

SISTEM PENGOLAHAN DATA PENGINDERAAN JAUH SATELIT SUOMI NPP UNTUK PRODUKSI *CORRECTED REFLECTANCE*

Budhi Gustiandi^{*)}, Andy Indradjad^{*)}, Islam Widia Bagdja^{*)}

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

e-mail: budhi.gustiandi@lapan.go.id

Abstract

A Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) remote sensing satellite data acquisition and processing system has been built to produce corrected reflectance products. The products are input to produce higher level products, among others true color imagery, Leaf Area Index (LAI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). System was developed utilizing open source based custom software. System performance was evaluated by empirical method. The longest processing time of developed system to produce corrected reflectance products from acquisition time was 1 hour 10 minutes 52 seconds. The system has potential to be developed further to operate automatically and near real time because the longest processing time still faster than two subsequent Suomi NPP satellite acquisition fastest time (1 hour 35 minutes). Storage system capacity requirement estimation to accommodate data from rawdata level to corrected reflectance products until the predicted mission life of Suomi NPP satellite is 29.82 TB. The existing capacity storage system (15 TB) must be increased.

Key Words: *Corrected Reflectance, Suomi NPP, VIIRS, Empirical Evaluation, Sampling Technique.*

Abstrak

Sebuah sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) telah dibangun dan dikembangkan untuk menghasilkan produk *corrected reflectance*. Produk ini merupakan masukan terhadap pengolahan lebih lanjut, diantaranya untuk menghasilkan citra *true color*, perhitungan *Leaf Area Index* (LAI), dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Pengembangan sistem menggunakan perangkat lunak kustom berbasis *open source*. Kinerja sistem dievaluasi dengan menggunakan metode empirik. Waktu pengolahan terlama dari sistem yang dikembangkan untuk menghasilkan produk *corrected reflectance* dari mulai akuisisi adalah selama 1 jam 10 menit 52 detik. Sistem berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut agar dapat beroperasi secara otomatis dan *near real time* karena waktu pengolahan terlamanya masih lebih cepat daripada selang waktu tercepat akuisisi data satelit Suomi NPP yang berurutan (1 jam 35 menit). Perkiraan kebutuhan volume sistem penyimpanan untuk mengakomodasi data dari level *rawdata* sampai produk *corrected reflectance* hingga umur misi satelit Suomi NPP berakhir adalah sebesar 29,82 TB. Sistem penyimpanan yang sudah ada (15 TB) masih perlu ditingkatkan kapasitasnya.

Kata Kunci: *Corrected Reflectance, Suomi NPP, VIIRS, Evaluasi Empirik, Teknik Sampling.*

1. Pendahuluan

Pada bulan Mei tahun 2012, stasiun bumi penginderaan jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang terletak di kota Parepare, Sulawesi Selatan, telah mulai menerima data penginderaan jauh satelit Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) secara *direct broadcast*. Sinyal yang dipancarkan oleh satelit diterima oleh antena stasiun bumi, kemudian diolah oleh komputer server akuisisi menjadi data dalam level *rawdata*. Data tersebut selanjutnya dikirim ke *data center* Pusat Teknologi dan Penginderaan Jauh (Pustekdata) LAPAN di kota Jakarta.

Sebuah sistem telah dibangun dan terus dikembangkan untuk mengolah data penginderaan jauh satelit Suomi NPP dari level *rawdata* ke level-level yang lebih tinggi lagi sehingga menghasilkan data dan informasi yang lebih siap pakai bagi para pengguna. Adapun level-level yang lebih tinggi tersebut yaitu *Raw Data Record* (RDR), *Sensor Data Record* (SDR), *Environmental Data Record* (EDR), dan *Climate Data Record* (CDR) (GSFC, 2014).

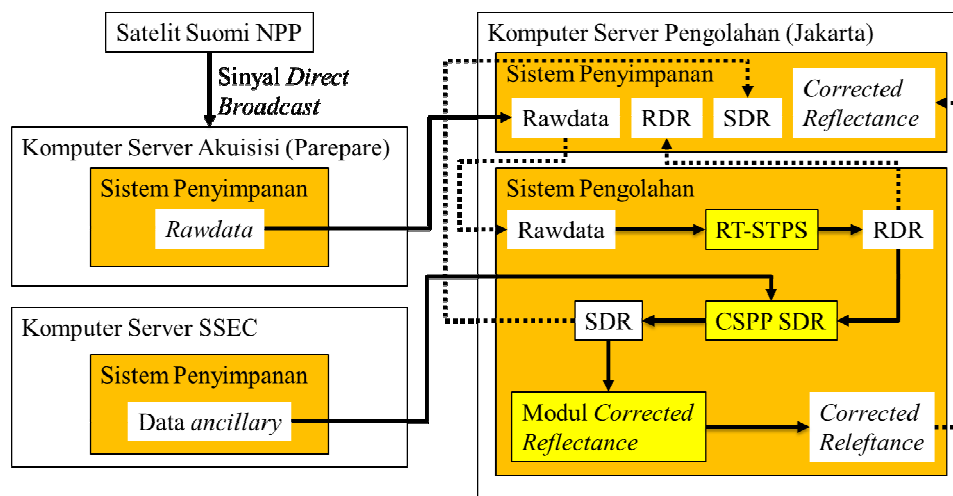
Sistem dibangun pertama kali untuk mengolah data dalam level *rawdata* menjadi level RDR (Gustiandi et al., 2013). Kemudian sistem dikembangkan sehingga dapat menghasilkan data dalam level SDR dari level RDR (Gustiandi dan Indradjad, 2013a). Selanjutnya sistem dikembangkan lebih lanjut untuk mengolah data dalam level SDR menjadi produk *active fires* dalam level EDR (Gustiandi dan Indradjad, 2013b).

Pengembangan sistem dilakukan disesuaikan dengan kebutuhan para pengguna. Saat ini terdapat permintaan akan ketersediaan citra *true color* dari satelit penginderaan jauh resolusi rendah untuk kebutuhan pemantauan dinamika tutupan/penggunaan lahan dalam skala nasional. Berdasarkan dokumen teknis yang dikeluarkan oleh SSEC (2013), data penginderaan jauh satelit Suomi NPP dapat menghasilkan citra tersebut dengan pertama-tama mengolah data dalam level SDR untuk menghasilkan produk *corrected reflectance* terlebih dahulu. Selain itu, produk *corrected reflectance* juga dapat digunakan sebagai masukan untuk perhitungan *Leaf Area Index* (LAI) (Buiten and Clevers, 1993), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Kawahata and Awaya, 2006).

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit Suomi NPP sehingga dapat menghasilkan produk-produk *corrected reflectance*. Selain itu, evaluasi kinerja dilakukan untuk mengetahui potensi sistem untuk dikembangkan lebih lanjut dan kebutuhan sistem penyimpanan untuk mengakomodasi sampai perkiraan umur misi satelit Suomi NPP berakhir.

2. Deskripsi Sistem dan Metode Evaluasi

Sebuah sistem atau perangkat lunak pada umumnya digambarkan dalam bentuk diagram alir yang memperlihatkan arsitektur dari sistem atau perangkat lunak tersebut. Tujuannya adalah menjelaskan komponen-komponen (domain komputasi) dan konektor-konektor (domain komunikasi) yang menyusun sebuah sistem atau perangkat lunak secara menyeluruh (Bass et al., 2003). Arsitektur sistem pengolahan data satelit Suomi NPP yang dikembangkan untuk menghasilkan produk *corrected reflectance* diperlihatkan pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1. Arsitektur sistem pengolahan data satelit Suomi NPP yang dikembangkan untuk menghasilkan produk *corrected reflectance*.

Perangkat-perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut: seperangkat komputer server dengan spesifikasi memiliki prosesor 24 *core* (masing-masing berkecepatan 2,4 GHz) dan memori 64 GB; sistem penyimpanan dengan kapasitas 15 TB; jaringan komunikasi dalam bentuk *Virtual Private Network* (VPN) yang menghubungkan sistem pengolahan dengan sistem akuisisi sebesar 20 MBPS; dan jaringan komunikasi (internet) yang menghubungkan sistem pengolahan dengan komputer server Space Science and Engineering Center (SSEC) untuk keperluan transfer data *ancillary* yang dibutuhkan dalam proses pengolahan sebesar 40 MBPS (*shared*). Sistem operasi yang digunakan adalah Linux CentOS versi 6.3 (<http://www.centos.org>).

Perangkat-perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut: Real-Time Software Telemetry Processing System (RT-STPS) versi 5.3 (<http://directreadout.sci.gsfc.nasa.gov>) untuk mengolah data satelit Suomi NPP dari level *rawdata* ke level RDR; Community Satellite Processing Package (CSPP) Science Data Record (SDR) versi 1.5 (<http://cimss.ssec.wisc.edu>) untuk mengolah data satelit Suomi NPP dari level RDR ke level SDR; dan modul *corrected reflectance* (Gumley, 2013) untuk mengolah data satelit Suomi NPP dari level SDR menjadi produk *corrected reflectance*. Seluruh perangkat lunak yang digunakan bersifat *open source* sehingga sistem dapat diterapkan pada komputer server lain tanpa harus terkendala oleh lisensi.

Script pengolahan dibuat dengan menggunakan *bash shell*. Pertimbangannya adalah bahwa *bash shell* merupakan bahasa *scripting* yang paling komprehensif untuk digunakan di dalam lingkungan pemrograman berbasis sistem operasi Linux (Michael, 2008; Parker, 2011; Shoots Jr., 2012).

Berkas-berkas yang dibutuhkan sebagai masukan oleh sub sistem pengolahan untuk menghasilkan produk *corrected reflectance* adalah berkas-berkas data penginderaan jauh instrumen Visible Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS) satelit Suomi NPP dalam level SDR pita cahaya tampak ke-3, 4, 5, 7, 8, 10, dan 11, pita infra merah ke-1, 2, dan 3, serta berkas-berkas geolokasinya (GMTCO*.h5 dan GITCO*.h5) (Gumley, 2013). Format berkas keluaran untuk produk *corrected reflectance* yang dihasilkan oleh sistem pengolahan adalah format *Hierarchical Data Format* (HDF) 4. Format ini serupa dengan berkas-berkas produk *corrected reflectance* yang dihasilkan dari sistem pengolahan data penginderaan jauh instrumen Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) satelit Terra dan Aqua yang merupakan instrumen pendahulu dari instrumen VIIRS (Schueler and Barnes, 1998; Ardanuy et al., 2001; Murphy et al., 2001; Schueler et al., 2001; Murphy, 2006).

Standard ISO/IEC 9126 tentang kualitas produk perangkat lunak menjelaskan sebuah model yang terdiri dari dua bagian untuk menilai kualitas produk perangkat lunak, yaitu aspek atribut-atribut kualitas (kualitas internal dan kualitas eksternal) dan aspek kualitas dalam penggunaan (ISO, 2001). Atribut-atribut kualitas masing-masing berbeda dalam hal penjelasan, metode pengukuran dan analisisnya. Bagian pertama dari model menjelaskan enam karakteristik untuk kualitas internal dan eksternal, yang lebih jauh dibagi lagi menjadi sub-sub karakteristik. Keenam kategori tersebut adalah fungsi/kinerja (*performance*), kehandalan (*reliability*), kegunaan (*useability*), efisiensi (*efficiency*), keterawatan (*maintainability*), dan portabilitas (*portability*)/interoperabilitas (*interoperability*). Sub-sub karakteristik tersebut dinilai secara eksternal ketika perangkat lunak digunakan sebagai bagian dari sebuah sistem komputer, dan merupakan hasil dari atribut-atribut internalnya. Pengukuran internal adalah pengukuran yang tidak tergantung pada

eksekusi perangkat lunak (pengukuran-pengukuran statis). Pengukuran-pengukuran eksternal mengukur perilaku dari sistem berbasis komputer yang mencakup perangkat lunak tersebut. Pengukuran-pengukuran eksternal dapat diterapkan pada perangkat lunak yang berjalan.

Bagian kedua dari model menentukan empat karakteristik kualitas dalam penggunaan. Karakteristik-karakteristik kualitas dalam penggunaan adalah keefektifan, produktifitas, keamanan, dan kepuasan. Kualitas dalam penggunaan merupakan kombinasi pengaruh dari pengguna terhadap enam karakteristik kualitas produk perangkat lunak. Pengukuran-pengukuran kualitas dalam penggunaan mengukur pengaruh-pengaruh dari penggunaan perangkat lunak dalam sebuah konteks penggunaan tertentu. Pengukuran-pengukuran kualitas dalam penggunaan hanya tersedia ketika produk akhir digunakan di dalam kondisi-kondisi sebenarnya.

Menurut Pahl et al. (2009), dari seluruh aspek kualitas tersebut, atribut-atribut kualitas yang paling penting adalah interoperabilitas, keterawatan, dan kinerja. Untuk menghasilkan sebuah sistem yang bermanfaat, atribut-atribut kualitas tersebut harus dipenuhi. Makalah ini hanya memfokuskan pada atribut kinerja sebagai atribut kualitas yang akan dievaluasi. Kinerja merupakan sebuah atribut kualitas yang memperlihatkan derajat dimana sebuah sistem atau komponen-komponennya memenuhi tujuan yang ingin dicapai secara aktual (Snodgrass, 1987). Kualitas-kualitas lainnya sama pentingnya tetapi perhitungan secara komprehensif akan seluruh aspek kualitas tidak dijelaskan di dalam makalah ini.

Terdapat beberapa metode atau teknik yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari suatu sistem, diantaranya metode empirik, teknik simulasi, dan pemodelan analisis (Lilja, 2000). Evaluasi secara empirik dilakukan dengan kegiatan-kegiatan pengukuran atau perhitungan metrik. Simulasi merupakan metoda evaluasi dengan menggunakan tiruan dari sebuah eksekusi program. Pemodelan analisis merupakan sebuah teknik dimana sebuah sistem dijelaskan secara matematis. Metode empirik menyediakan hasil-hasil yang paling akurat karena tidak menggunakan asumsi-asumsi yang digunakan oleh metode atau teknik lainnya. Dengan mempertimbangkan karakteristik sistem yang akan dievaluasi, metode yang akan digunakan adalah metode empirik.

Evaluasi dengan menggunakan metode empirik dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu dengan pengambilan sampel dan pelacakan kejadian (*event tracing*). Pengambilan sampel adalah sebuah teknik dimana bagian-bagian dari sebuah program (misal keluaran hasil pengolahannya) diambil sampelnya selama program tersebut berjalan dalam beberapa selang waktu. Keunggulan dari pendekatan ini adalah evaluasi dapat dilakukan tanpa harus menghentikan sistem yang sedang berjalan. Sedangkan pada pelacakan kejadian, kode untuk melakukan evaluasi harus disisipkan ke dalam program yang akan dievaluasi, sehingga sistem harus dihentikan terlebih dahulu. Kelemahan lainnya adalah teknik pelacakan kejadian membutuhkan sumberdaya sistem yang lebih besar daripada teknik pengambilan sampel (dalam hal ini memori sistem yang digunakan) (Lilja, 2000). Oleh karena itu, evaluasi sistem dilakukan dengan menggunakan metode empirik dan teknik pengambilan sampel.

Hal-hal yang akan dievaluasi dalam sistem yang dikembangkan adalah waktu pengolahan data satelit Suomi NPP dari level SDR untuk menghasilkan produk *corrected reflectance* dan volume berkas keluaran yang dihasilkan sampel data yang digunakan di dalam pelaksanaan evaluasi adalah berkas log pengolahan data yang dihasilkan pada saat melakukan proses pengolahan dan produk-produk *corrected*

reflectance yang tersedia di dalam direktori penyimpanan. Jumlah sampel data yang digunakan di dalam evaluasi adalah 477 *rawdata* dengan tanggal akuisisi berbeda beserta produk-produk hasil pengolahannya dengan rentang waktu akuisisi dari tanggal 6 Juli 2013 sampai dengan tanggal 20 Maret 2014.

3. Hasil dan Pembahasan

Berkas-berkas data penginderaan jauh instrumen VIIRS satelit Suomi NPP dalam level SDR untuk pita cahaya tampak ke-3, 4, 5, 7, 8, 10, dan 11 beserta berkas geolokasinya (GMTCO*.h5) akan menghasilkan produk *corrected reflectance* dengan format penamaan CREFLM_npp_dYYYYMMDD_tHHMMSSS_eHHMMSSS.hdf. Sedangkan untuk pita infra merah ke-1, 2, dan 3 beserta berkas geolokasinya (GITCO*.h5) akan menghasilkan produk *corrected reflectance* dengan format penamaan CREFLI_npp_dYYYYMMDD_tHHMMSSS_eHHMMSSS.hdf, dimana YYYYMMDD menunjukkan tanggal akuisisi data satelit Suomi NPP dalam tahun (YYYY), bulan (MM), tanggal (DD), dan HHMMSSS menunjukkan waktu akuisisi data satelit Suomi NPP dalam jam (HH), menit (MM), detik (SSS). Huruf “t” pada format penamaan kedua berkas tersebut menunjukkan waktu mulai akuisisi dan huruf “e” pada format penamaan kedua berkas tersebut menunjukkan waktu akhir akuisisi.

Sebagaimana disebutkan pada bagian sebelumnya, kedua keluaran tersebut memiliki format data HDF4. Hal ini ditandai dari berkas keluaran yang memiliki ekstensi .hdf. Untuk membaca data dengan format HDF4 dapat digunakan perangkat lunak HDFView (<http://hdfgroup.org>) yang tersedia secara gratis. Sampai tulisan ini dibuat, versi terbaru dari perangkat lunak HDFView adalah versi 2.10. Contoh tampilan produk *corrected reflectance* hasil pembacaan dengan menggunakan perangkat lunak HDFView tersebut diperlihatkan pada Gambar 3-1 dan 3-2.

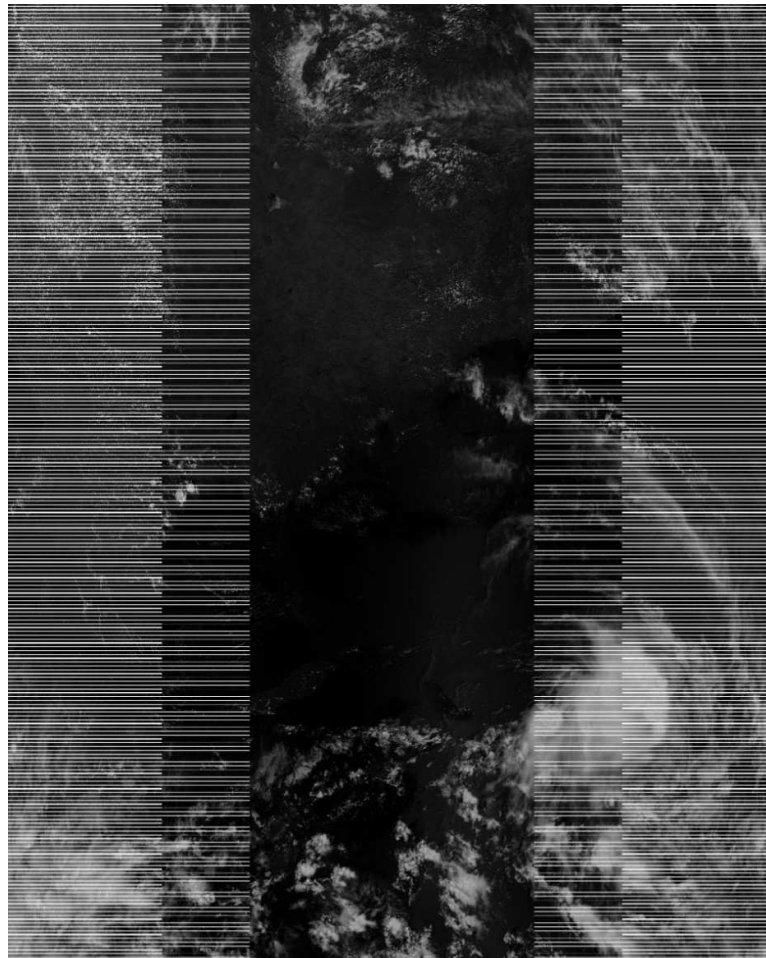
Evaluasi waktu pengolahan data penginderaan jauh satelit Suomi NPP dalam level SDR untuk menghasilkan *corrected reflectance* dilakukan pada seluruh sampel data yang berhasil diolah sejumlah 477 data. Waktu tercepat yang dibutuhkan adalah 5 detik sedangkan waktu terlama yang dibutuhkan adalah 4 menit 53 detik. Pengolahan membutuhkan waktu rata-rata selama 1 menit 26 detik. Waktu terlama pengolahan data penginderaan jauh satelit Suomi NPP dari mulai akuisisi sampai dihasilkannya data dalam level SDR adalah 1 jam 5 menit 59 detik, sehingga waktu pengolahan total terlama dari mulai akuisisi sampai dihasilkannya produk *corrected reflectance* adalah selama 1 jam 10 menit 52 detik. Berdasarkan evaluasi tersebut, maka sistem berpotensi untuk dikembangkan lagi untuk dijadikan sistem yang bersifat *near real time* dengan menerapkan teknik otomatisasi dalam pengolahannya karena waktu tersebut masih lebih cepat daripada selang waktu tercepat akuisisi dua data satelit Suomi NPP yang berurutan (1 jam 35 menit).

Volume pasangan berkas *corrected reflectance* terkecil adalah sebesar 89,07 MB dan volume terbesarnya adalah sebesar 890,63 MB. Volume rata-ratanya adalah sebesar 315,03 MB. Dengan perkiraan umur satelit Suomi NPP sampai 5 tahun, dan dalam 1 hari dilakukan 4 kali akuisisi, maka kebutuhan sistem penyimpanan data *corrected reflectance* hasil pengolahan sampai perkiraan umur satelit Suomi NPP berakhir adalah sebesar 2,19 TB. Kebutuhan sistem penyimpanan data penginderaan jauh satelit Suomi NPP dalam level *rawdata* untuk perkiraan waktu yang sama adalah sebesar 3,45 TB

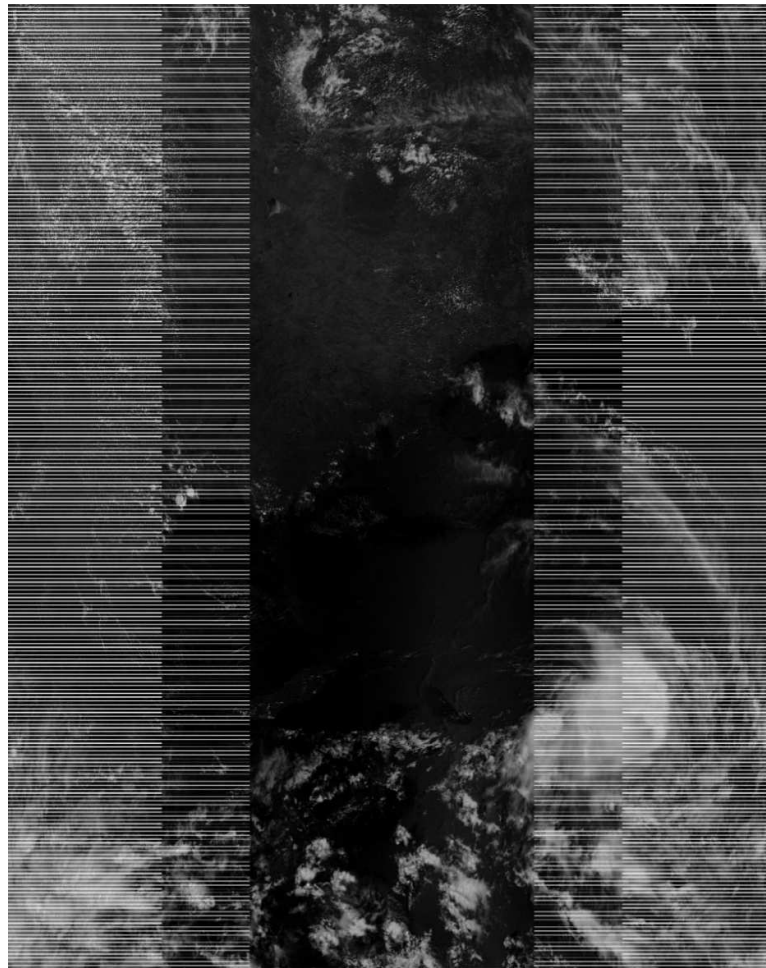
(Gustiandi et al.,2013), level RDR sebesar 1,89 TB (Indradjad et al., 2013), dan level SDR sebesar 22,29 TB (Gustiandi dan Indradjad, 2013). Sehingga, total kapasitas sistem penyimpanan yang dibutuhkan adalah sebesar 29,82 TB. Sistem penyimpanan yang tersedia pada saat ini (15 TB) masih harus ditingkatkan kapasitasnya untuk mengakomodir kebutuhan tersebut.

4. Kesimpulan dan Saran

Sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit Suomi NPP telah berhasil dikembangkan sehingga mampu untuk mengolah data dalam level SDR untuk menghasilkan produk *corrected reflectance*. Sistem berpotensi untuk dikembangkan sehingga bersifat *near real time* dengan penerapan otomatisasi karena waktu terlalu lama yang dibutuhkan untuk mengolah data dari level *rawdata* sampai menjadi produk *corrected reflectance* adalah selama 1 jam 10 menit 52 detik (masih lebih cepat daripada selang waktu tercepat akuisisi dua data satelit yang berurutan). Sistem penyimpanan yang tersedia pada saat ini (15 TB) masih harus ditingkatkan kapasitasnya untuk mengakomodir kebutuhan kapasitas penyimpanan untuk data dalam level *rawdata*, RDR, SDR, dan produk *corrected reflectance* sampai umur satelit yang diperkirakan.



Gambar 3-1. Tampilan pembacaan produk *corrected reflectance* hasil pengolahan dengan menggunakan perangkat lunak HDFView untuk data CREFLI pita pertama dengan tanggal akuisisi 20 Maret 2014 dan waktu akuisisi jam 05:23 UTC.



Gambar 3-2. Tampilan pembacaan produk *corrected reflectance* hasil pengolahan dengan menggunakan perangkat lunak HDFView untuk data CREFLM pita ketiga dengan tanggal akuisisi akuisisi 20 Maret 2014 dan waktu akuisisi jam 05:23 UTC.

5. Daftar Rujukan

- Ardanuy P, Schueler CF, Miller SW, Kealy PS, Cota SA, Haas JM, Welsch C. 2001. *NPOESS VIIRS design process*. Proceedings Earth Observing System VI, SPIE 4483 vol. 11: 23-34.
- Buiten HJ, Clevers JGPW. 1993. *Land Observation by Remote Sensing: Theory and Applications*. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers.
- Bass L, Clements P, Kazman R. 2003. *Software Architecture in Practice Third Edition*. Boston: Addison-Wesley.
- Goddard Space Flight Center (GSFC). 2014. *Data Systems*. <http://npp.gsfc.nasa.gov/DataSystems.html> [Maret 2014]
- Gumley L. 2013. *VIIRS Corrected Reflectance Tutorial*. <https://forums.ssec.wisc.edu/viewtopic.php?f=42&t=304> [Maret 2014].
- Gustiandi B, Indradjad A, Bagdja IW. 2013. *Rancang Bangun Sistem Pengolahan Data Satelit Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP) dari Rawdata ke Raw Data Record (RDR)*. Majalah Inderaja vol. 6 No. 6: 10-14.

- Gustiandi B, Indradjad A. 2013a. *Sistem Pengolahan Data Satelit S-NPP Berbasis CSPP: RDR ke SDR*. Prosiding Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro (SNETE) 2013: 56-62.
- Gustiandi B, Indradjad A. 2013b. *Visible Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS) Active Fires Application Related Products (AFARP) Generation Using Community Satellite Processing Package (CSPP) Software*. Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing (ACRS) 2013: SC02 893-900.
- Indradjad A, Gustiandi B, Bagdja IW. 2013. *Automatic S-NPP Satellite Data Processing System: Rawdata to RDR*. Prosiding Seminar Nasional Pengaplikasi Telematika (SINAPTIKA) 2013: 7-12.
- ISO/IEC. 2001. *ISO 9126 Software Engineering – Product Quality – Part 1: Quality Model*. Published Standard.
- Kawahata H, Awaya Y. 2006. *Global Climate Change and Response of Carbon Cycle in the Equatorial Pacific and Indian Oceans and Adjacent Landmasses*. Amsterdam: Elsevier.
- Lilja DJ. 2000. *Measuring Computer Performance: A Practitioner's Guide*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Michael RK. 2008. *Mastering UNIX® Shell Scripting Second Edition*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Murphy RE, Barnes WL, Lyaspustin AI, Privette J, Welsch C, DeLuccia F, Swenson H, Schueler CF, Ardanuy P, Kealy P. 2001. *Using VIIRS to provide data continuity with MODIS*. Proceedings of IGARSS 2001 vol. 3: 1.212-1.214.
- Murphy RE. 2006. *The NPOESS Preaparatory Project*. In: Qu JJ, Gao W, Kafatos M, Murphy RE, Salomonson VV, eds. *Earth Science Satellite Remote Sensing Vol. 1*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag and Beijing: Tsinghua University Press. 182-198.
- Pahl C, Bošković M, Barrett R, Hasselbring W. 2009. *Quality-Aware Model-Driven Service Engineering*. In: Rech J and Bunse C, ed. *Model-Driven Software Development: Integrating Quality Assurance*. New York: Information Science Reference.
- Parker S. 2011. *Shell Scripting: Expert Recipes for Linux, Bash, and More*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Schueler CF, Barnes WL. 1998. *Next-generation MODIS for polar operational environmental satellites*. *Journal of Atmosphere and Ocean Technology* vol. 15 issue 2: 430-439.
- Schueler CF, Clement JE, Ardanuy P, Welsch C, DeLuccia F, Swenson H. 2001. *NPOESS VIIRS sensor design overview*. Proceedings of Earth Observing System VI, SPIE 4483 vol. 11, doi:10.1117/12.453451.
- Shoots Jr WE. 2012. *The Linux® Command Line: A Complete Introduction*. California: No Starch Press.
- Snodgrass R. 1987. *The temporal query language TQel*. *ACM Transactions on Database System (TODS)* vol. 12 issue 2: 247-298.
- Space Science and Engineering Center (SSEC). 2013. *Installation Instructions for the Community Satellite Processing Package (CSPP)/International MODIS/AIRS Processing Package (IMAPP) VIIRS and MODIS Reprojection Polar2grid Software*. Madison: University of Wisconsin.