, 100,32 BT), BPAA Pontianak (0,05 LS, 109,25 BT), Stasiun Kerjasama Tomohon (1.2 N, 124.49 E), BPAA Biak (1,08 LS, 136,05 BT), BPAA Sumedang (6.54 LS, 107.50 BT),) dan BPAA Pasuruan (7.34 LS, (Manik dan Lathif, 2011a; Batubara, et al, 2016). GRBR menggunakan GNU Radio dan USRP sebagai komponen utama penerima sinyal dari satelit, dan untuk blok pemrosesan sinyal ditulis dengan menggunakan bahasa C++ dan Python.

GNU Radio dilengkapi dengan antarmuka pengguna grafis yaitu GNU Radio Companion (GRC). GNU Radio Companion memungkinkan untuk pembangkitan *source code* perangkat keras yang dapat diprogram dan memberikan *toolkit* pemrosesan sinyal untuk menerapkan sistem radio (Lucreci, Carlofelice, dan Tognolatti, 2016). Keuntungan dari GNU Radio adalah bisa membaca *file* yang direkam sebagai data untuk pemrosesan sinyal lebih lanjut dengan fasilitas penulisan *file*, tanpa menggunakan perangkat keras yang sebenarnya (Soman, 2013).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian yang dilakukan merupakan pengembangan sistem penerima gelombang 150 MHz dan 400 MHz dengan menggunakan GNU Radio Companion (GRC) dan USRP1. Sistem dapat menerima sinyal beacon yang dipancarkan oleh *Low Earth Orbit Satellite* (LEOS) dengan menampilkan grafis sinyal pada GRC. Data sinyal simpan sesuai dengan tanggal pengamatan dan dapat digunakan untuk pengamatan kondisi ionosfer.

2. LANDASAN TEORI

Sistem penerima gelombang radio satelit *beacon* menggunakan USRP sebagai *analog to digital converter* sinyal kemudian diproses oleh GNU Radio Companion.

2.1 Sistem Penerima Radio Beacon

Sistem penerima radio *beacon* mengkombinasikan perbedaan fase antara sinyal radio *beacon* yaitu sinyal *Very High Frequency* (VHF) di frekuensi 150 MHz dan sinyal *Ultra High Frequency* (UHF) di frekuensi 400 MHz yang dipancarkan dari satelit *beacon* dan diterima di Bumi. Contoh satelit LEO adalah COSMOS, DMPSF15 dan C/NOFS yang melintas di ketinggian antara 400-1000 km di atas permukaan Bumi, dan melintas sekitar 1-2 kali per hari dengan period 15-17 menit. Sinyal radio *beacon* merupakan sinyal darurat untuk setiap satelit, gelombang radio 150 MHz dan 400 MHz dari satelit merambat melalui plasma ionosfer dimana terjadi perubahan dan pembelokan arah gelombang yang disebabkan adanya kerapatan plasma pada ionosfer (Manik dan Lathif, 2011b). Dari analisis perbedaan fasa antara kedua sinyal tersebut kemudian dapat dihitung nilai TEC di ionosfer antara satelit dengan penerima di Bumi.

2.2 USRP1

USRP1 adalah perangkat keras dari keluarga USRP™ (*Universal Software Radio Peripheral*) produk dari Ettus Research™. USRP1 menyediakan platform *entry level* dengan ekspansi MIMO dan desain modular yang memungkinkan Perangkat keras untuk beroperasi dari DC sampai 6 GHz. Arsitekturnya mencakup FPGA Altera Cyclone, 64 MS/s *dual* ADC, 128 MS/s *dual* DAC dan konektivitas USB 2.0 untuk menghubungkan USRP dengan PC (Ettus, 2012).

USRP1 mencakup konektivitas untuk dua *daughter cards* dan memungkinkan dilakukannya dua jalur pengiriman/penerimaan. Hal tersebut menjadikan USRP1 sangat ideal untuk aplikasi yang memerlukan isolasi tinggi antara jalur *transmit* dan *receive*, atau *dual-band dualtransmit/receive operation*.

USRP1 dapat mengalirkan hingga 16 MS/s data.

2.3 GNU Radio

GNU Radio adalah sebuah perangkat lunak gratis dan *open source* yang menyediakan teknik pemrosesan sinyal untuk mengimplementasikan *software radio*. Perangkat lunak ini dapat menggunakan perangkat keras radio frekuensi yang murah atau dari hasil simulasi ("GNU Radio," 2012).

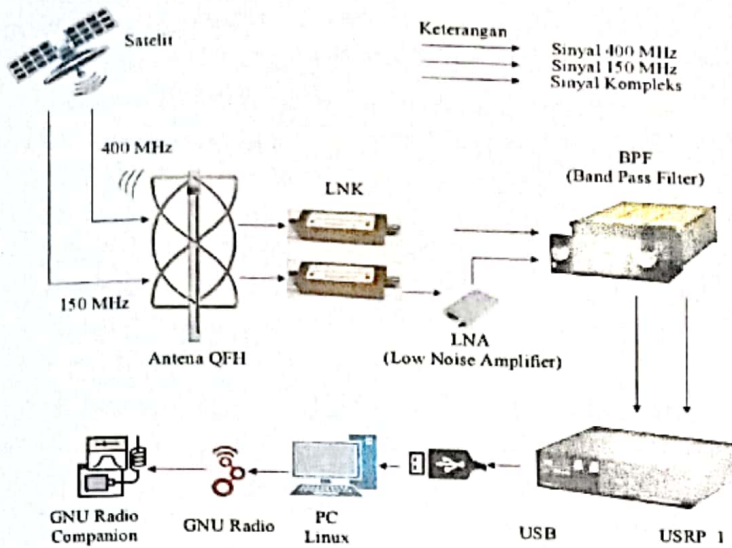
GNU Radio terdiri dari blok *signal processing* (diimplementasikan dalam C++). Untuk pemrosesan sinyal dengan melewati cara pemrograman yaitu dengan menggunakan GNU Radio Companion (GRC), *Graphical User Interface* (GUI) yang digabungkan dengan GNU Radio. GRC adalah alat grafis untuk membuat grafik alir sinyal dan menghasilkan *source code* dari grafik alir tersebut.

Salah satu keuntungan menggunakan GNU Radio Companion adalah yaitu mudah untuk direkonfigurasi. Untuk melakukan *re-design* atau rekonfigurasi sistem dapat memodifikasi parameter dan blok pemrosesan sinyal yang digunakan.

Beberapa keuntungan menggunakan GRC tersebut memberikan peluang untuk pengembangan sistem penerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz dengan menampilkan garis sinyal yang diterima selama waktu pengamatan.

3. PERANCANGAN

Sistem penerima sinyal satelit dapat dikembangkan dengan menggunakan GNU Radio Companion sebagai media perancangan. GNU Radio Companion menampilkan *Graphical User Interface* (GUI) dalam perancangan sistem penerima sinyal satelit. Sistem penerima sinyal satelit berbasis GNU Radio Companion dirancang untuk menerima sinyal *beacon* yang dipancarkan oleh *Low Earth Orbit Satellite* (LEOS) pada frekuensi 150 dan 400 MHz dan menampilkan tampilan grafis ketika satelit melintasi stasiun penerima. Desain sistem penerima gelombang radio satelit *beacon* berbasis GRC dapat dilihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1 desain sistem.

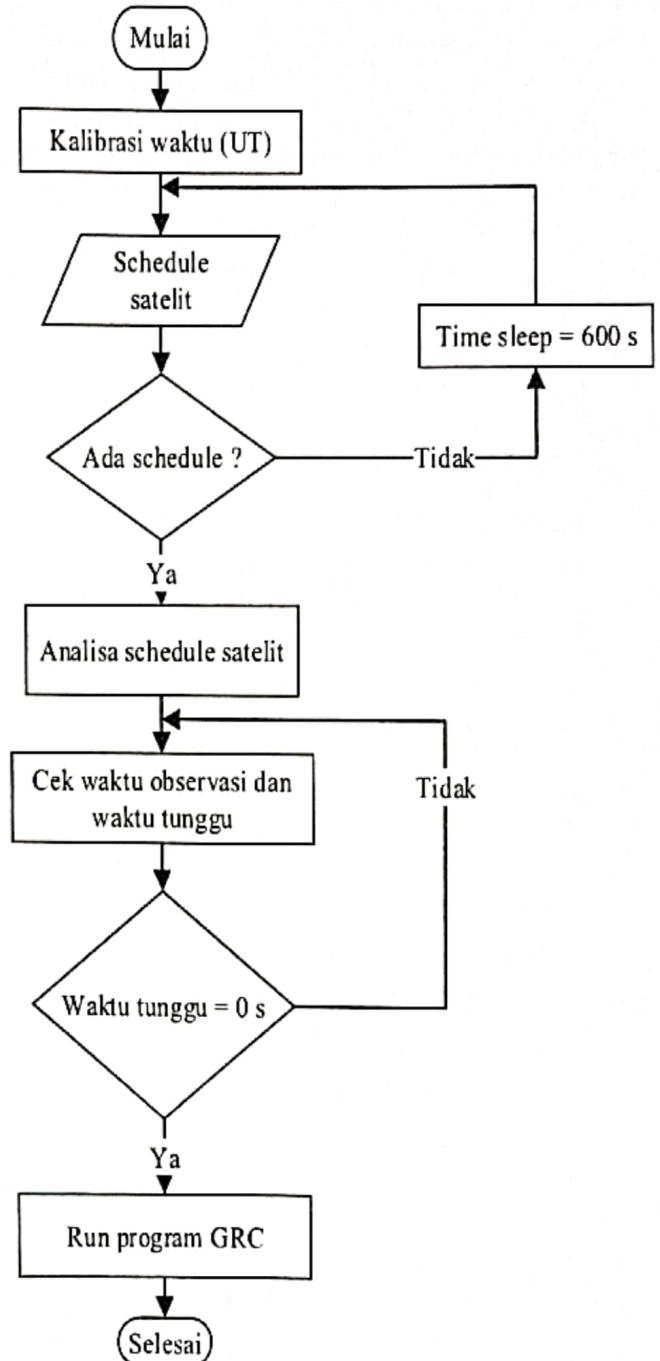
GNU Radio dan USRP adalah komponen utama dalam perancangan sistem penerima sinyal satelit. Gambar 3-1 menunjukkan proses sinyal 150 dan 400 MHz yang dipancarkan oleh satelit dan diterima oleh antena *Quadrifilar Helicoidal* dan dikuatkan oleh *preamplifier* LNK. Kemudian sinyal difilter oleh *band pass filter* (BPF) untuk *antialiasing*, dan sinyal 150 MHz dikuatkan kembali oleh *amplifier Low Noise Amplifier* (LNA) sebelum dikirim ke USRP.

Sinyal 150 MHz dan 400 MHz kemudian diproses di dalam USRP. Melalui proses konversi dari sinyal analog ke sinyal digital, sinyal berubah menjadi sinyal kompleks *baseband*. Proses konversi dilakukan di FPGA pada *mainboard* USRP. Sinyal kompleks kemudian ditransfer ke PC dengan bentuk *baseband I (Imphase)* dan Q (*Quadratur*) sebesar 16 bit. Sinyal *baseband* diterima dalam GRC dengan menginisialisasikan USRP sebagai sumber sinyal. Sinyal difilter digital dengan *Low Pass Filter* dan disimpan dalam bentuk *.dat*. Visualisasi sinyal yang diterima ditampilkan secara grafis.

Sistem penerima berbasis GRC dikonfigurasi dengan program *GRBRautorun.py* untuk dapat berjalan sesuai dengan jadwal satelit melintasi stasiun penerima. Algoritma program dapat dilihat pada Gambar 3-2.

Sistem penerima sinyal berbasis GRC dapat berjalan ketika jadwal satelit tersedia pada hari pengamatan. Ketika jadwal satelit tersedia, jadwal akan dianalisis untuk menentukan waktu tunggu hingga satelit melintas. Tampilan grafis sinyal yang diterima akan muncul secara otomatis

ketika waktu tunggu habis. Sistem penerima dirancang untuk berjalan 28-30 detik lebih cepat dari jadwal satelit. Hal tersebut bertujuan agar tidak melewatkan data pertama yang diterima. Data yang diterima disimpan sesuai dengan tanggal dan jam pengamatan.



Gambar 3-2 Flowchart program autorun.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program penerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz berbasis GNU Radio Companion menampilkan *Graphical User Interface* (GUI). Program terdiri dari blok-blok pemrosesan sinyal. Program dibagi menjadi beberapa blok berhubungan sehingga menjadi satu *flow graph*. Gambaran blok

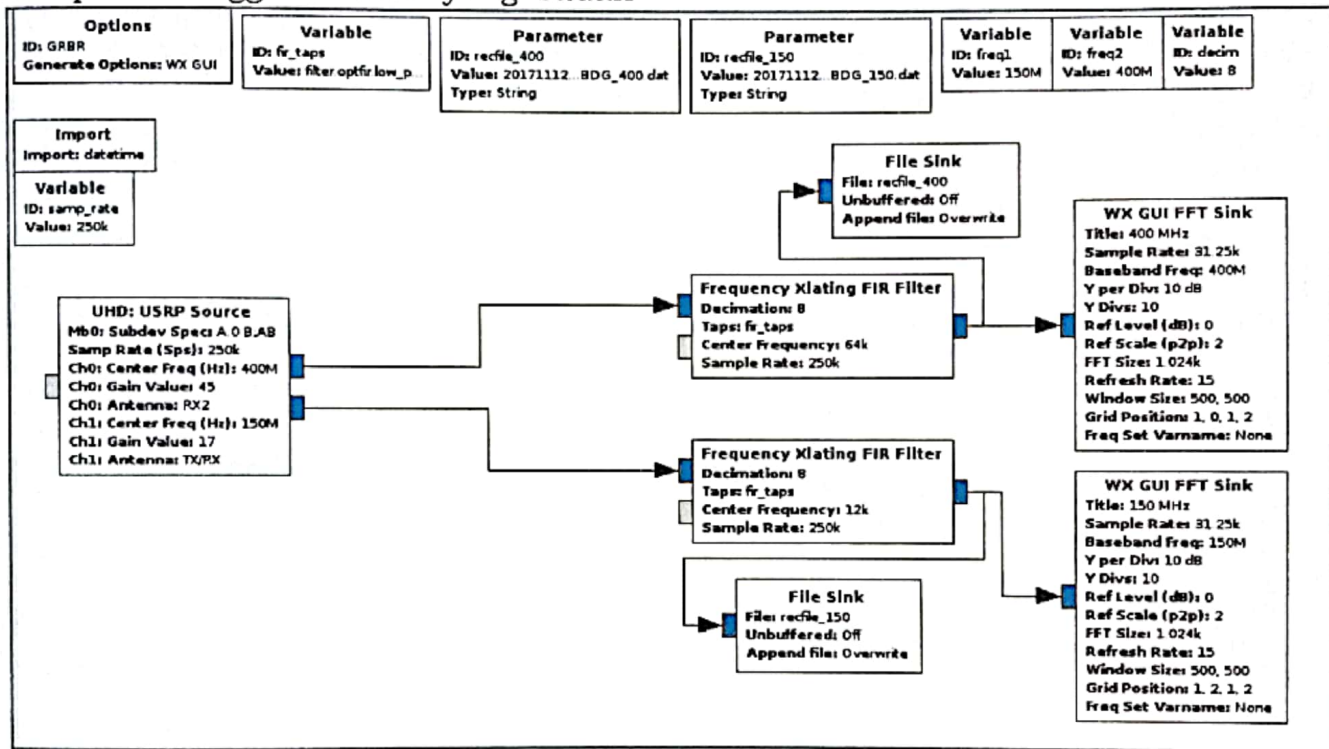
sistem pada GNU Radio Companion dapat dilihat pada Gambar 4-1.

Berikut blok diagram yang digunakan pada perancangan penerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz.

1. Blok *UHD Source* membangkitkan sinyal yang telah di proses pada USRP. Sesuai dengan spesifikasi USRP 1 yaitu nilai *ADC samples* sebesar 64 MS/s dan nilai desimasi USRP sebesar 256 maka didapatkan USRP *sample rate* sebesar 250 kS/s.
2. Blok *Frequency Xlating Filter* pada perancangan digunakan untuk lebih memudahkan dibandingkan menggunakan blok filter itu sendiri.
3. Cukup memanggil variabel yang sudah

diinisialisasi pada blok parameter. Rancangan ini menggunakan blok *FIRDecimating Filter* dengan filter *Low Pass Filter*. *File sink* digunakan untuk menyimpan data hasil pemrosesan.

4. Blok *File Sink*: *File* hasil pemrosesan program disimpan dalam bentuk *.dat*. Data disimpan sesuai tanggal pengamatan dan menggunakan *Universal Time (UT)* sebagai acuan waktu.
5. *FFT Sink* menampilkan tampilan grafis sinyal yang diterima. Tampilan grafis akan muncul secara otomatis ketika adanya jadwal satelit yang dikendalikan oleh program *autorun*.

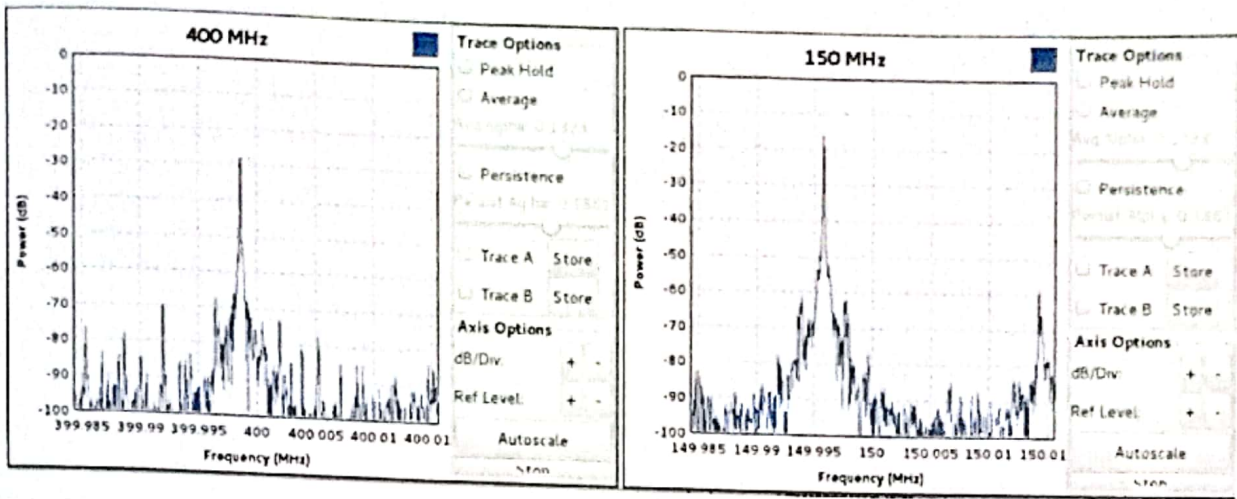


Gambar 4-1 Blok Perancangan Sistem pada GRC.

Sistem penerima berbasis GNU *Radio Companion* diuji dengan 2 kondisi, yaitu pada skala lab dan pada kondisi riil. Pengujian pada skala lab dilakukan dengan menggunakan dua buah *Handy Talky (HT)* dengan mengatur frekuensi 150 MHz dan 400 MHz. Pengujian pada kondisi riil dilakukan dengan konfigurasi sistem penerima berbasis GRC dengan program *autorun* sehingga sistem penerima dapat berjalan ketika satelit melintasi stasiun penerima.

4.1 Pengujian Skala Lab Sistem Penerima

Sebelum diimplementasikan pada kondisi riil, dilakukan pengujian program penerima sinyal pada skala lab. Hal tersebut untuk memastikan program penerima sinyal yang dirancang dapat menerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz. Uji coba dilakukan dengan menggunakan sinyal uji 150 MHz dan 400 MHz yang dipancarkan oleh dua buah *Handy Talky (HT)*. HT disetel untuk memancarkan frekuensi 150 MHz dan 400 MHz. Tampilan grafis sinyal yang diterima dengan menggunakan HT sebagai sumber sinyal dapat dilihat pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2. Tampilan grafis sinyal 400 MHz dan 150 MHz.

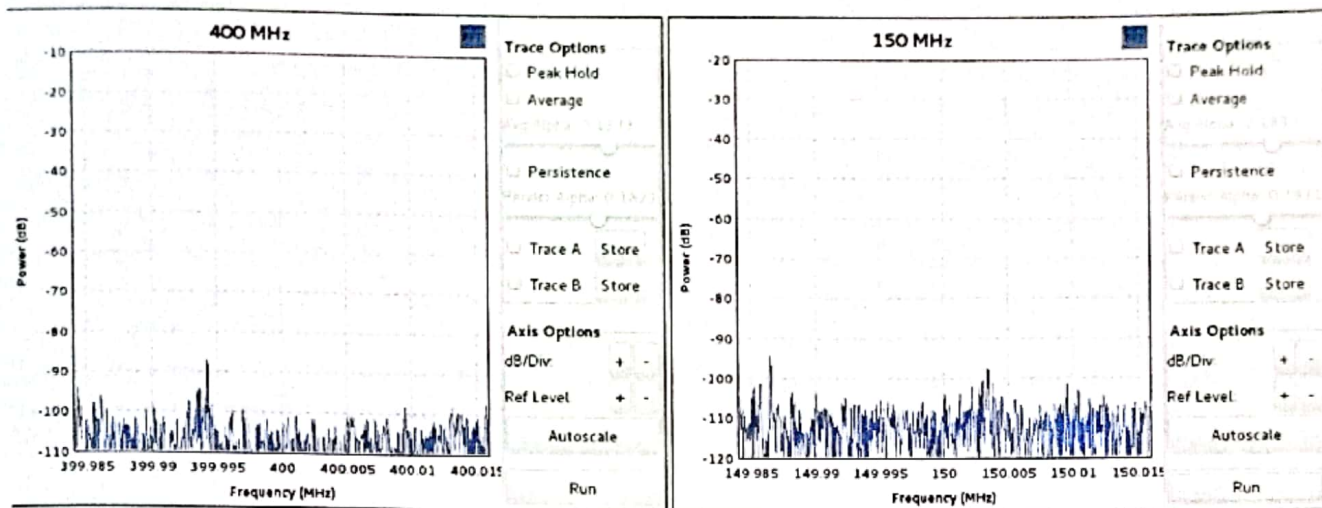
Gambar 4-2 menunjukkan grafis sinyal yang diterima oleh program penerima sinyal berbasis GRC. Ujicoba dilakukan dengan mengaktifkan kedua HT pada frekuensi 150 MHz dan 400 MHz, dengan jarak sumber sinyal ke antenna sekitar 10 meter dan dengan kondisi antenna berada di atas gedung pengamatan. Sistem dapat menerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz yang dipancarkan oleh HT secara bersamaan. Sesuai pengamatan visual pada Gambar 4-2 kenaikan *gain* sinyal 400 MHz yang diterima sebesar ± 70 dB dan sinyal 150 MHz sebesar ± 95 dB. Hal tersebut dapat disebabkan oleh jarak antenna dengan pemancar sinyal yaitu HT yang sangat dekat. Uji coba sistem penerima sinyal berbasis GRC menggunakan HT berhasil mendapatkan sinyal 150 MHz dan 400 MHz sehingga sistem penerima selanjutnya dapat diimplementasikan untuk pengujian pada kondisi riil.

e. Pengujian Sistem Penerima Pada Kondisi Riil

Program penerima sinyal telah melalui uji skala lab dan hasilnya program telah dapat menerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz secara bersamaan. Oleh karena itu program dapat diimplementasikan pada kondisi riil untuk mendapatkan sinyal 150 MHz dan 400 MHz yang dipancarkan oleh satelit. Tampilan grafis pengujian program penerima sinyal ketika satelit melintas dapat dilihat pada Gambar 4-3.

Gambar 4-3 menunjukkan grafis sinyal yang diterima oleh program penerima sinyal berbasis GRC. Sinyal yang diterima sistem penerima berbasis GRC adalah sinyal yang dipancarkan oleh satelit DMSPF15 pada tanggal 4 November 2017. Satelit DMSPF15 melintasi stasiun penerima dari jam 14:39:08 - 14:54:40 WIB. Durasi satelit melintas adalah 15 - 17 menit setiap harinya.

Sistem penerima berbasis GRC dapat berjalan secara otomatis ketika satelit melintasi stasiun penerima. Namun ketika satelit telah selesai melintasi stasiun penerima sistem belum bisa berhenti secara otomatis, sehingga harus dilakukan penghentian secara manual.



Gambar 4-3 Tampilan Grafis Sinyal 400 MHz dan 150 MHz

5. KESIMPULAN

Sistem penerima gelombang radio *beacon* berbasis GNU Radio Companion berhasil menerima sinyal 150 MHz dan 400 MHz baik pada skala lab maupun pada kondisi riil. Sistem dapat menerima sinyal yang dipancarkan oleh satelit *Low Earth Orbit* dengan menampilkan tampilan grafis sinyal yang diterima selama waktu pengamatan. Ketika satelit melintasi stasiun penerima tampilan grafis sinyal akan muncul secara otomatis. Namun sistem penerima berbasis GRC masih belum bisa melakukan penghentian secara otomatis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan berkat kerja sama dan dukungan Pusat Sains Antariksa Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.

DAFTAR RUJUKAN

- Aulia, S., Tjondronegoro, S., & Kurnia, R. (2013). Analisis pengolahan sinyal radar frequency modulated continuous wave untuk deteksi target. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(2), 51–64.
- Bosco, M., Tortora, P., & Cinarelli, D. (2014). Alma mater ground station transceiver a software defined radio for satellite communications. In *2014 IEEE Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace)* (pp. 549–554). Benevento, Italy.
- Cheffena, M., & Braten, L. E. (2011). Low-

cost digital beacon receiver based on Software-Defined Radio. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 53(1).

- Done, A., Alin-mihai, C., Le, C., Dimian, M., & Graur, A. (2017). Design and implementation of a satellite communication ground station. In *2017 International Symposium on Signals, Circuit and Systems (ISSCS)* (pp. 2–5). Romania.
- Ettus, R. (2012). Datasheet USRP1 Bus Series. Ettus Research A National Instruments Company.
- GNU Radio. (2012).
- Lucreci, I., Carlofelice, A. Di, & Tognolatti, P. (2016). Feature Article: SDR-based System for Satellite Ranging Measurements. *IEEE A&E Systems Magazine*, (10).
- Manik, T., & Lathif, M. (2011a). Evaluasi data TEC dari jaringan penerima radio beacon satelit di Indonesia. In *Seminar Nasional Sains Antariksa 2011*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Manik, T., & Lathif, M. (2011b). Radio Beacon satellite receiver network for ionospheric TEC and scintillation measurement in Indonesia equatorial region. In *International Symposium on the 10th Anniversary of the Equatorial Atmosphere Radar (EAR)*. Jakarta.
- Shatskiy, D., Kagan, L. M., & Macdougall, J. W. (2014). A new procedure for obtaining vertical Total Electron Content from two frequency LEOS beacons. *Journal of Atmospheric and*

Solar-Terrestrial Physics, 113, 23–28.

Soman, R. G. K. P. (2013). Modern analog and digital communication systems development using GNU Radio with USRP. *Telecommunication Systems: Modelling, Analysis, Design and Management*.

Thampi, S. V, Bagiya, M. S., Chakrabarty, D., Acharya, Y. B., & Yamamoto, M. (2014). An Ensemble average method to estimate absolute TEC using Radio Beacon-Based differential phase measurements: applicability to regions

of large latitudinal gradients in plasma density. *American Geophysical Union*, 1153–1161.

Thieme, C. L. H., & Gagnon, K. (2016). Low-cost approach for a software-defined radio based ground station receiver for CCSDS standard compliant S-band satellite communications Low-cost approach for a software-defined radio based ground station receiver for CCSDS standard compliant S-band satellite. In *AEROTECH VI Innovation in Aerospace Engineering and Technology*.



Yuli Apriyanti, S.T, lahir di Bekasi pada tanggal 17 April 1995. Telah menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) program studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung pada tahun 2017.