

SISTEM PENGOLAHAN DATA SATELIT SERI NOAA JPSS UNTUK PRODUKSI INFORMASI TITIK PANAS SECARA OTOMATIS

(AUTOMATIC NOAA JPSS SATELLITE SERIES DATA PROCESSING SYSTEM TO PRODUCE ACTIVE FIRES INFORMATION)

Budhi Gustiandi^{1,a}, Donna Monica^{1,a}, Andy Indradjad^{1,a}

¹Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

^aKontributor Utama

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

Diterima 6 Januari 2020; Direvisi 7 Juni 2020; Disetujui 15 Juli 2020

ABSTRACT

Accurate and real-time information on forest and land fires is needed to understand the dynamics of land use and cover changes and support environmental programs. Forest and land fire indicator products generated from remote sensing satellite data are commonly referred to as active fires. Previously, Suomi-NPP's remote sensing data processing system was built to produce hot spot information products automatically. Then at the end of 2017, the first series of the Joint Polar Satellite System (JPSS-1) satellite was launched, which was later renamed the 20th National Oceanic and Atmospheric Administration satellite (NOAA-20). Looking at this change, it is necessary to develop a new remote sensing data processing system that can accommodate the need for hotspot information availability from JPSS-1 / NOAA-20 satellite remote sensing data. In this paper, JPSS-1 / NOAA-20 satellite remote sensing data processing system is developed to generate hotspots information automatically. The processing system developed is modular with three main modules, each of them process the JPSS-1 / NOAA-20 data at each level and then integrated into one JPSS-1 / NOAA-20 satellite remote sensing data processing system that is capable of producing hotspots information automatically.

Keywords: *active fires, hot spots, remote sensing, Suomi-NPP, JPSS-1, NOAA-20*

ABSTRAK

Informasi mengenai kebakaran hutan dan lahan yang akurat dan *real-time* sangat diperlukan untuk memahami dinamika perubahan penggunaan dan tutupan lahan serta mendukung program-program lingkungan. Produk indikator kebakaran hutan dan lahan yang dihasilkan dari data satelit penginderaan jauh lazim disebut sebagai *active fires* atau titik panas. Sebelumnya, telah dibangun sistem pengolahan data penginderaan jauh Suomi-NPP untuk menghasilkan produk informasi titik panas secara otomatis. Kemudian pada akhir tahun 2017, diluncurkan satelit *Joint Polar Satellite System* seri pertama (JPSS-1) yang kemudian berganti nama menjadi satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* seri ke-20 (NOAA-20). Memandang perubahan ini, maka perlu dikembangkan sistem pengolahan data penginderaan jauh baru yang dapat mengakomodir kebutuhan ketersediaan informasi titik panas dari data penginderaan jauh satelit JPSS-1 / NOAA-20. Pada makalah ini dikembangkan sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit JPSS-1 / NOAA-20 untuk menghasilkan informasi titik panas secara otomatis. Sistem pengolahan yang dikembangkan ini bersifat modular dengan tiga modul utama yang masing-masing mengolah data JPSS-1 / NOAA-20 di masing-masing level dan kemudian diintegrasikan menjadi satu sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit JPSS-1 / NOAA-20 yang mampu menghasilkan informasi titik panas secara otomatis.

Kata kunci: *titik panas, penginderaan jauh, Suomi-NPP, JPSS-1, NOAA-20*

1 PENDAHULUAN

Sejumlah pemodelan iklim mengestimasi bahwa pemanasan iklim global berperan dalam peningkatan angka kebakaran hutan dan lahan di berbagai belahan dunia (Abatzoglou & Williams, 2016; Malevskii-Malevich *et al.*, 2007; Marlon *et al.*, 2012; Mokhov *et al.*, 2006; Shvidenko & Schepaschenko, 2013; Westerling *et al.*, 2006). Kebakaran hutan dan lahan ini mengakibatkan dampak buruk yang signifikan terhadap daratan dan atmosfer secara global (Shvidenko *et al.*, 2011). Keragaman hayati dan kestabilan ekosistem di daratan terganggu (Van der Werf *et al.*, 2010), sementara pada atmosfer terjadi peningkatan karbon dioksida dan materi partikulat yang dapat merusak komposisi kimia di lapisan troposfer (Andreae & Merlet, 2001; Bondur *et al.*, 2017; Crutzen & Andreae, 1990; Sitnov & Mokhov, 2017; Yen *et al.*, 2013). Oleh karena itu, informasi mengenai kebakaran hutan dan lahan yang akurat dan *real-time* (Lee *et al.*, 2002) sangat diperlukan untuk memahami dinamika perubahan penggunaan dan tutupan lahan serta mendukung program-program lingkungan (Van der Werf *et al.*, 2003). Tidak hanya itu, informasi kebakaran hutan dan lahan pun dapat digunakan dalam pemodelan estimasi biomassa (Freitas *et al.*, 2005; Korontzi *et al.*, 2004).

Sejak dahulu, pemantauan dan pengelolaan informasi kebakaran hutan dan lahan telah menarik perhatian komunitas penginderaan jauh (Cahoon Jr. *et al.*, 1994; Green, 1996; Nakayama, *et al.*, 1999; White *et al.*, 1996). Berbagai instrumen pada satelit telah membantu memperluas wawasan mengenai proses-proses yang berkaitan dengan dinamika kebakaran hutan dan lahan pada berbagai skala (Bucini & Lambin, 2002; Carmona-Moreno *et al.*, 2005; Di Bella *et al.*, 2006; Giglio *et al.*, 2000; Kaufman, *et al.*, 1989; Menzel *et al.*, 1991). Penggunaan data satelit dipertimbangkan sebagai cara yang paling efektif untuk menilai aktivitas kebakaran tersebut pada cakupan spasial yang luas (Dwyer *et al.*, 2000; Giglio *et al.*, 2006) dan dengan waktu yang relatif cepat (Arino *et al.*, 2005). Namun demikian, kualitas informasi yang dihasilkan tetap bergantung pada resolusi temporal, cakupan spasial, algoritma yang digunakan (Elvidge *et al.*, 1995; Morissette *et al.*, 2005), karakteristik spektral instrumen (Fuller & Fulk, 2010; Schroeder *et al.*, 2005), dan karakteristik pencitra seperti ukuran piksel dan geometri pengamatan (Boles & Verbyla, 1999).

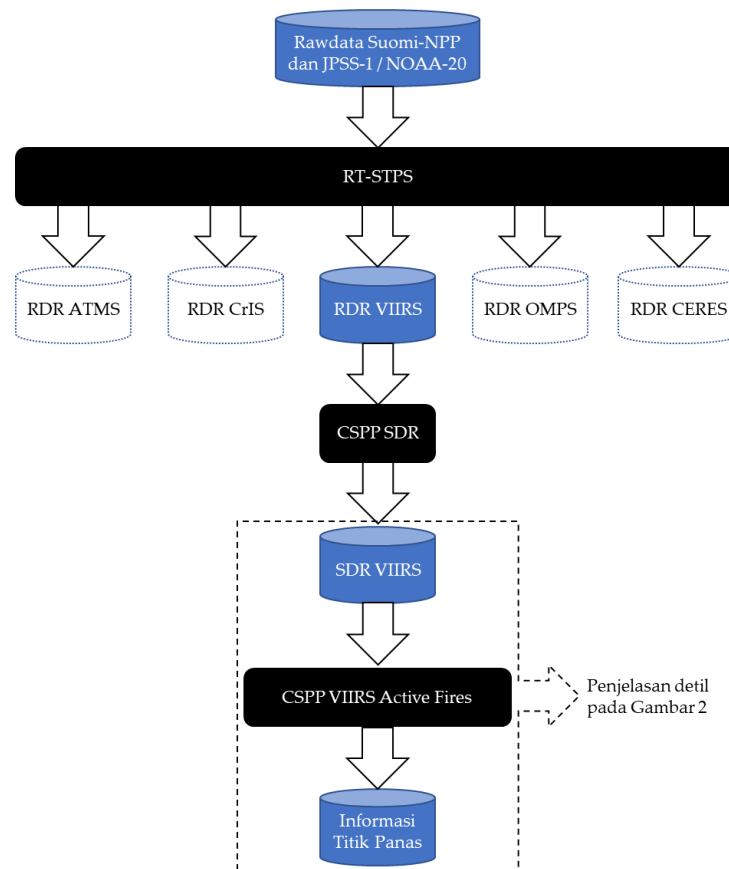
Produk indikator kebakaran hutan dan lahan yang dihasilkan dari data satelit penginderaan jauh lazim disebut sebagai *active fires* atau titik panas (Csiszar & Schroeder, 2008; Portillo-Quintero *et al.*, 2013; Randriambelo *et*

al., 1998). Salah satu satelit yang datanya dapat diolah untuk menghasilkan informasi titik panas adalah *Suomi National Polar-orbiting Partnership* (Suomi-NPP) yang diluncurkan pada Oktober 2011 (Lulla et al., 2013). Di tahun 2013, telah dibangun sistem pengolahan data penginderaan jauh Suomi-NPP untuk menghasilkan produk informasi titik panas secara otomatis (Gustiandi, 2014; Gustiandi & Indradjad, 2013). Sistem tersebut telah beroperasi dengan baik dan menjadi rujukan informasi indikator kejadian kebakaran hutan dan lahan pada skala nasional. Namun, akan ada saatnya satelit Suomi-NPP yang telah mengorbit lebih dari 8 tahun ini berhenti beroperasi.

Untuk menjamin kontinuitas ketersediaan data, pada akhir tahun 2017 diluncurkan satelit *Joint Polar Satellite System* seri pertama (JPSS-1), yang kemudian berganti nama menjadi satelit *National Oceanic and Atmospheric*

Administration seri ke-20 (NOAA-20) (Goldberg, 2018; Goldberg & Zhou, 2017). Satelit ini merupakan kelanjutan dari Suomi-NPP sehingga memiliki instrumen yang identik (Goldberg & Cikanek, 2016) dan data yang dihasilkan pun dapat diolah menjadi informasi titik panas (Zhou et al., 2016). Memandang perubahan ini, maka perlu dikembangkan sistem pengolahan data penginderaan jauh baru yang dapat mengakomodir kebutuhan ketersediaan informasi titik panas dari data penginderaan jauh satelit JPSS-1 / NOAA-20.

Dalam makalah ini dikembangkan sistem otomatis pengolahan data penginderaan jauh satelit JPSS-1 / NOAA-20 untuk menghasilkan informasi titik panas secara *near real-time*. Diharapkan bahwa hasil dari pengembangan ini dapat terus menjaga ketersediaan informasi titik panas secara nasional.



Gambar 2-1: Diagram Alir Sistem Pengolahan Data Penginderaan Jauh Satelit Seri NOAA JPSS Untuk Menghasilkan Produk Informasi Titik Panas (SSEC, 2019a; SSEC, 2019b)

2 METODOLOGI

Secara umum, desain sistem pengolahan yang akan dikembangkan memiliki diagram alir pengolahan yang diperlihatkan pada Gambar 2-1. Data yang menjadi masukan ke dalam sistem adalah data penginderaan jauh satelit JPSS-1 / NOAA-20 dalam level *rawdata*. Data ini diperoleh secara langsung (*direct receive*) oleh stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN yang berada di Parepare, Sulawesi Selatan dan Bogor, Jawa Barat. Namun, dapat juga menggunakan data arsip yang sudah berada di dalam sistem penyimpanan saat ini sehingga data satelit JPSS-1 / NOAA-20 yang sudah diakuisisi sejak awal tahun 2018 dapat diolah dengan menggunakan sistem yang dikembangkan.

Perangkat-perangkat lunak yang digunakan di dalam sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit-satelit seri NOAA JPSS yang dikembangkan dijelaskan lebih detil lagi pada bagian di bawah ini.

2.1 Real-Time Software Telemetry Processing System (RT-STPS)

Perangkat lunak RT-STPS dibuat dan dikembangkan oleh *Direct Readout Laboratory* (DRL) di *Goddard Space Flight Center* (GSFC) *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak pengolahan yang dapat membaca aliran data satelit dalam level raw keluaran dari sistem penerima data satelit dalam mode *direct receive* secara kontinyu (DRL, 2017; Wolfe, 2012). Perangkat lunak RT-STPS dapat mengenali jenis satelit mana yang datanya akan diolah melalui berkas konfigurasi, termasuk satelit-satelit seri NOAA JPSS. Perangkat lunak tersebut dapat bekerja secara *real-time* untuk mengubah data satelit dari level *raw* ke level 0 *Earth Observing Satellite* (EOS) dalam format *Production Data Set* (PDS). Terdapat beberapa langkah yang dilakukan oleh perangkat lunak RT-STPS dalam melakukan pengolahan tersebut, yaitu sinkronisasi *frame* (*frame synchronization*), dekoding *Pseudo-Noise* (PN), dekoding *Reed-Solomon* (RS), pengolahan paket *Consultative*

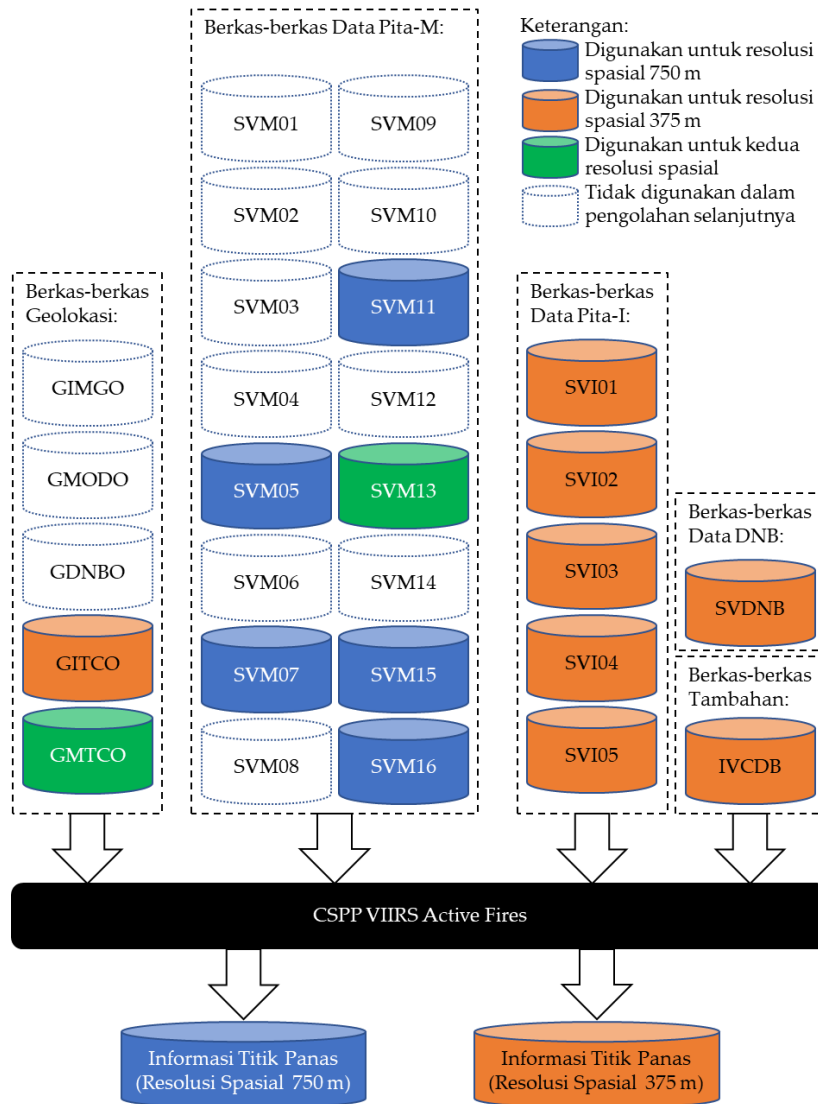
Committee for Space Data Systems (CCSDS) dan *Virtual Channel Data Units* (VCDUs), pengurutan waktu, memisahkan aliran-aliran data sensor ke berkas-berkas yang berbeda, dan menulis ke soket tertentu (misalnya untuk pembacaan di perangkat lunak *Simulcast* yang dapat digunakan untuk memonitor secara *real-time* data satelit yang sedang diakuisisi melalui tampilan *quicklook*).

Pada sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit-satelit seri NOAA JPSS yang dikembangkan, perangkat lunak RT-STPS digunakan untuk mengolah data satelit-satelit tersebut dari level *rawdata* menjadi level RDR. Versi perangkat lunak RT-STPS yang digunakan di dalam kegiatan pengembangan adalah versi 6.0.

2.2 Community Satellite Processing Package (CSPP) Science Data Records (SDR)

Perangkat lunak *Community Satellite Processing Package* (CSPP) dikembangkan oleh *Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies* (CIMSS) di *Space Science and Engineering Center* (SSEC) *University of Wisconsin* untuk mendukung komunitas-komunitas *Direct Broadcast* (DB) dalam mengolah berbagai data satelit (Gumley, 2017). CIMSS memiliki sejarah yang panjang dalam mendukung komunitas-komunitas tersebut untuk mengolah data satelit-satelit *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) *Earth Observing Satellite* (EOS) Terra dan Aqua yang merupakan satelit-satelit pendahulu dari satelit-satelit seri NOAA JPSS.

Perangkat lunak CSPP merupakan seri perangkat lunak berbasis sistem operasi UNIX 64-bit (seperti sistem operasi CentOS yang digunakan di dalam desain sistem) yang didistribusikan secara bebas (*open source*). Salah satu seri dari perangkat lunak CSPP adalah *CSPP Science Data Records* (SDRs) yang digunakan untuk mengolah data satelit-satelit seri NOAA JPSS dari level RDR keluaran perangkat lunak RT-STPS yang dijelaskan pada bagian sebelumnya menjadi level SDR (SSEC, 2019a).



Gambar 2-2: Diagram alir produksi titik-titik api dari pengolahan data dari level SDR Oleh perangkat lunak CSPP VIIRS Active Fires (SSEC, 2019b)

2.3 CSPP VIIRS Active Fires

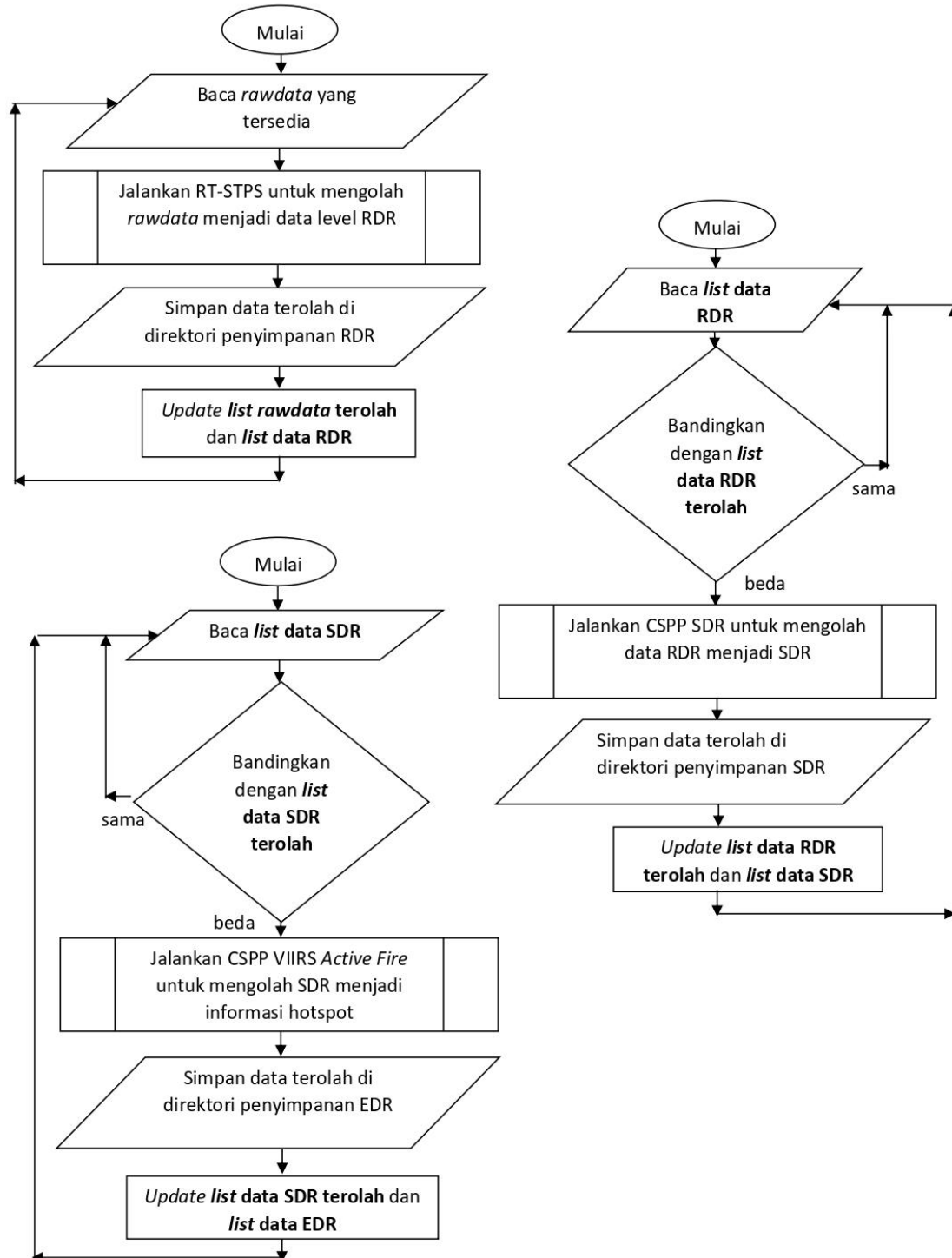
CSPP VIIRS *Active Fires* merupakan salah satu perangkat lunak seri CSPP lainnya yang digunakan di dalam sistem pengolahan data penginderaan jauh instrumen *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) satelit-satelit seri NOAA JPSS yang dikembangkan. Perangkat lunak ini digunakan untuk mengolah data dari level SDR yang merupakan keluaran dari pengolahan perangkat lunak CSPP SDR menjadi produk titik-titik panas (*hot spots*) (SSEC, 2019b). Algoritma yang digunakan untuk menghasilkan produk tersebut adalah algoritma ambang tetap (*fixed threshold*) yang dijelaskan lebih detail pada dokumen *Algorithm*

Theoretical Basis Document (ATBD) (Schroeder & Giglio, 2016).

CSPP VIIRS *Active Fires* akan menghasilkan produk-produk titik panas dengan dua jenis resolusi spasial, 750 m dan 375 m. Untuk titik-titik panas dengan resolusi spasial 750 m, data dalam level SDR yang menjadi masukannya adalah berkas SDR untuk pita-M (SVM*.h5) serta berkas geolokasi terkoreksi terrain pita-M (GMTCO*.h5). Adapun untuk titik-titik panas dengan resolusi spasial 375 m, data dalam level SDR yang menjadi masukannya adalah berkas SDR VIIRS untuk pita-I (SVI*.h5) serta berkas geolokasi terkoreksi terrain pita-I (GITCO*.h5) dan pita-M (GMTCO*.h5). Selain itu, khusus untuk menghasilkan titik-titik panas dengan

resolusi spasial 375 m, diperlukan satu berkas lagi yaitu *VIIRS Calibrated Dual-Gain Band (IVCDB*.h5)*. Diagram alir pengolahan data dari level SDR untuk menghasilkan produk titik-titik panas diperlihatkan pada Gambar 2-2. Versi

perangkat lunak CSPP *VIIRS Active Fires* yang digunakan di dalam sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit seri NOAA JPSS yang dikembangkan adalah versi 1.1.0.



Gambar 2-3: Diagram alir otomatisasi sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit seri NOAA JPSS untuk menghasilkan produk informasi titik panas

2.4 Modul Otomatisasi

Modul otomatisasi diterapkan agar sistem pengolahan dapat menghasilkan produk yang diinginkan secara *near real-time*. Modul tersebut menggantikan peranan operator dalam menjalankan sistem setiap kali ada data baru yang harus diolah atau data lama yang belum diolah. Diagram alir otomatisasi diperlihatkan pada Gambar 2-3. Perangkat lunak RT-STPS digunakan untuk mengolah *rawdata* menjadi data level RDR, CSPP SDR digunakan untuk mengolah data level RDR menjadi level SDR, dan CSPP *Active Fires* digunakan untuk mengolah data level SDR menjadi data level EDR yang memuat informasi titik panas. Ketiga proses modular ini diintegrasikan menjadi satu sistem pengolahan otomatis berbasis Bash pada Linux.

Proses otomatisasi dimulai dengan membaca berkas *rawdata* yang tersedia di direktori penyimpanan *rawdata*. Kemudian, data yang tersedia tersebut akan diolah menggunakan perangkat lunak RT-STPS, menghasilkan data level RDR yang secara otomatis akan tersimpan di direktori penyimpanan RDR. Sistem juga akan memperbaharui list *rawdata* terolah dan list data RDR sesuai dengan data yang telah diolah.

Sistem akan membaca berkas RDR yang tersedia di direktori penyimpanan RDR tersebut. Data RDR yang tersedia dibandingkan dengan list RDR terolah. Apabila data RDR tersedia telah terdapat di dalam list RDR terolah, maka sistem akan kembali mencari data lain yang tersedia di dalam sistem penyimpanan. Apabila data RDR yang tersedia belum terdapat di dalam list RDR terolah, maka sistem dijalankan untuk mengolah data RDR tersebut menggunakan perangkat lunak CSPP SDR yang menghasilkan data level SDR. Kemudian, sistem akan memperbaharui list data RDR terolah dan list data SDR sesuai dengan data yang baru diolah.

Dengan prosedur yang serupa, sistem akan mengolah data SDR yang ada menjadi data level EDR yang memuat informasi lokasi titik panas. Sistem akan membaca berkas SDR yang

tersedia di direktori penyimpanan SDR, kemudian dibandingkan dengan list SDR terolah. Apabila data SDR tersedia telah terdapat di dalam list SDR terolah, maka sistem akan kembali mencari data lain yang tersedia di dalam sistem penyimpanan. Apabila belum, maka sistem dijalankan untuk mengolah data SDR tersebut menggunakan perangkat lunak CSPP *Active Fires* yang menghasilkan data level EDR yang memuat informasi titik panas. Sistem akan memperbaharui list data SDR terolah dan list data EDR sesuai dengan data yang baru diolah, dan proses otomatisasi akan diulang lagi dari awal pembacaan data yang tersedia di dalam sistem penyimpanan dan seterusnya.

3 HASIL PEMBAHASAN

Sistem pengolahan yang dikembangkan menghasilkan informasi titik-titik yang diindikasikan sebagai titik panas, dimana pada masing-masing titik termuat informasi *latitude*, *longitude*, *brightness temperature*, *along-scan resolution*, *along-track resolution*, *confidence level*, dan *radiative power*. Sistem menghasilkan dua jenis produk informasi titik api, yaitu produk dengan resolusi spasial 750 m dan resolusi spasial 375 m. Komparasi kedua produk tersebut ditampilkan pada Gambar 3-1. Terlihat bahwa pada tanggal dan jam akuisisi yang sama yaitu 13 Januari 2020 pukul 12.38 WIB, produk 375 m mendeteksi sebanyak 158 titik api, sementara produk 750 m mendeteksi 34 titik api.

Terkait tingkat keyakinan deteksi (*detection confidence*), pada sampel data di atas terlihat bahwa tingkat keyakinan deteksi untuk data 750 m dinyatakan dalam persen dengan rentang kisaran 65% sampai 100%; sementara untuk data 375 m tingkat keyakinan deteksi dinyatakan dalam salah satu dari tiga angka, yaitu 7 untuk menyatakan tingkat keyakinan deteksi rendah, 8 untuk menyatakan tingkat keyakinan deteksi sedang, dan 9 untuk menyatakan tingkat keyakinan deteksi tinggi.

```
# Active Fires I-band EDR
#
# source: AFIMG_j01_d20200113_t0538263_e0539490_b11150_c20200624104809209998_cspp_dev.nc
# version: CSPP Active Fires version: cspp-active-fire-noaa_1.1.0
#
# column 1: latitude of fire pixel (degrees)
# column 2: longitude of fire pixel (degrees)
# column 3: I04 brightness temperature of fire pixel (K)
# column 4: Along-scan fire pixel resolution (km)
# column 5: Along-track fire pixel resolution (km)
# column 6: detection confidence ([7,8,9]->[lo,med,hi])
# column 7: fire radiative power (MW)
#
# number of fire pixels: 158
#
13.51237202, 102.58560944, 367.00000000, 0.375, 0.375, 9, 12.45865345
14.03570366, 105.13140869, 333.37869263, 0.375, 0.375, 8, 4.59686995
13.99216843, 104.91383362, 336.13031006, 0.375, 0.375, 8, 3.69015718
13.95344162, 104.72122192, 342.73034668, 0.375, 0.375, 8, 4.91509485
13.50915241, 102.57038879, 332.17028809, 0.375, 0.375, 8, 7.80680656
13.91507530, 104.50293732, 339.76760864, 0.375, 0.375, 8, 2.96446872
13.86398983, 104.22225189, 367.00000000, 0.375, 0.375, 9, 17.54908752
13.56901932, 102.79317474, 367.00000000, 0.375, 0.375, 9, 7.90329313
14.05703068, 105.18344879, 333.44177246, 0.375, 0.375, 8, 2.24756956
13.96575928, 104.72628784, 337.19552612, 0.375, 0.375, 8, 5.04815149

# Active Fires M-band EDR
#
# source: AFMOD_j01_d20200113_t0538263_e0539490_b11150_c20200624100913986743_cspp_dev.nc
# version: CSPP Active Fires version: cspp-active-fire-noaa_1.1.0
#
# column 1: latitude of fire pixel (degrees)
# column 2: longitude of fire pixel (degrees)
# column 3: M13 brightness temperature of fire pixel (K)
# column 4: Along-scan fire pixel resolution (km)
# column 5: Along-track fire pixel resolution (km)
# column 6: detection confidence (%)
# column 7: fire radiative power (MW)
#
# number of fire pixels: 34
#
13.96810818, 104.72392273, 313.36566162, 0.750, 0.750, 64, 9.88693047
13.91306400, 104.45032501, 315.17855835, 0.750, 0.750, 71, 10.32211494
13.88842773, 104.32842255, 317.10876465, 0.750, 0.750, 73, 12.05699348
13.86639881, 104.21971893, 320.80715942, 0.750, 0.750, 77, 17.45603561
14.02704811, 104.96310425, 314.04321289, 0.750, 0.750, 70, 10.86626625
14.02567959, 104.95619202, 320.28921509, 0.750, 0.750, 77, 16.66097641
13.93173790, 104.48596191, 328.39678955, 0.750, 0.750, 84, 28.15806770
14.01406193, 104.84147644, 311.67950439, 0.750, 0.750, 48, 7.39825821
14.01264954, 104.83438873, 338.26855469, 0.750, 0.750, 90, 41.42749023
14.01124763, 104.82730865, 312.81463623, 0.750, 0.750, 59, 8.46996498
```

Gambar 3-1: Sampel-sampel produk keluaran sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit seri NOAA JPSS untuk menghasilkan produk informasi titik panas untuk tanggal akuisisi 1 Januari 2020

Produk-produk keluaran yang dihasilkan sistem mengikuti konvensi penamaan tertentu dengan penjelasan sebagai berikut:

XXXXXX XXX dYYYYMMDD tHHMMSSS
 eHHMMSSS b##### cYYYYMMDDHHM
 MSSSSSSS cspp_dev.nc atau
 XXXXX XXX dYYYYMMDD tHHMMSSS

eHHMMSSS b##### cYYYYMMDDHHM
 MSSSSSSS cspp_dev.txt

Keterangan:

■ Jenis produk yang dihasilkan (AFMOD untuk resolusi spasial 750 m atau AFIMG untuk resolusi spasial 375 m)

	Nama satelit (npp untuk Suomi-NPP atau j01 untuk JPSS-1 / NOAA-20)
	Waktu akuisisi
	Bilangan orbit
	Waktu dihasilkannya produk
	Menandakan bahwa produk tersebut dihasilkan dengan menggunakan perangkat lunak dari seri perangkat lunak CSPP

Konvensi penamaan dan format berkas-berkas yang dihasilkan oleh sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan dalam dokumen *JPSS Common Data Format Control Book (CDFCB) – External Volume I – Overview* (Raytheon, 2015). Dengan terpenuhinya persyaratan tersebut, maka produk-produk keluaran yang dihasilkan telah mendukung interoperabilitas dengan sistem-sistem pengolahan di dunia internasional yang menghasilkan produk serupa (titik panas) sehingga dapat dimanfaatkan tidak hanya dalam skala nasional tetapi juga dalam skala regional. Hal ini dikarenakan cakupan data penginderaan jauh satelit NOAA JPSS yang diakuisisi melalui stasiun bumi meliputi tidak hanya wilayah Indonesia saja tetapi beberapa negara tetangga di sekitarnya, seperti Malaysia, Singapura, Brunei Darussalam, Filipina, Timor Timur, dan sebagian wilayah Australia.

Berkas keluaran sistem dalam format NetCDF4 (.nc) memiliki volume yang lebih besar yaitu 200-500 KB, dibanding dengan berkas keluaran sistem dalam format teks (.txt) yaitu 2-20 KB. Hal ini dikarenakan di dalam format NetCDF, berkas tidak hanya berisi informasi utama mengenai titik panas saja tetapi termasuk data pendukung yang diperlukan untuk menurunkan informasi titik panas tersebut. Sedangkan di dalam format teks, berkas hanya berisi informasi utama mengenai titik panas yang paling banyak dibutuhkan oleh para penggunanya, yaitu, lokasi (dalam lintang dan bujur), temperatur kecerahan (dalam K), resolusi spasial (dalam km), tingkat keyakinan deteksi (dalam %), dan daya radiatif panas (dalam MW). Selain itu, berkas dalam format NetCDF4 tidak hanya mencakup piksel-piksel yang

mengandung informasi titik panas saja, tetapi keseluruhan piksel yang tercakup dalam data dalam format SDR yang menjadi masukan ke dalam sistem.

4 KESIMPULAN

Sistem pengolahan data penginderaan jauh satelit Suomi-NPP untuk menghasilkan produk informasi titik panas telah berhasil dikembangkan dengan menambahkan kemampuan untuk mengolah data penginderaan jauh satelit JPSS-1 / NOAA-20 untuk menghasilkan produk serupa. Sistem ini mampu menghasilkan informasi titik panas secara *near real-time* dan otomatis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh (Pustekdata) LAPAN dan kegiatan INSINAS Kemenristekdikti dengan judul kegiatan “Pengembangan Model Ekstraksi Parameter Geo-Bio-Fisik Dari Data Penginderaan Jauh Untuk Mendukung Peringatan Dini Kebakaran Hutan di Indonesia.”

DAFTAR RUJUKAN

- Abatzoglou, J. T., & Williams, A. P. 2016. *Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 113(42), 11770–11775.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1607171113>
- Andreae, M. O., & Merlet, P. 2001). *Emission of trace gases and aerosols from biomass burning*. Global Biogeochemical Cycles, 15(4), 955–966.
- Arino, O., Plummer, S., & Defrenne, D. 2005. *Fire Disturbance: The Ten Years Time Series of the ATSR World Fire Atlas*. In H. Lacoste (Ed.), Proceedings of the MERIS (A)ATSR Workshop. Frascati, Italy: European Space Agency (ESA).
- Boles, S. H., & Verbyla, D. L. 1999. *Effect of scan angle on AVHRR fire*

- detection accuracy in interior Alaska. *International Journal of Remote Sensing*, 20(17), 3437–3443. <https://doi.org/10.1080/014311699211471>
- Bondur, V. G., Gordo, K. A., & Kladov, V. L. 2017. *Spacetime Distributions of Wildfire Areas and Emissions of Carbon-Containing Gases and Aerosols in Northern Eurasia according to Satellite-Monitoring Data*. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 53(9), 859–874. <https://doi.org/10.1134/S0001433817090055>
- Bucini, G., & Lambin, E. 2002. *Fire impacts on vegetation in Central Africa: a remote-sensing-based statistical analysis*. *Applied Geography*, 22(1), 27–48. [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(01\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(01)00020-0)
- Cahoon Jr., D. R., Stocks, B. J., Levine, J. S., Cofer III, W. R., & Pierson, J. M. 1994. *Satellite analysis of the severe 1987 forest fires in northern China and southeastern Siberia*. *Journal of Geophysical Research*, 99(D9), 18,627–18,638.
- Carmona-Moreno, C., Belward, A., Malingreau, J.-P., Hartley, A., Garcia-Alegre, M., Antonovskiy, M., ... Pivovarov, V. 2005. *Characterizing interannual variations in global fire calendar using data from Earth observing satellites*. *Global Change Biology*, 11, 1537–1555. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001003.x>
- Crutzen, P. J., & Andreae, M. O. 1990. *Biomass Burning in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles*. *Science*, 250(4988), 1669–1678. <https://doi.org/10.1126/science.250.4988.1669>
- Csiszar, I. A., & Schroeder, W. 2008. *Short-Term Observations of the Temporal Development of Active Fires From Consecutive Same-Day ETM+ and ASTER Imagery in the Amazon: Implications for Active Fire Product Validation*. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1(4), 248–253. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2008.2011377>
- Di Bella, C. M., Jobbagy, E. G., Paruelo, J. M., & Pinnock, S. 2006. *Continental fire density patterns in South America*. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 192–199. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822x.2006.00225.x>
- DRL, D. R. L. 2017. *Real-time Software Telemetry Processing System (RT-STPS) User's Guide Version 6.0*. Greenbelt, Maryland: Goddard Space Flight Center (GSFC). Retrieved from <https://directreadout.sci.gsfc.nasa.gov/>
- Dwyer, E., Pinnock, S., Gregoire, J.-M., & Pereira, J. M. C. 2000. *Global spatial and temporal distribution of vegetation fire as determined from satellite observations*. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6–7), 1289–1302. <https://doi.org/10.1080/014311600210182>
- Elvidge, C. D., Kroehl, H. W., Baugh, K. E., & Hao, W. M. 1995. *Algorithm for the Retrieval of Fire Pixels From DMSP Operational Linescan System Data*. Retrieved from <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a350587.pdf>
- Freitas, S. R., Longo, K. M., Dias, M. A. F. S., Dias, P. L. S., Chatfield, R., Prins, E., ... Recuero, F. S. 2005. *Monitoring the Transport of Biomass Burning Emissions in South America*. *Environmental Fluid Mechanics*, 5(1–2), 135–167.
- Fuller, D. O., & Fulk, M. 2010. *Comparison of NOAA-AVHRR and DMSP-OLS for operational fire monitoring in Kalimantan, Indonesia*. *International Journal of Remote Sensing*, 21(1), 181–187. <https://doi.org/10.1080/014311600211073>
- Giglio, L., Kendall, J. D., & Tucker, C. J. 2000. *Remote sensing of fires with the TRMM VIRS*. *International Journal of Remote Sensing*, 21(1), 203–207. <https://doi.org/10.1080/014311600211109>
- Giglio, Louis, Csiszar, I., & Justice, C. O. 2006. *Global distribution and seasonality of active fires as observed with the Terra and Aqua Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensors*. *Journal of Geophysical Research*, 111, G02016.

- <https://doi.org/10.1029/2005JG000142>
- Goldberg, M. 2018. *The Joint Polar Satellite System Overview*. In IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (pp. 1581–1584). Valencia, Spain: IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2018.8518787>
- Goldberg, M. D., & Cikaneck, H. A. 2016. *The NOAA JPSS Satellite Program and Applications*. In IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (pp. 5524–5527). Beijing, China: IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2016.7730441>
- Goldberg, M., & Zhou, L. 2017. *The Joint Polar Satellite System - Overview, Instruments, Proving Ground and Risk Reduction Activities*. In IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (pp. 2776–2778). Fort Worth, Texas: IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2017.8127573>
- Green, R. O. 1996. *Estimation of Biomass Fire Temperature and Areal Extent from Calibrated AVIRIS Spectra*. In AVIRIS Proceedings 1996 (JPL Publication 96-4) (pp. 105–113). Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory (JPL). Retrieved from https://aviris.jpl.nasa.gov/proceedings/workshops/96_docs/16.PDF
- Gumley, L. 2017. *Community Satellite Processing Package (CSPP): Current Status and Support for JPSS-1*. Madison, Wisconsin. Retrieved from https://www.ssec.wisc.edu/meetings/cspp/2017/presentations/day2/3_Gumley_CSPP_UsersGroup_2017.pdf
- Gustiandi, B. 2014. *Otomatisasi Sistem Pengolahan Data Satelit Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) Untuk Produksi Indikator Kebakaran Hutan/Lahan*. In Prosiding Seminar Tanggap Bencana (SIGAP) (pp. 26–38). Semarang, Indonesia: Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Gustiandi, B., & Indradjad, A. 2013. *Visible Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS) Active Fires Application Related Products (AFARP) Generation Using Community Satellite Processing Package (CSPP) Software*. In Proceedings of The 34th Asian Conference on Remote Sensing (pp. SC02-893-SC02-900). Bali, Indonesia: Indonesian Remote Sensing Society and Asian Association on Remote Sensing.
- Kaufman, Y. J., Tucker, C. J., & Fung, I. Y. 1989. *Remote sensing of biomass burning in the tropics*. *Advances in Space Research*, 9(7), 265–268. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(89\)90173-7](https://doi.org/10.1016/0273-1177(89)90173-7)
- Korontzi, S., Roy, D. P., Justice, C. O., & Ward, D. E. 2004. *Modeling and sensitivity analysis of fire emissions in southern Africa during SAFARI 2000*. *Remote Sensing of Environment*, 92(3), 376–396. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.06.023>
- Lee, B. S., Alexander, M. E., Hawkes, B. C., Lynham, T. J., Stocks, B. J., & Englefield, P. 2002. *Information systems in support of wildland fire management decision making in Canada*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37(1–3), 185–198. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00120-5)
- Lulla, K., Nellis, M. D., & Rundquist, B. 2013. *The Suomi National Polar-orbiting Partnership Satellite ushers in a new era of Earth observations and partnership*. *Geocarto International*, 28(2), 97–97. <https://doi.org/10.1080/10106049.2013.792556>
- Malevskii-Malevich, S. P., Mol'kentin, E. K., Nadezhina, E. D., Semioshina, A. A., Sall', I. A., Khlebnikova, E. I., & Shklyarevich, O. B. 2007. *Analysis of Changes in Fire-Hazard Conditions in the Forests in Russia in the 20th and 21st Centuries on the Basis of Climate Modeling*. *Russian Meteorology and Hydrology*, 32(3), 154–161.
- Marlon, J. R., Bartlein, P. J., Gavin, D. G., Long, C. J., Anderson, R. S., Briles, C. E., ... Walsh, M. K. 2012. *Long-term perspective on wildfires in the western USA*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(9), 3203–3204. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/41506925%0D>

- Menzel, W. P., Cutrim, E. C., & Prins, E. M. 1991. *Geostationary Satellite Estimation of Biomass Burning in Amazonia During BASE-A*. In J. S. Levine (Ed.), *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications* (pp. 41–46). Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.
- Mokhov, I. I., Chernokulsky, A. V., & Shkolnik, I. M. 2006. *Regional model assessments of fire risks under global climate changes*. *Doklady Earth Sciences*, 411(2), 1485–1488.
- Morisette, J. T., Giglio, L., Csiszar, I., Setzer, A., Schroeder, W., Morton, D., & Justice, C. O. 2005. *Validation of MODIS Active Fire Detection Products Derived from Two Algorithms*. *Earth Interactions*, 9(July), 9.1-9.25. <https://doi.org/10.1175/EI141.1>
- Nakayama, M., Maki, M., Elvidge, C. D., & Liew, S. C. 1999. *Contextual algorithm adapted for NOAA-AVHRR fire detection in Indonesia*. *International Journal of Remote Sensing*, 20(17), 3415–3421. <https://doi.org/10.1080/014311699211444>
- Portillo-Quintero, C., Sanchez-Azofeifa, A., & do Espirito-Santo, M. M. 2013. *Monitoring deforestation with MODIS Active Fires in Neotropical dry forests: An analysis of local-scale assessments in Mexico, Brazil and Bolivia*. *Journal of Arid Environments*, 97, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.06.002>
- Randriambelo, T., Baldy, S., Bessafi, M., Petit, M., & Despinoy, M. 1998. *An improved detection and characterization of active fires and smoke plumes in south-eastern Africa and Madagascar*. *International Journal of Remote Sensing*, 19(14), 2623–2638. <https://doi.org/10.1080/014311698214424>
- Raytheon. 2015. *Joint Polar Satellite System (JPSS) Common Data Format Control Book - External Volume I - Overview*. Greenbelt, Maryland: NASA, National Aeronautics and Space Administration. Retrieved from https://jointmission.gsfc.nasa.gov/sciencedocs/2015-06/474-00001-01_JPSS-CDFCB-X-Vol-I_0124D.pdf
- Schroeder, W., & Giglio, L. 2016. *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) 375 m Active Fire Detection and Characterization Algorithm Theoretical Basis Document 1.0*. College Park, Maryland: University of Maryland. Retrieved from https://viirsland.gsfc.nasa.gov/PDF/VIIRS_activefire_375m_ATBD.pdf
- Schroeder, W., Morisette, J. T., Csiszar, I., Giglio, L., Morton, D., & Justice, C. O. 2005. *Characterizing Vegetation Fire Dynamics in Brazil through Multisatellite Data: Common Trends and Practical Issues*. *Earth Interactions*, 9(July), 13.1-13.26. <https://doi.org/10.1175/EI120.1>
- Shvidenko, A. Z., & Schepaschenko, D. G. 2013. *Climate Change and Wildfires in Russia*. *Contemporary Problems of Ecology*, 6(7), 683–692. <https://doi.org/10.1134/S199542551307010X>
- Shvidenko, A. Z., Shchpashchenko, D. G., Vaganov, E. A., Sukhinin, A. I., Maksyutov, S. S., McCallum, I., & Lakyda, I. P. 2011. *Impact of Wildfire in Russia between 1998-2010 on Ecosystems and the Global Carbon Budget*. *Doklady Earth Sciences*, 441(Part 2), 1678–1682.
- Sitnov, S. A., & Mokhov, I. I. 2017. *Anomalous Transboundary Transport of the Products of Biomass Burning from North American Wildfires to Northern Eurasia*. *Doklady Earth Sciences*, 475(Part 1), 832–835. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17070261>
- SSEC, S. S. and E. C. 2019a. *Installation Instruction for the Community Satellite Processing Package (CSPP) VIIRS, ATMS, and CrIS SDR Version 3.1.2 Software for Suomi NPP and NOAA-20 (JPSS-1)*. Wisconsin, Madison: University of Wisconsin-Madison. Retrieved from ftp://ftp.ssec.wisc.edu/pub/CSPP/hidden/NPP/SDR/v3.1.2/CSPP_SDR_Installation_Guide_v3.1.2.pdf
- SSEC, S. S. and E. C. 2019b. *Installation Instruction for the Community Satellite Processing Package (CSPP) VIIRS Active Fire Software Version 1.1.0*. Retrieved from ftp://ftp.ssec.wisc.edu/pub/CSPP/hidden/FIRE/v1.1/CSPP_Active_Fire_Installation_Guide_v1.1.0.pdf

- van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Giglio, L., Collatz, G. J., Mu, M., Kasibhatla, P. S., ... van Leuwen, T. T. 2010. *Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009)*. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 11707–11735. <https://doi.org/10.5194/acp-10-11707-2010>
- van der Werf, Guido R., Randerson, J. T., Collatz, G. J., & Giglio, L. 2003. *Carbon emission from fires in tropical and subtropical ecosystems*. *Global Change Biology*, 9, 547–562.
- Westerling, A. L., Hidalgo, H. G., Cayan, D. R., & Swetnam, T. W. 2006. *Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity*. *Science*, 313(5789), 940–943. <https://doi.org/10.1126/science.1128834>
- White, J. D., Ryan, K. C., Key, C. C., & Running, S. W. 1996. *Remote Sensing of Forest Fire Severity and Vegetation Recovery*. *International Journal of Wildland Fire*, 6(3), 125–136.
- Wolfe, R. 2012. *RT-STPS*. Retrieved January 25, 2019, from <https://directreadout.sci.gsfc.nasa.gov/?id=dspContent&cid=69>
- Yen, M.-C., Peng, C.-M., Chen, T.-C., Chen, C.-S., Lin, N., Tzeng, R.-Y., ... Lin, C.-C. 2013. *Climate and weather characteristics in association with the active fires in northern Southeast Asia and spring air pollution in Taiwan during 2010 7-SEAS/Dongsha Experiment*. *Atmospheric Environment*, 78(October 2013), 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.015>
- Zhou, L., Divakarla, M., & Liu, X. 2016. *An Overview of the Joint Polar Satellite System (JPSS) Science Data Product Calibration and Validation*. *Remote Sensing*, 8, 139. <https://doi.org/10.3390/rs8020139>