

OTOMATISASI SISTEM PENGOLAHAN DATA SATELIT SUOMI NATIONAL POLAR-ORBITING PARTNERSHIP (NPP) UNTUK PRODUKSI INDIKATOR KEBAKARAN HUTAN/LAHAN

Budhi Gustiandi

Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh – Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Telepon: 085697323796

Email: budhi.gustiandi@lapan.go.id

ABSTRAK

Negara Kesatuan Republik Indonesia memiliki wilayah yang luas dengan kondisi geografis, geologis, hidrologis, dan demografis yang rawan terhadap terjadinya bencana, baik yang disebabkan oleh faktor alam, faktor nonalam maupun faktor manusia yang menyebabkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis dengan frekwensi yang cukup tinggi, sehingga memerlukan penanganan yang sistematis, terpadu, dan terkoordinasi. Deteksi dini kebakaran hutan/lahan melalui pemanfaatan data satelit penginderaan jauh merupakan salah satu komponen kunci penanggulangan bencana kebakaran hutan/lahan yang efektif. Stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN menerima data satelit Suomi NPP sejak bulan Mei 2012 dalam mode *Direct Broadcast (DB)*. Sebelumnya, data telah dapat diolah untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan namun pengerjaannya masih dilakukan secara manual. Sistem pengolahan data satelit Suomi NPP telah berhasil dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur otomatisasi untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan secara *near real time*. Otomatisasi yang dibuat memiliki dimensi-dimensi sebagai berikut: derajat otomatisasi bernilai 1 atau otomatis sepenuhnya, sehingga sudah tidak memerlukan lagi intervensi manusia dalam pengoperasiannya; tingkat otomatisasi sebesar A_5 atau memiliki fungsi paling tinggi yang dapat menggantikan atribut manusia dalam hal evaluasi; tingkat interaksi manusia yang rendah karena sistem sudah berjalan secara otonom. Penerapan otomatisasi tersebut memiliki efisiensi waktu pengerjaan pengolahan dibandingkan apabila dikerjakan secara manual adalah sebesar 2 menit 55 detik per akuisisi satu data satelit Suomi NPP.

Kata Kunci: otomatisasi, VIIRS, Suomi NPP, bencana, kebakaran hutan/lahan.

PENDAHULUAN

Negara Kesatuan Republik Indonesia memiliki wilayah yang luas dengan kondisi geografis, geologis, hidrologis, dan demografis yang rawan terhadap terjadinya bencana, baik yang disebabkan oleh faktor alam, faktor nonalam maupun faktor manusia yang menyebabkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis dengan frekwensi yang cukup tinggi, sehingga memerlukan penanganan yang sistematis, terpadu, dan terkoordinasi (UU No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana). Berdasarkan penyebabnya, bencana dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) jenis, yaitu bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial.

Kebakaran hutan/lahan merupakan sebuah bencana unik yang berpotensi mengancam keberlangsungan pembangunan nasional karena mempengaruhi ekosistem secara langsung, berkontribusi pada emisi karbon, dan akibat-akibatnya pada keanekaragaman hayati dalam hal fisik, biologis, ekologis, dan lingkungan. Kebakaran hutan/lahan merupakan penghasil CO_2 di dunia selain aktifitas industri dan penggunaan sumberdaya minyak bumi. Studi mengenai polusi udara dan perubahan iklim telah menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CO_2 pada atmosfer bumi menyebabkan efek rumah kaca yang kemudian mempengaruhi perubahan iklim global.

Materi-materi organik yang dibutuhkan untuk mempertahankan tingkat humus di dalam tanah yang optimal menjadi hancur oleh kebakaran. Penurunan tumbuhnya rerumputan, herba, dan semak dapat mengakibatkan peningkatan erosi tanah (Kandya et al., 1998). Kebakaran hutan/lahan dapat mengubah kualitas aliran air atau perilaku hidrologis di daerah-daerah serapan air alami yang terpengaruh menjadi serupa dengan yang terdapat di daerah-daerah tandus (Versini et al., 2013).

Kebakaran hutan/lahan adalah salah satu bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang dapat disebabkan oleh faktor alam (misalnya petir atau fenomena alam lain) maupun oleh faktor nonalam (manusia) baik disengaja maupun tidak (Colfer, 2002). Faktor-faktor alam seperti iklim yang berada dalam kondisi kering, kondisi tutupan vegetasi rerumputan dan semak

belukar kering, dan tanah yang memiliki kandungan materi organik yang tinggi (tanah gambut) berpotensi untuk memicu terjadinya kebakaran hutan/lahan (Anderson and Bowen, 2000; Siegert et al., 2001; Page et al., 2002; Miettinen et al., 2012).

Faktor manusia yang menjadi penyebab utama kebakaran hutan/lahan di Asia Tenggara adalah pembukaan lahan untuk perkebunan dan permukiman melalui pembakaran baik oleh para petani dalam skala kecil maupun perusahaan-perusahaan perkebunan skala besar. Kegiatan pembukaan lahan tersebut berkaitan dengan aktifitas-aktifitas seperti pembangunan perkebunan komersial (misalnya kelapa sawit dan karet), pengeringan lahan basah, transmigrasi, dan proyek-proyek pertanian (Anderson and Bowen, 2000; Bowen et al., 2001; Chokkalingam et al., 2006; Simorangkir, 2007).

Kebakaran hutan/lahan telah menjadi fokus perhatian global dalam beberapa tahun terakhir sebagai sebuah permasalahan lingkungan dan ekonomi, terutama setelah kekeringan yang disebabkan oleh kejadian El Niño Southern Oscillation (ENSO) tahun 1997 dan 1998 dimana sampai 25 juta hektar lahan dan hutan tropis di seluruh dunia terbakar yang mengakibatkan kerusakan ekologi dan penderitaan manusia yang sangat hebat (Rowell and Moore, 2001; Tacconi, 2003). Dikarenakan akibat pada hutan beserta jumlah karbon yang diemisikannya, kejadian tersebut dikatakan sebagai salah satu bencana lingkungan terbesar abad ini (Glover and Jessup, 1998).

Kebakaran hutan/lahan bukan merupakan sebuah permasalahan baru di Indonesia. Indonesia adalah salah satu dari negara penyumbang pelepasan emisi terbesar di dunia dikarenakan tingginya degradasi dan deforestasi disebabkan kebakaran hutan/lahan. Hampir setiap tahun di Pulau Sumatera dan Kalimantan terjadi kebakaran hutan/lahan, terutama pada musim kemarau yang biasanya terjadi di bulan April sampai bulan Oktober. Seringnya kebakaran hutan/lahan telah meningkatkan kehancuran hutan hujan tropis Indonesia selama dua dekade terakhir, menyebabkan kerugian ekologi, sosial, dan ekonomi yang signifikan di Indonesia dan di negara-negara tetangga (Bompard and Guizol, 1999; Barber and Scheweithelm, 2000; Siegert et al., 2001).

Intensitas kebakaran hutan/lahan akan menjadi lebih tinggi pada kasus kejadian ENSO (lebih umum dikenal sebagai El Niño), seperti yang terjadi pada tahun 1997, 2002, 2004, 2006, dan 2009 (Suwarsono et al., 2010). Hal ini diperlihatkan oleh kebakaran yang hebat pada tahun 1997 yang merupakan kejadian kebakaran terburuk di Asia Tenggara pada 16 tahun terakhir yang mengakibatkan 10 juta hektar hutan/lahan gambut dan 2,1 juta hektar lahan basah di Indonesia terbakar. Kejadian-kejadian kebakaran yang berulang telah memberikan pelajaran-pelajaran berharga bagi Indonesia untuk memberikan perhatian yang besar terhadap bahaya kebakaran hutan/lahan yang selalu menunggu.

Salah satu dari serangkaian upaya penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah kegiatan pencegahan bencana. Kegiatan pencegahan bencana dilakukan sebagai upaya untuk menghilangkan dan/atau mengurangi ancaman bencana, diantaranya melalui peringatan dini berupa pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat. Dengan peringatan dini tersebut, diharapkan risiko bencana yang merupakan potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu dapat diminimalkan. Pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi secara optimal dalam penanggulangan bencana dapat mempermudah dan mempercepat proses penanggulangan bencana, baik pada tahap pencegahan, pada saat terjadi bencana, maupun pada tahap pascabencana.

Deteksi dini kebakaran hutan/lahan melalui pemanfaatan data satelit penginderaan jauh merupakan salah satu komponen kunci penanggulangan bencana kebakaran hutan/lahan yang efektif (Chien and Tanpipat, 2013). Data penginderaan jauh juga merupakan sebuah alat berharga dalam menghasilkan peta-peta dengan resolusi spasial dan temporal yang lebih tinggi daripada stasiun-stasiun meteorologi (Jaiswal et al., 2002; Hernandez-Leal et al., 2006). Data tersebut telah membuka peluang untuk menganalisis secara kualitatif mengenai hutan dan ekosistem-ekosistem lain pada semua skala geografis dan spasial sejak pertengahan tahun 1990an, terutama yang berhubungan dengan fenomena pemantauan kebakaran hutan/lahan dari jarak jauh.

Stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN menerima data satelit Suomi NPP sejak bulan Mei 2012 dalam mode *Direct Broadcast (DB)*. Data diterima dalam level *rawdata*. Data kemudian disalin melalui jaringan komunikasi dari Parepare ke Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh (Pustekdata) di Jakarta. Data dengan level tersebut kemudian diolah lebih jauh lagi menjadi level-level yang lebih tinggi sehingga produk-produknya akan lebih bermanfaat bagi para pengguna akhir.

Pada kegiatan sebelumnya, sebuah sistem pengolahan telah dibangun dan dikembangkan secara berkelanjutan, sehingga telah mampu mengolah data dari level *rawdata* menjadi level *Raw Data Record (RDR)* (Gustiandi et al., 2013), dari level RDR menjadi level *Sensor Data Record (SDR)*

(Gustiandi dan Indradjad, 2013a), dan dari level SDR untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan dalam level *Environmental Data Record* (EDR) (Gustiandi and Indradjad, 2013b). Otomatisasi telah diterapkan pada pengolahan data sampai level RDR dan SDR (Indradjad et al., 2013; Gustiandi dan Indradjad, 2013c). Namun, pengolahan data dari level SDR menjadi produk indikator kebakaran hutan/lahan masih dilakukan secara manual.

Otomatisasi adalah suatu cara yang dilakukan oleh manusia untuk meningkatkan kemampuan dari peralatan-peralatan dan perangkat-perangkat yang digunakannya (Williams, 2009). Secara umum dan khususnya pada masa sekarang ini, otomatisasi berarti segala macam aktifitas yang disempurnakan oleh perangkat-perangkat tertentu dan pengendaliannya tidak membutuhkan intervensi dari manusia. Definisi ini mencakup penggunaan beberapa sumberdaya energi yang beroperasi tanpa upaya fisik manusia atau hewan, berbagai macam sistem informasi yang mengkomunikasikan tujuan dari aktifitas otomatisasi sesuai dengan keinginan manusia, dan eksekusi kegiatan termasuk pengendaliannya secara otomatis (Vamos, 2009). Pada umumnya otomatisasi mencakup pengoperasian atau perlakuan, atau pengaturan oleh diri sendiri, secara independen, tanpa intervensi manusia. Otomatisasi melibatkan mesin, peralatan, perangkat, instalasi, dan sistem yang semuanya adalah wahana-wahana yang dikembangkan oleh manusia untuk melaksanakan serangkaian aktifitas tanpa keterlibatan manusia dalam aktifitas-aktifitas tersebut (Nof, 2009).

Saat ini otomatisasi telah memasuki generasi yang ketiga, yaitu pengendalian dengan menggunakan komputer secara otomatis (*Automatic Computer Control / ACC*) (Nof, 2009). Kemajuan komputer dan komunikasi telah secara signifikan mempengaruhi kemitakhiran pengendalian secara otomatis dan keefektifannya. Generasi ini dimulai pada tahun 1940an dan berlanjut sampai sekarang (Hasegawa, 2009).

Prinsip dasar otomatisasi diantaranya adalah rasionalisasi teknologi yang digunakan untuk membangun otomatisasi tersebut (Nof, 2009). Rasionalisasi berarti suatu analisis, pemahaman, dan evaluasi secara logis dan sistematis mengenai tujuan-tujuan dan batasan-batasan dari solusi melalui penerapan otomatisasi. Keluaran dari rasionalisasi tersebut adalah alasan yang kuat dan tepat mengenai penerapan otomatisasi di dalam suatu sistem. Salah satu alasan tersebut adalah produktivitas. Komputer dapat beroperasi pada kecepatan dan kapasitas tertentu yang secara praktis produktivitasnya dapat ditingkatkan melalui otomatisasi. Seringkali otomatisasi melaksanakan pekerjaan-pekerjaan yang tidak mungkin atau tidak praktis untuk dikerjakan oleh manusia. Aturan yang baik mengenai otomatisasi adalah penggunaannya untuk menghilangkan pekerjaan-pekerjaan yang bersifat menjemukan, kotor, dan berbahaya (*dull, dirty, and dangerous / 3-D*) (Hoffmann, 1998).

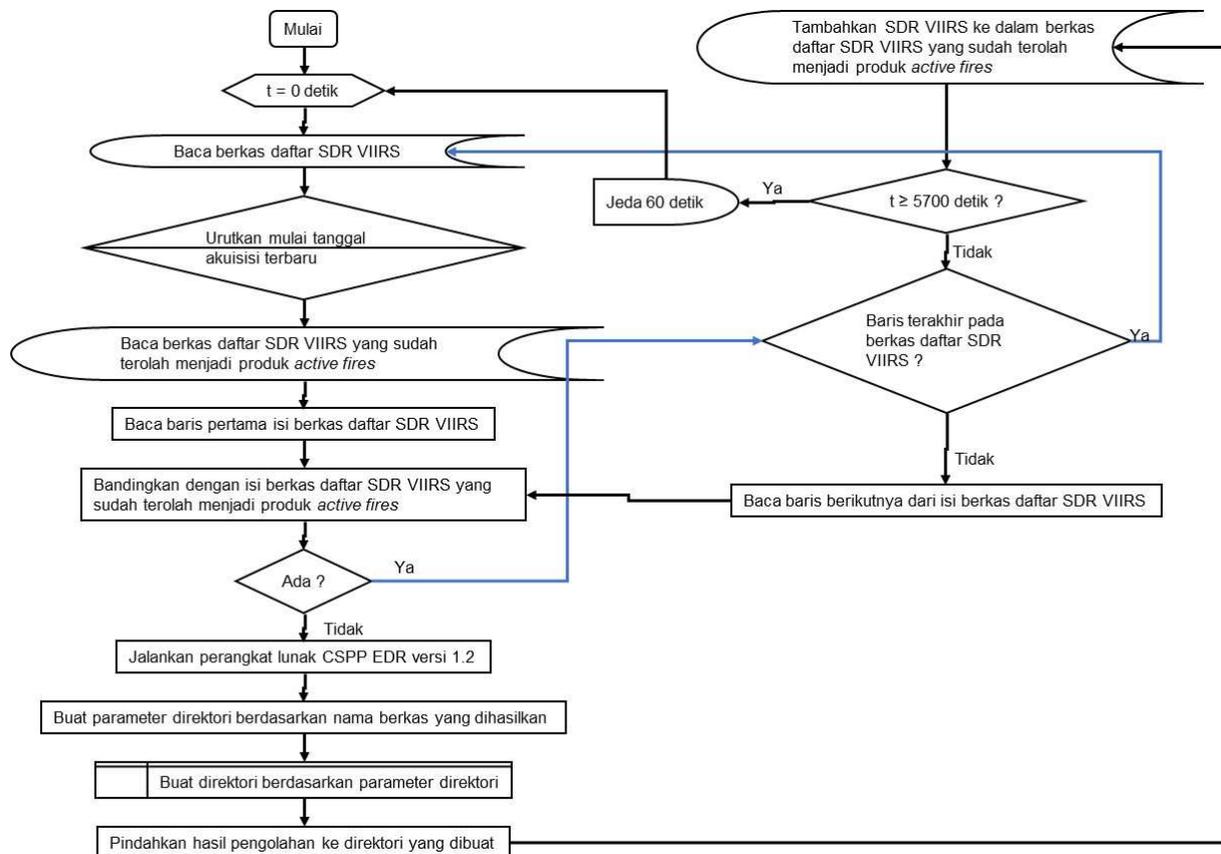
Tujuan dari kegiatan yang dilakukan adalah untuk mengembangkan sistem pengolahan data satelit Suomi NPP untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan dari level SDR sehingga dapat berjalan secara otomatis (tanpa intervensi manusia) dan memiliki sifat *near real time*. Selain itu, tujuan lainnya adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penerapan otomatisasi pada sistem terhadap efisiensi waktu pengerjaan pengolahan dibandingkan apabila dikerjakan secara manual per akuisisi satu data satelit Suomi NPP.

METODE

Diagram alir otomatisasi diperlihatkan pada Gambar 1. Program otomatisasi dimulai pertama kali dengan *mereset* variabel waktu ke 0 detik. Kemudian program akan membaca berkas yang dihasilkan sebagai log dari sistem yang berisi daftar berkas-berkas data satelit Suomi NPP dalam level SDR sebagai masukan utama untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan. Selanjutnya program mengurutkan daftar berkas-berkas tersebut berdasarkan waktu akuisisinya. Selain itu, program membaca daftar berkas-berkas data satelit Suomi NPP dalam level SDR yang sudah diolah menjadi produk indikator kebakaran hutan/lahan yang lebih dikenal sebagai *active fires*. Program membaca kembali baris per baris dari daftar berkas-berkas satelit Suomi NPP dalam level SDR yang sudah diurutkan kemudian membandingkan apakah berkas tersebut sudah terdapat di dalam daftar berkas-berkas yang terolah. Apabila sudah ada, maka program akan membaca baris selanjutnya dari daftar berkas-berkas data satelit Suomi NPP dalam level SDR dan membandingkannya kembali dengan daftar berkas-berkas yang sudah terolah. Jika baris yang dibaca adalah baris terakhir dari daftar berkas-berkas data satelit Suomi NPP, program akan kembali lagi dari awal, dan seterusnya.

Program mengeksekusi pengolahan data satelit Suomi NPP dari level SDR dengan menggunakan perangkat lunak *Community Satellite Processing Package* (CSPP) versi 1.2 menjadi produk indikator kebakaran hutan/lahan apabila baris tersebut belum terdapat di dalam daftar berkas-

berkas data satelit Suomi NPP dalam level SDR yang terolah. Kemudian program akan membuat parameter-parameter yang selanjutnya digunakan dalam membuat direktori-direktori penyimpanan hasil pengolahan berdasarkan waktu selesai pengolahan tersebut. Pengolahan yang berhasil akan menambahkan baris daftar berkas data satelit Suomi NPP dalam level SDR yang dibandingkan ke dalam daftar berkas-berkas data satelit Suomi NPP dalam level SDR yang terolah.



Gambar 1. Diagram alir otomatisasi sistem pengolahan data satelit Suomi NPP untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan dari level SDR.

Selesai melakukan masing-masing pengolahan, program akan membaca pengukuran waktu untuk mengetahui apakah program telah berjalan setidaknya selama 5.700 detik (selang waktu tercepat akuisisi dua satelit Suomi NPP yang berurutan dalam satu hari). Apabila hasil pengukuran menyatakan sama dengan atau lebih besar dari 5.700 detik, maka program akan kembali lagi dari awal, dan seterusnya. Namun, hasil pengukuran yang kurang dari 5.700 detik akan membuat program untuk melakukan perbandingan baris berikutnya dari daftar berkas-berkas data satelit Suomi NPP dalam level SDR yang tersedia (apabila baris tersebut bukanlah baris terakhir yang dibandingkan). Jeda 60 detik diberikan oleh program kepada sistem untuk membuat sistem dapat membebaskan memori-memori yang sudah tidak dipakai agar tidak membebani pengolahan berikutnya.

Bahasa *scripting* yang digunakan untuk mengimplementasikan diagram alir menjadi rutin program adalah *bash shell*. Beberapa pertimbangan untuk menggunakan bahasa *bash shell* diantaranya adalah bahasa *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) dan modul-modul pengolahan yang digunakan sebagian besar menggunakan bahasa *bash shell*.

Cara sederhana untuk mengetahui apakah penerapan otomatisasi sudah berjalan dengan baik adalah dengan mengakses direktori-direktori penyimpanan produk indikator kebakaran hutan/lahan yang sudah dikelompokkan berdasarkan waktu akuisisinya pada sistem penyimpanan komputer server yang digunakan.

Dimensi-dimensi otomatisasi dievaluasi dengan menggunakan metode sebagai berikut:

1. Derajat otomatisasi;

Otomatisasi dapat berarti otomatis sepenuhnya atau semi otomatis. Ketika sebuah perangkat atau sistem tidak sepenuhnya otomatis, dalam artian membutuhkan beberapa intervensi manusia, maka perangkat atau sistem tersebut dianggap semi otomatis atau otomatisasi parsial. Derajat otomatisasi dapat didefinisikan sebagai bagian fungsi-fungsi yang diotomatiskan dibandingkan dengan keseluruhan fungsi dari suatu instalasi atau sistem (Nof, 2009). Derajat tersebut dihitung sebagai perbandingan antara jumlah operasi yang diotomatiskan, dan jumlah seluruh operasi yang harus dilakukan, menghasilkan suatu nilai di antara 0 dan 1. Sehingga untuk suatu perangkat atau sistem yang bersifat otomatisasi parsial, dimana tidak semua operasi atau fungsinya otomatis, derajat otomatisasinya adalah kurang dari 1.

2. Tingkat otomatisasi; dan

Dimensi ini dievaluasi dengan menggunakan tabel tingkatan otomatisasi yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkatan otomatisasi (Amber dan Amber, 1964).

Level	Automation	Automated human attribute
A ₀	Hand-tool; manual machine	None
A ₁	Powered machine tools	Energy, muscles
A ₂	Single-cycle automatics and hand-feeding machines	Dexterity
A ₃	Automatics; repeated cycles	Diligence
A ₄	Self-measuring and adjusting; feedback	Judgment
A ₅	Computer control; automatic cognition	Evaluation
A ₆	Limited self-programming	Learning
A ₇	Relating cause from effects	Reasoning
A ₈	Unmanned mobile machines	Guided mobility
A ₉	Collaborative networks	Collaboration
A ₁₀	Originality	Creativity
A ₁₁	Human-needs and animal-needs support	Compassion
A ₁₂	Interactive companions	Humor

3. Tingkat interaksi manusia.

Dalam upaya untuk lebih objektif dalam menggambarkan interaksi manusia dengan sistem, Parasuraman et al. (2000) mendefinisikan sebuah model sederhana mengenai pengolahan informasi manusia dalam berinteraksi dengan komputer dengan berbagai gambaran tingkat otomatisasi yang memungkinkan. Model tersebut diperlihatkan pada Tabel 2. Tingkat interaksi manusia biasanya berkebalikan dengan nilai tingkat otomatisasi. Semakin tinggi derajat atau tingkat otomatisasi, maka tingkat interaksi manusia akan semakin rendah.

Tabel 2. Tingkat interaksi manusia berdasarkan pemilihan keputusan dan aksi oleh komputer.

Tingkat	Keterangan
Rendah = 1	Komputer menentukan semuanya, berlaku otonom, tidak mengindahkan manusia.
2	Menginformasikan manusia hanya apabila komputer memutuskan.
3	Menginformasikan manusia hanya ketika diminta.
4	Mengeksekusi secara otomatis, kemudian menginformasikan manusia.
5	Mengizinkan manusia dalam waktu terbatas untuk memilih sebelum mengeksekusi secara otomatis.
6	Mengeksekusi saran apabila manusia menyetujui.
7	Menyarankan satu alternatif.
8	Mempersempit pilihan menjadi beberapa alternatif.
9	Komputer menawarkan sekumpulan lengkap alternatif keputusan/aksi.
Tinggi = 10	Komputer tidak menawarkan bantuan; manusia harus mengerjakan seluruh aksi dan membuat keputusan.

Sebuah survei acak nonilmiah dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penerapan otomatisasi terhadap efisiensi waktu pengerjaan pengolahan data satelit Suomi NPP dalam menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan dari level SDR dibandingkan apabila

proses pengerjaannya dilakukan secara manual. Jumlah responden yang disurvei adalah sebanyak 22 orang. Para responden rata-rata menghabiskan waktu 7,5 jam di depan komputer setiap harinya. Para responden diminta untuk mengerjakan pengolahan secara manual berdasarkan prosedur operasional standar yang diberikan dengan menggunakan data simulasi. Waktu pengerjaan pengolahan dihitung dengan menggunakan stopwatch. Hasil pengukuran kemudian dirata-ratakan untuk dijadikan perkiraan waktu apabila pengerjaan pengolahan dilakukan secara manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan otomatisasi sudah berjalan dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan tersedianya produk-produk hasil pengolahan tanpa adanya intervensi dari manusia sebagai operator sistem. Sampai tulisan ini terakhir diperbaharui (tanggal 15 Maret 2014), produk indikator kebakaran hutan/lahan terakhir yang tersedia pada sistem penyimpanan memiliki nama berkas AVAFO_npp_d20140315_t0518215_e0519458_b12326_c20140315063235406262_cspp_dev.h5. Dari nama berkas tersebut dapat diketahui bahwa produk ini dihasilkan dari pengolahan data satelit Suomi NPP yang diakuisisi pada tanggal 15 Maret 2014 jam 13:18:215 WITA dengan waktu selesai proses pengolahan pada tanggal 15 Maret 014 jam 14:32:354.06262 WITA. Terdapat perbedaan dalam interpretasi waktu dalam penamaan berkas karena penamaan berkas adalah berdasarkan waktu *Coordinated Universal Time* (UTC). Waktu pengolahan adalah selama 1 jam 14 menit 14 detik. Selang waktu tercepat antara akuisisi dua data satelit Suomi NPP yang berurutan dalam satu hari adalah 1 jam 35 menit. Sehingga sistem juga sudah dapat dikatakan bersifat *near real time*.

Namun pada saat berkas tersebut dibuka, tidak terdapat titik panas yang terdeteksi. Hal ini dapat dikarenakan memang pada saat satelit melintas, tidak ada titik panas di dalam cakupan sapuan satelit atau titik panas yang ada memiliki luasan yang jauh lebih kecil daripada resolusi spasial satelit sebesar 750 m.

Hasil evaluasi dimensi-dimensi otomatisasi adalah sebagai berikut:

1. Derajat otomatisasi;

Dikarenakan seluruh rutin program dari mulai pengaturan lingkungan kerja (pembuatan direktori kerja, pembuatan berkas analisis, dan pembuatan direktori penyimpanan), pemilihan direktori kerja, pencarian data, seleksi data, pengolahan data, sampai penyimpanan data pada penerapan otomatisasi sistem pengolahan data satelit Suomi NPP untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan sudah dijalankan secara otomatis (tanpa intervensi manusia), maka derajat otomatisasi sistem yang dibuat adalah 1 atau otomatis sepenuhnya.

2. Tingkat otomatisasi;

Fungsi paling tinggi dari rutin program otomatisasi yang dibuat sudah dapat menggantikan atribut manusia dalam hal evaluasi (*evaluation*), yaitu pada saat pembuatan direktori tempat penyimpanan data hasil pengolahan berdasarkan parameter-parameter yang diturunkan dari penamaan data yang sudah mengikuti standard yang ditentukan. Fungsi dari rutin program otomatisasi tersebut belum dapat menggantikan atribut manusia dalam hal pembelajaran (*learning*). Sehingga tingkat otomatisasi yang dimiliki oleh sistem adalah berada pada tingkat A_5 atau *evaluation*.

3. Tingkat interaksi manusia

Penerapan otomatisasi menjadikan sistem yang menentukan keseluruhan proses dan bersifat otonom tanpa harus diintervensi oleh manusia, sehingga Komputer menentukan semuanya, berlaku otonom, tidak mengindahkan manusia. Berdasarkan Tabel 2 pada bagian sebelumnya, maka tingkat interaksi manusia pada sistem adalah rendah (1). Hasil ini sesuai dengan hasil-hasil sebelumnya karena sistem sudah memiliki derajat otomatisasi yang tinggi.

Hasil survei untuk mengetahui pengaruh penerapan otomatisasi pada sistem pengolahan data satelit Suomi NPP untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan dari level SDR terhadap efisiensi waktu pengerjaan pengolahan dibandingkan apabila dikerjakan secara manual per akuisisi satu data satelit Suomi NPP diperlihatkan pada Tabel 3. Waktu tercepat yang dibutuhkan responden untuk melaksanakan pengolahan secara manual adalah selama 1 menit 47 detik. Waktu terlama yang dibutuhkan responden untuk melaksanakan pengolahan secara manual adalah selama 6 menit 7 detik. Waktu rata-rata yang dibutuhkan responden untuk melaksanakan pengolahan secara manual adalah selama 2 menit 55 detik. Sehingga efisiensi waktu pengerjaan pengolahan dengan penerapan otomatisasi adalah sebesar 2 menit 55 detik per akuisisi satu data satelit Suomi NPP.

Tabel 3. Hasil pengukuran waktu pengerjaan pengolahan secara manual.

No.	Waktu Pengerjaan	No.	Waktu Pengerjaan	No.	Waktu Pengerjaan
1	3 menit 17 detik	9	3 menit 29 detik	17	2 menit 30 detik
2	3 menit 15 detik	10	4 menit 3 detik	18	2 menit 40 detik
3	2 menit 23 detik	11	2 menit 40 detik	19	2 menit 52 detik
4	2 menit 51 detik	12	2 menit 5 detik	20	3 menit 27 detik
5	2 menit 29 detik	13	3 menit 43 detik	21	2 menit 42 detik
6	1 menit 47 detik	14	1 menit 56 detik	22	6 menit 7 detik
7	3 menit 8 detik	15	2 menit 6 detik		
8	2 menit 8 detik	16	2 menit 26 detik		

SIMPULAN

Sistem pengolahan data satelit Suomi NPP telah berhasil dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur otomatisasi untuk menghasilkan produk indikator kebakaran hutan/lahan secara *near real time*. Otomatisasi berjalan dengan baik dibuktikan dengan dihasilkannya produk dari waktu akuisisi terbaru tanpa harus ada intervensi dari manusia sebagai operator pengolah data. Otomatisasi yang dibuat memiliki dimensi-dimensi sebagai berikut: derajat otomatisasi bernilai 1 atau otomatis sepenuhnya, sehingga sudah tidak memerlukan lagi intervensi manusia dalam pengoperasiannya; tingkat otomatisasi sebesar A_5 atau memiliki fungsi paling tinggi yang dapat menggantikan atribut manusia dalam hal evaluasi; tingkat interaksi manusia yang rendah karena sistem sudah berjalan secara otonom. Penerapan otomatisasi tersebut memiliki efisiensi waktu pengerjaan pengolahan dibandingkan apabila dikerjakan secara manual adalah sebesar 2 menit 55 detik per akuisisi satu data satelit Suomi NPP. Pengembangan lebih lanjut yang dapat dilakukan diantaranya adalah menerapkan otomatisasi untuk menghasilkan produk-produk lain yang dapat diturunkan dari data satelit Suomi NPP dan pembuatan sistem penyajian produk yang lebih mudah untuk dipahami oleh para pengguna akhir dikarenakan produk yang dihasilkan masih dalam format HDF5 yang masih belum umum bagi para pengguna akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Amber, G.H. and Amber, P.S., 1964. *Anatomy of Automation*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Anderson, I.P. and Bowen, M.R., 2000. *Fire zones and the threat to the wetlands of Sumatra, Indonesia*. Palembang: Ministry of Forestry and Estate Crops European Union and Kantor Wilayah Kehutanan dan Perkebunan.
- Barber, C.V. and Schweithelm, J., 2000. *Trial by fire: forest fires and forestry policy in Indonesia's era of crisis and reform*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- Bompard, J.M. and Guizol, P., 1999. *Land management in the province of South Sumatra, Indonesia. Fanning the flames: the institutional causes of vegetation fires*. Palembang: Ministry of Forestry and Estate Crops European Union and Kantor Wilayah Kehutanan dan Perkebunan.
- Bowen, M.R., Bompard, J.M., Anderson, I.P., Guizol, P., and Guyon, A., 2001. Anthropogenic fires in Indonesia: a view from Sumatra, In: *Forest fires and regional haze in Southeast Asia*, Huntington: Nova Science.
- Chien, S. and Tanpipat, V., 2013. *Remote Sensing of Natural Disasters*, In: *Earth System Monitoring*, New York: Springer.
- Chokkalingam, U., Suyanto, S., Permana, R.P., Kurniawan, I., Mannes, J., Darmawan, A., Khususyiah, N., and Susanto, R.H., 2007. Community fire use, resource change, and livelihood impacts: the downward spiral in the wetlands of southern Sumatra, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, (12) 75-100.
- Colfer, C.J.P., 2002, Ten propositions to explain Kalimantan's fires, in: Colfer, C.J.P. and Resosudarmo, I.A.P., eds, *Which way forward? People, Forests and Policymaking in Indonesia*, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Glover, D. and Jessup, T., 1998. *The Indonesian Fires and Haze of 1997: The Economic Toll*. Ottawa: International Development Research Centre.
- Gustiandi, B., Indradjad, A., dan Bagdja, I.W. 2013. Rancang Bangun Sistem Pengolahan Data Satelit Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP) dari Rawdata ke Raw Data Record (RDR). *Majalah Inderaja Volume IV No. 6* Juli 2013, pp. 10-14.
- Gustiandi, B. dan Indradjad, A. 2013a. Sistem Pengolahan Data Satelit S-NPP Berbasis CSPP: RDR ke SDR. *Prosiding Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro (SNETE) 2013*, pp. 56-62.
- Gustiandi, B. and Indradjad, A. 2013b. *Visible Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS) Active Fires Application Related Products (AFARP) Generation Using Community Satellite Processing Package (CSPP) Software*. *Proceeding of Asian Conference on Remote Sensing (ACRS) 2013*, pp. SC02 893-900.
- Gustiandi, B. dan Indradjad, A. 2013c. Otomatisasi Pengolahan Data Satelit S-NPP: Raw Data Record ke Sensor Data Record. *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia (SESINDO) 2013*, *in press*.
- Hasegawa, Y. 2009. *Advances in Robotics and Automation: Historical Perspectives*. In Nof, S.Y. .ed. *Springer Handbook of Automation*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer. pp. 3-4.
- Hernandez-Leal, P.A., Arbelo, M., and Gonzalez-Calvo, A., 2006, Fire risk assessment using satellite data, *Advances in Space Research*, (37) 741-746.
- Hoffmann, G.E. 1998. Concepts for the third generation of laboratory systems. *Clinica Chimica Acta* 278, 203-216.
- Indradjad, A., Gustiandi, B., and Bagdja, I.W. 2013. *Automatic S-NPP Satellite Data Processing System: Rawdata to RDR*. *Prosiding Seminar Nasional Pengaplikasi Telematika (SINAPTIKA) 2013*, pp. 7-12.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D., and Saxena, R., 2002, Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, (4) 1-10.
- Kandya, A.K., Kimothi, M.M., Jadhav, R.N., and Agarwal, J.P., 1998, Application of Geographic Information System in Identification of 'Fire-Prone' Areas – a Feasibility Study in Parts of Junagadh (Gujarat), *Indian Forester*, (124) 531-535.
- Michael, R.K., 2008. *Mastering UNIX® Shell Scripting Second Edition*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Miettinen, J., Hooijer, A., Wang, J., Shi, C., and Liew, S.C., 2012, Peatland degradation and conversion sequences and interrelations in Sumatra, *Regional Environmental Change*, (12) 729-737.

- National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2012. *Joint Polar Satellite System (JPSS) Common Data Format Control Book – External Volume IV Part 1 – IPs, ARPs, and Geolocation Data*. Greenbelt: NASA.
- Nof, S.Y. 2009. Automation: What It Means to Us Around the World. In Nof, S.Y. (editor). Springer Handbook of Automation. Verlag Berlin Heidelberg: Springer. pp. 13-52.
- Page, S.E., Siegert, F., Rieley, J.O., Boehm, H.-D.V., Jaya, A., and Limin, S., 2002, The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, *Nature*, (420) 61-65.
- Parasuraman, R., Sheridan, T.B., and Wickens, C.D. 2000. A model for types and levels of human interaction with automation, *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. A: Syst. Hum.* 30(3), 286-297.
- Patton, R.D. and Patton, P.C. 2009. What Can Be Automated? What Cannot Be Automated? In Nof, S.Y. (editor). Springer Handbook of Automation. Verlag Berlin Heidelberg: Springer. pp. 305-313.
- Parker, S., 2011. *Shell Scripting: Expert Recipes for Linux, Bash, and More*. Indianapolis : John Wiley & Sons, Inc.
- Rowell, A. and Moore, P.F., 2001. *Global Review of Forest Fires*. Gland: WWF.
- Shoots Jr., W.E., 2012. *The Linux® Command Line: A Complete Introduction*. California: No Starch Press.
- Siegert, F., Ruecker, G., Hinrichs, A., and Hoffmann, A.A., 2001, Increased damage from fires in logged forests during droughts caused by El Niño, *Nature*, (414) 437-440.
- Simorangkir, D., 2007, Fire use: is it really the cheaper land preparation method for large-scale plantations?, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, (12) 147-164.
- Suwarsono, Parwati and Suprpto, T., 2009a, Mendeteksi Titik Panas (*Hotspot*), Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan Data Satelit (in Bahasa Indonesia), *Berita Inderaja*, (14) 35-39.
- Suwarsono, Yulianto, F., Parwati, and Suprpto, T., 2010, Analisis Persebaran Titik Panas (*Hotspot*) Indikasi Kebakaran Hutan dan Lahan di Wilayah Kalimantan Sepanjang Tahun 2001-2009 (in Bahasa Indonesia), *Berita Inderaja*, (16) 31-34.
- Tacconi, L., 2003. *Fires in Indonesia: causes, costs and policy implications*. Bogor: Center for International Forestry Research.
- Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
- Vamos, T. 2009. Social, Organizational, and Individual Impacts of Automation. In Nof, S.Y. (editor). Springer Handbook of Automation. Verlag Berlin Heidelberg: Springer. pp. 71-92.
- Versini, P.-A., Velasco, M., Cabello, A., and Sempere-Torres, D., 2013, Hydrological impact of forest fires and climate change in a Mediterranean basin, *Natural Hazards*, (66) 609-628.
- Williams, T.J. 2009. Advances in Industrial Automation: Historical Perspectives. In Nof, S.Y. (editor). Springer Handbook of Automation. Verlag Berlin Heidelberg: Springer. pp. 5-11.