

Identifikasi Sebaran Asap Kebakaran Hutan di Wilayah Jambi dengan Menggunakan Radar C-BAND

Ekky Amiral Faqi^(1,a*), Kholis Nur Cahyo^(2,b), dan Imma Redha Nugraheni^(3,c)

⁽¹⁾ Stasiun Meteorologi Kelas III Enarotali - Paniai

⁽²⁾ Biro Hukum dan Organisasi BMKG

⁽³⁾ Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Email : ⁽¹⁾ admiral.ekky@gmail.com, ^(b) kholisnc@gmail.com, ^(c) immaredha@stmkg.ac.id

Diterima (01 Januari 2023), Direvisi (26 Juli 2023)

Abstract. Forest and land fires along with the distribution of smoke are one of the disasters threats in the Jambi region which has tropical forests. By knowing the lowest level of visibility from observations, this study was conducted on September 23, 2015. Weather and satellite radar have ability to detect particles and the distribution of smoke from forest and land fires with great spatial and temporal resolution, supported by HIMAWARI-8 satellite data as comparison. C-Band Doppler radar and default strategy scanning are used to identify smoke in Jambi. Wind layer analysis uses CAPPI V products to display smoke distribution and CMAX dBZ with palette changes to identify smoke particles, which then will be carried out vertical cross section to see smoke reflectivity values, identify smoke vertical profiles, and patterns of smoke distribution of forest and land fires. The smoke reflectivity index value can be seen from the dBZ value. The results of the identification show that the smoke material reaches a maximum reflectivity value of 30 dBZ at the centre of the fire point and the minimum value of very fine smoke particles reaches -24.4 dBZ which scattered with the dominant velocity distribution direction to the northwest.

Keywords: maximum of 5 words, separated by coma.

Abstrak. Kebakaran Hutan dan lahan dengan sebaran asapnya merupakan salah satu ancaman bencana di wilayah Jambi yang memiliki hutan tropis. Dengan mengetahui tingkat visibility terendah dari observasi maka penelitian ini dilakukan pada tanggal 23 September 2015. Radar cuaca dan satelit memiliki kemampuan mendeteksi partikel dan sebaran asap kebakaran hutan dan lahan dengan resolusi spasial dan temporal yang baik, didukung dengan data satelit HIMAWARI-8 sebagai pembandingnya. Radar Doppler jenis C-Band dan scanning strategi default yang digunakan untuk mengidentifikasi asap di Jambi. Analisis angin per lapisan menggunakan produk CAPPI V d untuk menampilkan sebaran asap serta CMAX dBZ dengan perubahan pallete untuk mengidentifikasi partikel asap, yang kemudian akan dilakukan vertical cross section untuk melihat nilai reflektifitas asap, mengidentifikasi profil vertikal asap, dan pola sebaran asap kebakaran hutan dan lahan. Nilai indeks reflektifitas asap dapat dilihat dari nilai dBZ-nya. Hasil dari identifikasi menunjukkan material asap mencapai nilai reflektifitas maksimum 30 dBZ pada pusat disekitar titik api dan nilai minimum partikel asap yang sangat halus mencapai -24.4 dBZ yang tersebar bebas terbawa angin dengan nilai velocity arah sebaran asap dominan ke arah barat laut.

Kata kunci: Asap, radar cuaca, satelit, CAPPI V, CMAX, dBZ.

PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan bukan merupakan fenomena asing lagi di beberapa wilayah Indonesia, terutama Sumatera dan Kalimantan [9]. Kebakaran hutan dan lahan

di Indonesia biasa terjadi pada musim kemarau atau pada masa peralihan (transisi). Penyebab kebakaran hutan di Indonesia secara umum disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam disebabkan oleh musim kemarau

berkepanjangan sehingga tanaman menjadi kering. Tanaman kering merupakan bahan bakar potensial apabila terkena percikan api akibat gesekan antara satu dengan yang lain. Faktor manusia disebabkan oleh kelalaian ataupun kesengajaan dari aktivitas manusia terkait dengan eksploitasi hutan dan lahan [7].

Kebakaran Hutan dan Lahan menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan dan asap. Asap dapat mengganggu kesehatan masyarakat dan menimbulkan penyakit infeksi pada saluran pernapasan (ISPA) [1]. Asap juga menyebabkan memburuknya jarak pandang mendatar (*visibility*) yang mengancam keselamatan transportasi baik darat dan udara. Permasalahan asap yang sering terjadi di beberapa wilayah tanah air telah menjadi bencana nasional yang juga terasa dampaknya sampai di negara tetangga [12]. Kerugian yang terjadi tidak hanya dari segi kesehatan, keselamatan, dan geopolitik saja. Bidang ekonomi juga ikut terdampak karena selama kejadian puncak kebakaran hutan dan lahan pada tahun 2015 telah mengakibatkan kerugian finansial hingga Rp 221 triliun atau setara 16,1 miliar dolar AS [14].

Berdasarkan observasi lapangan tanggal 15 s.d 17 Maret 2002, diketahui bahwa puncak lapisan asap di wilayah Sumatera Bagian Utara bervariasi antara 8000 kaki hingga 9000 kaki [1]. Asap tersebut tidak segera naik ke angkasa karena gas asap tersebut lebih berat dari udara normal, sehingga lama-kelamaan asap tersebut terakumulasi dan menjadi pekat [2]. Observasi asap dengan bantuan penginderaan jauh. Penginderaan jauh yang sering digunakan adalah satelit. Identifikasi titik panas sebagai sumber asap kebakaran hutan dan lahan dapat diamati menggunakan citra satelit himawari 8 [11]. Citra satelit VIIRS baik dalam mendeteksi sebaran asap [16]. Selain menggunakan satelit, terdapat beberapa riset di Amerika Serikat yang

menggunakan radar untuk mengamati sebaran asap.

Radar merupakan alat yang penggunaannya masih terbatas untuk mengobservasi hujan di Indonesia. Sehingga scanning strategy yang digunakan di semua radar milik BMKG di seluruh Indonesia adalah *precipitable mode* VCP 21. Radar *precipitable mode* secara umum tidak sensitif terhadap asap atau aerosol debu yang diameternya ($D \approx 1 \mu m$) tetapi dapat digunakan terhadap partikel rumput dan pohon yang terbakar dengan ($D > 100 \mu m$) yang terangkat ke atmosfer oleh *updraft buoyant* yang dihasilkan kalor dari kebakaran hutan dan lahan [8][4]. Partikel asap yang terangkat ke udara dari titik api pada umumnya tidak berbentuk bola dan memiliki sifat hamburan yang jauh berbeda daripada tetesan air hujan yang memungkinkan terdapat perbedaan yang jelas antara keduanya [6]. Selain itu, radar dengan *precipitation mode* menyediakan data dengan resolusi spasial yang tinggi.

Radar *doppler* telah digunakan dalam beberapa penelitian untuk mengamati sebaran asap. Radar *doppler* cukup baik digunakan untuk mengamati sebaran *plume* asap akibat turbulensi di sekitar wilayah kebakaran hutan dan lahan [7]. Bahkan radar *precipitable mode* dapat digunakan untuk mendeteksi asap yang bercampur dengan awan konvektif (*pyrocumulus*) berintensitas rendah $< 30 \text{ dBZ}$ [6].

Storm Cell Identification Tracker (SCIT) merupakan salah satu metode dalam mengidentifikasi dan melacak sel badai tunggal secara spasial dan temporal menggunakan radar *precipitable mode* [3]. Perca – perca asap yang mengapung diudara memiliki karakteristik yang serupa dengan supercell thunderstorm hanya intensitasnya saja yang lebih kecil [5]. Oleh karena itu walaupun menggunakan *precipitation mode*, tetap dapat dilakukan pengamatan dengan melakukan modifikasi *threshold* dari metode *Storm Cell Identification Tracking* (SCIT).

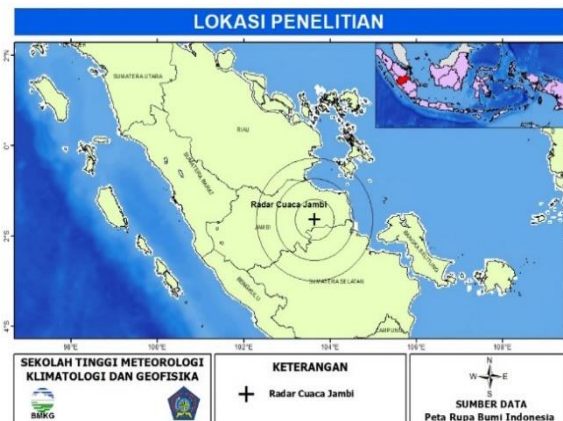
Penelitian serupa mengenai sebaran asap pernah dilakukan di Indonesia dengan mengkategorikan partikel asap berdasarkan nilai reflektifitas dan ketinggian kolom asap menjadi lima bagian [15].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui diantara dua metode tersebut yang terbaik dalam mengidentifikasi sebaran asap di Indonesia. Penelitian ini mengambil studi kasus asap di Jambi pada tanggal 23 September 2015. Data citra satelit sebaran asap Himawari 8 BMKG digunakan untuk verifikasi sebaran asap yang dihasilkan dari olahan data radar.

METODE PENELITIAN

Lokasi

Penelitian ini mengambil studi kasus asap di Jambi. Jambi merupakan salah satu provinsi di Pulau Sumatera bagian selatan dengan koordinat $2^{\circ} 52' - 3^{\circ} 5' \text{ LS}$ dan $104^{\circ} 37' - 104^{\circ} 52' \text{ BT}$.



Gambar 2.1 Lokasi Penelitian

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Data Radar Gematronik dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Thaha Jambi. Data yang digunakan dalam format .vol. Periode data

yang digunakan adalah tanggal 23 September 2015.

- Data citra satelit HIMAWARI 8 tanggal 23 September 2015.
- Data hotspot citra MODIS AQUA-TERRA tanggal 23 September 2015.
- Data pengamatan udara permukaan parameter *visibility* tanggal 23 September 2015.

Data Radar diolah menggunakan aplikasi radar cuaca untuk mendapatkan produk CMAX CAPPI dan VCUT. Nilai *pallette* dilakukan pada produk CMAX dBZ untuk melakukan klasifikasi partikel asap kebakaran hutan berdasarkan nilai ambang batas (*threshold*) dBZ. Validasi data menggunakan data satelit HIMAWARI 8 dan citra MODIS AQUA-TERRA. Metode scanning radar yang dipakai menggunakan mode default pada operasional radar di BMKG yaitu VCP21 yang menggunakan 11 elevasi dan melakukan satu volume scan penuh selama 6 menit.

Metode I

Perca sebaran asap berasal dari beberapa sumber api yang dapat dilihat melalui reflektifitas (dBZ) dari radar. Maka penelitian ini menggunakan metode *Storm Cell Identification and Tracking* (SCIT) yang dimodifikasi (SCITM). SCIT merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan melacak badai.

Dilakukan modifikasi dengan merubah *threshold* yang biasa dioperasikan pada precipitation mode yaitu 30 dBZ ke intensitas yang lebih kecil 10 dBZ [5]. Dengan menggunakan intensitas 10 dBZ partikel – partikel presipitasi yang memiliki intensitas lebih besar tidak tertangkap radar. Produk dari *threshold* 10 dBZ dibandingkan dengan produk dari *threshold* asli SCIT yaitu 30 dBZ untuk membedakan antara awan dan sebaran asap.

30	25	20	15	10	5	0
----	----	----	----	----	---	---

Gambar 2.2 *Threshold* SCIT

10	5	0	-5	-10	-15	-20
----	---	---	----	-----	-----	-----

Gambar 2.3 *Threshold* Modifikasi SCIT

Metode II

Terdapat berbagai jenis ukuran partikel asap yang tersebar di atmosfer. Menurut penelitian sebelumnya, Ukuran partikel dikategorikan menjadi 5 berdasarkan nilai reflektifitas dan ketinggian kolom udara sebagai berikut [15]:

Tabel 2.1 Klasifikasi Partikel Asap

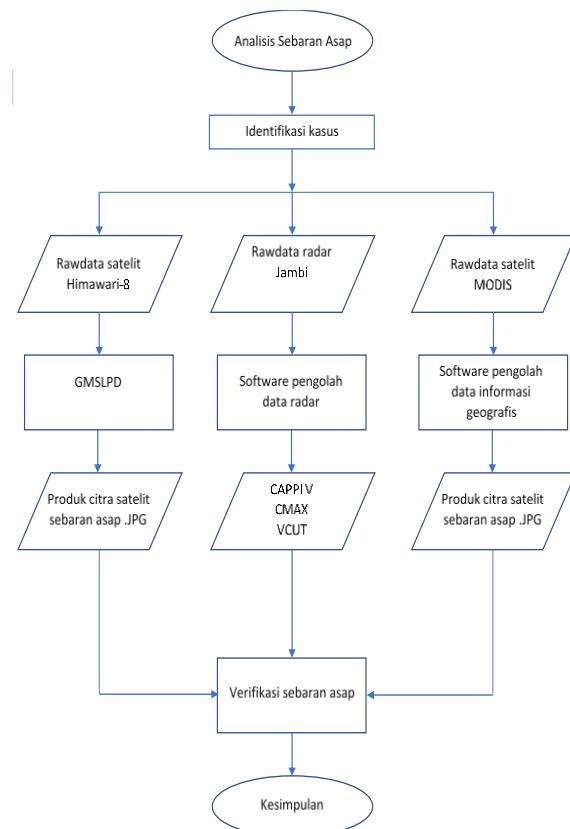
No	Nilai Reflektivitas Asap	Kategori Partikel Asap	Ketinggian Kolom Asap
1	20 – 30 dBZ	Padat	2 km
2	15 – 20 dBZ	Kasar	2.6 km
3	5 – 20 dBZ	Campuran	3.17 km
4	-2.4 – (-10.7) dBZ	Halus	4 km
5	-14.9 – (-24.4) dBZ	Sangat Halus	> 4 km

Klasifikasi tersebut dapat dijadikan acuan dalam menyusun *threshold* untuk mengidentifikasi sebaran asap. Berdasarkan pengkategorian tersebut maka disusunlah *threshold* identifikasi kabur asap sebagai berikut:

30	25	20	15	10	5
0	-5	-10	-15	-20	-25

Gambar 2.4 *Threshold* Kabut Asap

Metode pertama dan metode kedua divalidasi dengan data hotspot citra satelit MODIS AQUA TERRA yang diperoleh dari LAPAN dan citra satelit HIMAWARI 8 untuk melihat pola sebaran asap dari citra satelit BMKG. Analisis sebaran asap dilakukan secara deskriptif kualitatif berdasarkan produk citra radar, citra satelit sebaran asap, dan citra satelit hotspot atau titik panas.



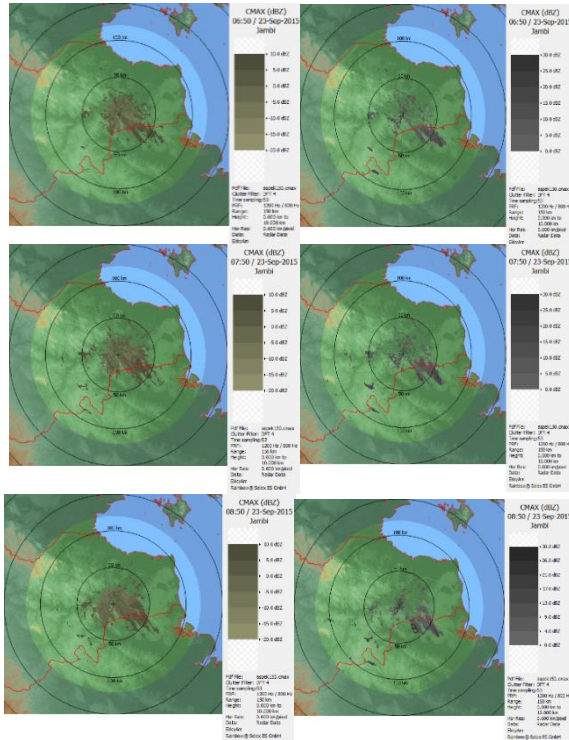
Gambar 2.5 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sebaran Asap Menggunakan Metode I

Citra radar produk CMAX dengan *threshold* SCITM yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 menunjukkan adanya pergerakan partikel asap dari titik panas di tenggara menuju ke barat laut atau ke pusat radar. Namun ditinjau dari citra satelit produk SCIT default juga terdapat awan yang

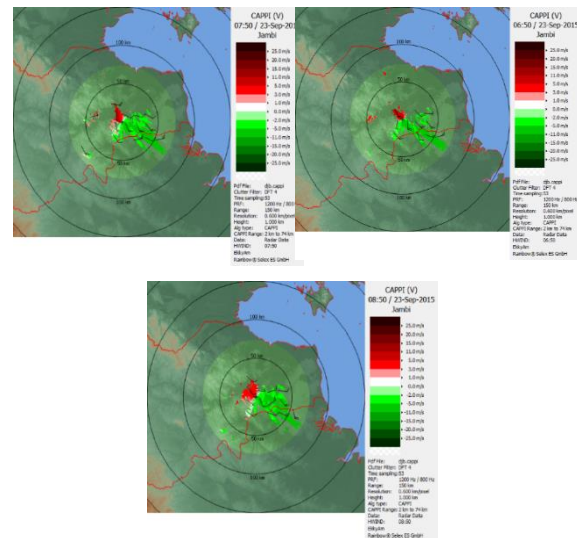
berada di titik panas kebakaran hutan dan lahan. Akibatnya sedikit sulit membedakan antara partikel asap dan awan. Kesulitan tersebut dapat diatasi dengan menganalisis produk VCUT.



Gambar 3.1 Keluaran Produk Radar CMAX Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Jambi Tanggal 23 September 2015.

Berdasarkan dari produk VCUT dengan *threshold* SCITM terlihat sebaran asap yang posisinya lebih rendah daripada awan yang ditinjau dari produk VCUT dengan *threshold* SCIT *default*. Karakter asap pada produk VCUT yang tertera pada Gambar 3.2 berada pada ketinggian 0 – 4 km sedangkan awan ketinggian partikelnya bisa lebih tinggi mencapai 6 km. Hal tersebut disebabkan oleh massa partikel hasil kebakaran hutan dan lahan yang lebih berat sehingga lebih terkonsentrasi di dekat permukaan.

Partikel asap menyebar dari titik panas mengikuti arah angin. Arah sebaran partikel asap dapat ditentukan dengan menggunakan produk radar CAPPI(V) dan HWIND. Berdasarkan citra radar produk CAPPI(V) dan HWIND pada Gambar 3.3, angin bergerak dari tenggara menuju ke radar yang terletak di Bandara Sultan Thaha Jambi. Dapat disimpulkan bahwa sebaran asap mengarah dari tenggara menuju ke Bandara Sultan Thaha Jambi mengikuti arah angin.



Gambar 3.3 Keluaran Produk Radar CAPPI (V) Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Jambi Tanggal 23 September 2015

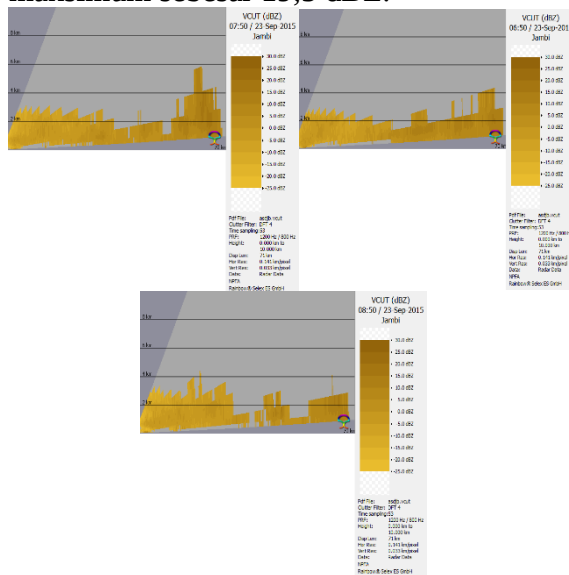
Analisis Sebaran Asap Menggunakan Metode II

Penerapan metode *pallette* pada radar untuk mendeteksi partikel asap memiliki rentang antara -25 dBZ sampai 30 dBZ [15]. Hasil dari penerapan *pallette* ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 dengan intensitas maksimum yang terbaca yaitu 29 dBZ.

Radar cuaca memiliki kelebihan yaitu dapat melakukan *volume scanning* yaitu melakukan *scanning* secara vertikal dan horizontal yang mana dapat memudahkan dalam pembuatan analisis terhadap profil vertikal dari objek yang diamati. Dalam hal ini, profil vertikal digunakan untuk melihat ketinggian dari kolom asap. Profil vertikal

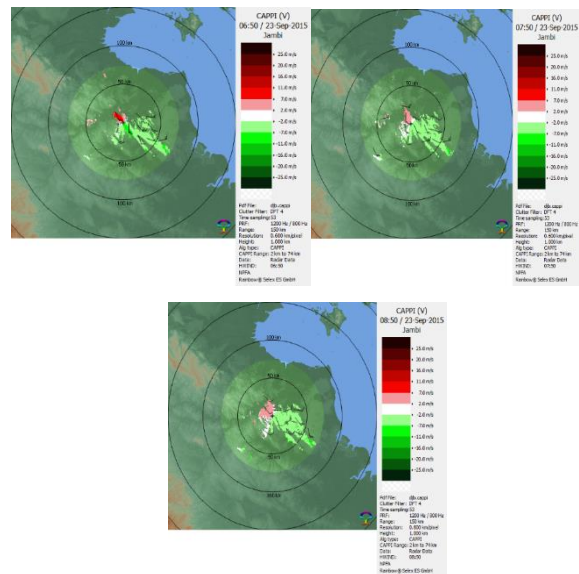
ini diperoleh dengan melakukan *vertical cut* (VCUT) pada produk CMAX dBZ.

Gambar 3.5 yang merupakan hasil VCUT pada jam 06.50 UTC, 07.50 UTC, dan 08.50 UTC diperoleh informasi bahwa ketinggian kolom asap berkisar antara 0 sampai 6 km dengan ketinggian maksimumnya mencapai 5,83 km pada jarak horizontal 62,79 km dan nilai echo maksimum sebesar 19,5 dBZ.



Gambar 3.5 Keluaran Produk Radar VCUT Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Jambi Tanggal 23 September 2015

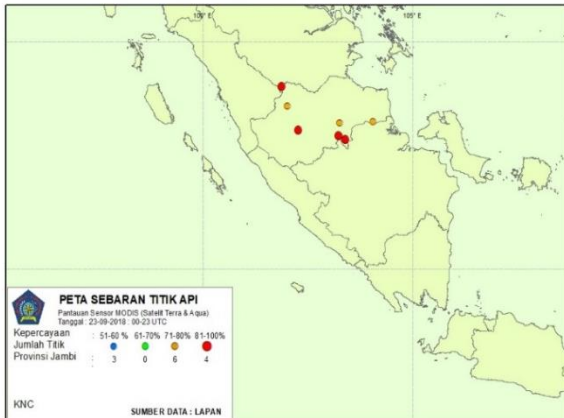
Analisis pergerakan asap dapat dilakukan dengan memanfaatkan data *velocity* dengan menggunakan produk CAPPI (V) yang ditambahkan dengan produk HWIND. Gambar 3.6 yang merupakan hasil CAPPI V pada jam 06.50 UTC, 07.50 UTC, dan 8.50 UTC diperoleh informasi bahwa pada ketinggian 1 km, asap bergerak dari arah tenggara menuju ke arah barat laut searah dengan arah angin menuju ke arah Bandara Sultan Thaha Jambi dengan menunjukkan ciri khas dari adanya penyebaran asap yang berbentuk seperti kerucut dari titik panas dan semakin melebar dan menyebar mengikuti arah angin.



Gambar 3.6 Keluaran Produk Radar CAPPI (V) Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Jambi Tanggal 23 September 2015

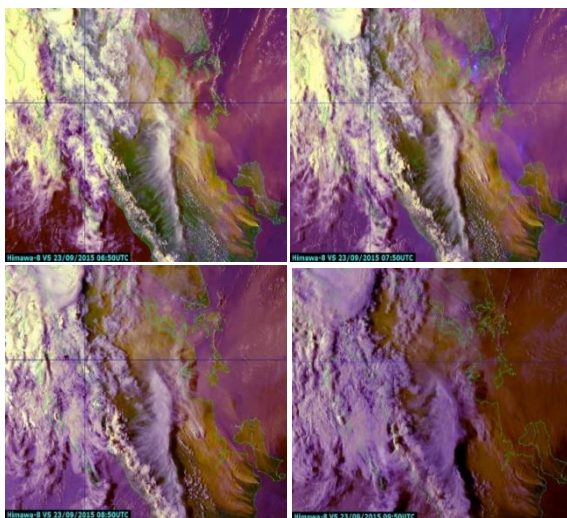
VERIFIKASI

Hasil identifikasi keluaran produk radar dengan metode SCITM menunjukkan adanya sebaran asap yang berasal dari arah tenggara menuju barat laut. Hasil tersebut perlu diverifikasi untuk membuktikan kevaliditasnya. Data pengamatan cuaca permukaan dan citra satelit sebaran asap digunakan untuk melakukan verifikasi sebaran asap dari metode SCITM. Citra satelit MODIS pada Gambar 3.7 menunjukkan adanya titik panas di tenggara Bandara Sultan Thaha Jambi.

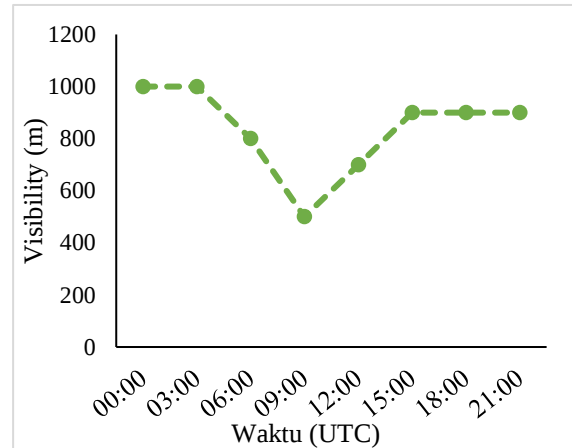


Gambar 3.7 Citra MODIS Titik Api di Wilayah Jambi Tanggal 23 September 2015

Menurut citra satelit sebaran asap Himawari 8 yang tertera pada Gambar 3.8, partikel asap bergerak dari titik panas ke arah barat laut. Partikel asap yang bergerak menuju Bandara Sultan Thaha Jambi membuat jarak pandang mendatar berkurang yang dibuktikan dengan data jarak pandang mendatar (*visibility*). Pada jam 06.00 UTC jarak pandang mendatar sejauh 800 meter dan menurun sampai 500 meter pada jam 09.00 UTC. Berdasarkan verifikasi dengan data pengamatan cuaca permukaan dan citra satelit terbukti bahwa memang terjadi kebakaran hutan dan asap di wilayah Jambi.



Gambar 3.8 Sebaran Asap di Wilayah Jambi menggunakan Satelit Himawari-8



Gambar 3.9 Grafik *Visibility* Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Jambi Tanggal 23 September 2015

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

- Metode I dapat digunakan untuk mengidentifikasi sebaran asap baik dalam kondisi cuaca cerah maupun berawan.
- Metode I memiliki kekurangan rentang *threshold* yang kurang luas sehingga partikel asap yang berukuran di atas 10 dBZ dan dibawah -20 dBZ tidak terdeteksi.
- Metode II memiliki kelebihan dapat mengidentifikasi partikel-partikel asap dengan ukuran yang bervariasi.
- Metode II memiliki kelemahan kurang baik digunakan dalam kondisi cuaca berawan karena tidak membedakan antara awan dan partikel asap.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahri, S. (2002). *Kajian Penyebaran Asap Kebakaran Hutan dan Lahan di Wilayah Sumatera Bagian Utara dan Kemungkinan Mengatasinya dengan TMC*. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, 3(2), 99-104.

- [2] BPPT. (1997). *Laporan Kegiatan Operasi Udara Penipisan Asap di Sumatera dan Kalimantan September-Oktober 1997*. UPT-HB, Jakarta: BPPT.
- [3] Johnson, J.T., MacKeen, P.L., Witt, A., Mitchell, D., Stumpf, G.J., Eilts, M.D., and Thomas, K.W. (1998). *The storm cell identification and tracking algorithm: An enhanced WSR-88D algorithm*. Wea. Forecasting, 13, 263–276.
- [4] Jones, A.T., and Christopher, S.A. (2009). *Injection Heights of Biomass Burning Debris Estimated from WSR-88D Radar Observations*. IEEE Transaction Geosciences and Remote Sensing, 47, 2599–2605.
- [5] Jones, A.T., and Christopher, S.A. (2010). *Satellite and Radar Remote Sensing of Southern Plains Grass Fires: A Case Study*. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 49(10), 2133–2145.
- [6] Lang, T.J., Rutledge S.A., Dolan B., Krehbiel P., Rison W., and Lindsey D.T. (2014). *Lightning in Wildfire Smoke Plumes Observed in Colorado during Summer 2012*. Monthly Weather Review, 142, 489 – 507.
- [7] Lareau, N.P., and Clements C.B. (2017). *The Mean and Turbulent Properties of a Wildfire Convective Plume*. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 56, 2283– 2299.
- [8] Melnikov, V. M., Zurnic, D.S., Rabin, R.M. and Zhang, P. 2008. *Radar polarimetric signatures of fire plumes in Oklahoma*. Geophys. Res. Lett.,35, doi:10.1029/ 2008GL034311.
- [9] Rasyid, F. (2014). *Permasalahan dan Dampak Kebakaran Hutan*. Jurnal Lingkar Widyaiswara, 1(4), 47-59.
- 59.content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf):
- [10] Rogers, R.R., and Brown W.O.(1997). *Radar observations of a major industrial fire*. Bulletin American Meteorology Society, 78, 803–814.
- [11] Sepriando, A., Hartono, dan Jatmiko R.H. (2019). *Deteksi Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan Citra Satelit Himawari-8 di Kalimantan Tengah*. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol.20 No.2, 79 – 89
- [12] Suryani A.S. (2012). *Penanganan Asap Kabut Akibat Kebakaran Hutan di Wilayah Perbatasan Indonesia*. Jurnal Aspirasi DPR RI, 3(1), 59 – 75
- [13] Suwarsono, Yulianto, F., Parwati, dan Suprpto, Totok. (2009). *Pemanfaatan Data Modis untuk Identifikasi Daerah Bekas Terbakar (Burned Area) Berdasarkan Perubahan Nilai NDVI di Provinsi Kalimantan Tengah Tahun 2009*. Jurnal Penginderaan Jauh, 6, 54-64.
- [14] The World Bank. (2016). *Kerugian dari Kebakaran Hutan Analisa Dampak Ekonomi dari Krisis Kebakaran tahun 2015*. Laporan Pengetahuan Lanskap Berkelanjutan Indonesia:1. Bank Dunia. Jakarta.
- [15] Wijaya, C.M. (2016). *Identifikasi Asap Kebakaran Hutan Dengan Citra Radar dan Satelit (Studi Kasus Asap Kebakaran Hutan Tanggal 20 Oktober 2015 di Palangka Raya)*. Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika September 2016.
- [16] Zubaidah, A., Sulma, S., Suwarsono, dan Prasasti I., (2019). *Pemanfaatan Citra VIIRS untuk Deteksi Asap Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia*. Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, 9(4), 929 – 945.