

# PERBANDINGAN SEBARAN ABU VULKANIK MENGGUNAKAN CITRA SATELIT HIMAWARI-8 DENGAN METODE *TWO BAND SPLIT WINDOWS* (TBSW) DAN *THREE BAND VOLCANO ASH PRODUCT* (TVAP)

Alfian Dwi Nugroho 1425060

Dosen Pembimbing 1 : Ir. Leo Pantinema Msc  
Dosen Pembimbing 2 : Alifah Noraini S.T., M.T

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia – [Alfiandwinugroho9@gmail.com](mailto:Alfiandwinugroho9@gmail.com)

## ABSTRACT:

Indonesia mempunyai jalur gunung api mulai dari Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, Banda, Maluku hingga Papua. Hal ini menyebabkan Indonesia rawan terjadinya bencana akibat erupsi gunung berapi seperti lahar, abu vulkanik serta pencemaran udara yang mengandung zat berbahaya seperti sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S). Sebaran abu vulkanik letusan gunung berapi menimbulkan banyak kerugian di sektor pertanian, kesehatan dan juga penerbangan. Pemantauan sebaran abu vulkanik menggunakan analisis penginderaan jauh satelit Himawari-8 pada erupsi Gunung Agung bertujuan untuk mendeteksi dan memantau abu vulkanik gunung berapi serta arah pergerakannya dan dikaitkan dengan aktivitas gunung tersebut. Pemantauan sebaran abu vulkanik menggunakan metode *Two Band Split Windows* (TBSW) dan *Three Band Volcano Ash Product* (TVAP) pada data citra satelit Himaawari-8 yang selanjutnya kedua metode tersebut akan dilakukan perbandingan mengenai arah, sebaran dan kedetailan dalam menangkap abu. Hasil pantauan sebaran abu vulkanik menggunakan metode TVAP dapat menangkap dengan detail dan jelas dengan rona warna yang lebih jelas dibandingkan TBSW

**KEY WORDS:** TVAP, TBSW, Abu Vulkanik, Himawari-8, Perbandingan Metode

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai jalur gunung api yang rawan erupsi di sepanjang ring of fire mulai dari Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, Banda, Maluku hingga Papua. Jalur gunung api tersebut berada di zona subduksi (zona batas pertemuan dua lempeng yang bersifat konvergen, bergesekan satu sama lain) dan merupakan jenis gunung komposit yang dapat mengeluarkan lahar panas, awan panas, abu vulkanik dan material lainnya yang cukup besar yang dapat mempengaruhi kondisi atmosfer serta menyebabkan gempa vulkanik, longsor, hingga tsunami (jika berasal dari gunung api laut) (Fatkhuroyan, 2016).

Salah satu gunung api di Indonesia yang baru saja mengalami erupsi adalah Gunung Agung. Gunung ini kembali mengalami erupsi pada tanggal 29 Juni 2018. Gunung Agung mengalami peningkatan aktivitas yang diawali dengan erupsi pada Selasa (28/6) malam. Letusan dengan semburan kolom abu setinggi 2.000 meter di atas puncak gunung langsung disusul hujan abu di area barat lereng Gunung Agung. Hembusan yang ditandai dengan semburan asap putih hingga kelabu dengan intensitas sedang dan tebal berlangsung sejak pagi. Namun peningkatan yang signifikan mulai terpantau sekitar pukul 11.00 WITA. Pada alat seismik Pos Pantau Rendang, semburan asap putih-kelabu dengan ketinggian antara 1.500 sampai 2.000 meter terekam berulang-ulang, namun secara visual praktis sepanjang hari puncak Gunung Agung terlihat mengeluarkan asap. Pos Pantau Rendang juga merekam terjadinya tremor menerus sejak pukul 12.30 WITA. (Balipost.com)

Pemantauan abu vulkanik dalam penerbangan sangat diperlukan karena seorang pilot tidak bisa selalu melihat adanya abu vulkanik, terutama pada malam hari. Beberapa gas abu vulkanik

seperti SO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> merupakan gas yang tidak terlihat. Untuk keselamatan penerbangan, sangatlah penting untuk menghindari awan abu vulkanik (Fatkhuroyan, 2016).

Teknologi penginderaan jauh mempunyai potensi dalam mengekstraksi data dan informasi mengenai sumber daya alam dan lingkungan. Data satelit penginderaan jauh dapat diolah, diinterpretasi dan dianalisis untuk memperoleh informasi sesuai dengan kebutuhan tertentu. Kelebihan yang dimiliki adalah data satelit penginderaan jauh dapat mencakup liputan yang luas, frekuensi pencitraan yang sering, multi resolusi spasial dan spektral merupakan sumber data yang memadai dalam melakukan pemantauan sebaran abu vulkanik. Adanya kemajuan teknologi penginderaan jauh saat ini membuat satelit dapat mendeteksi abu vulkanik secara langsung dan kontinyu. Banyak penelitian telah dilakukan mengenai pemantauan abu vulkanik dengan menggunakan satelit. Salah satunya adalah dengan menggunakan citra satelit Himawari-8

Satelit Himawari-8 merupakan MTSAT generasi baru yang diluncurkan oleh JMA pada musim panas 2014 dan mulai beroperasi pada 7 Juni 2018. Himawari-8 ini menggantikan MTSAT-2 yang telah beroperasi sejak tahun 2010. Satelit Himawari-8 ini memiliki kelebihan dibanding MSAT-2. Pertama, resolusi spektralnya bertambah dari yang sebelumnya pada Satelit GMS (Himawari-1 hingga 5) hanya 4 band atau pada Satelit MTSAT (Himawari 6 dan 7) hanya 5 band, pada Himawari 8 dan 9 menjadi 16 band yang terdiri dari 3 band pada kanal visibel, 3 band pada kanal infra merah-dekat atau near infrared (NIR) dan 10 band pada kanal termal atau Infrared (IR). Kedua, resolusi spasial atau ukuran pikselnya juga berubah yaitu pada seri satelit sebelumnya resolusi spasialnya 1 Km pada band visibel dan 4 Km pada band IR, meningkat menjadi 0.5 Km dan

1 Km pada band visibel, 2 Km pada data band IR serta dan 2Km pada band NIR. Perkembangan lainnya pada Himawari 8 adalah resolusi temporal, dimana pada seri-seri sebelumnya adalah tiap satu jam sekali sedangkan pada Satelit Himawari-8 menjadi tiap 10 menit sekali untuk pengamatan cakupan penuh (global) dan 2.5 menit sekali untuk pengamatan khusus (lokal) seperti pemantauan badai dan wilayah Jepang. (Anggraeni, 2016).

Himawari-8/9				
Band	Spatial resolution at SSP [km]	Central wave length [μm]		Channel Name
		AHI-8	AHI-9	
		(Himawari-8)	(Himawari-9)	
1	1	0.47063	0.47059	Visible
2	1	0.51	0.50993	
3	0.5	0.63914	0.63972	
4	1	0.8567	0.85668	Near Infrared
5	2	1.6101	1.6065	
6	2	2.2568	2.257	
7	2	3.8853	3.8289	Infrared
8	2	6.2429	6.2479	
9	2	6.941	6.9555	
10	2	7.3467	7.3437	
11	2	8.5926	8.5936	
12	2	9.6372	9.6274	
13	2	10.4073	10.4074	
14	2	11.2395	11.208	
15	2	12.3806	12.3648	
16	2	13.2807	13.3107	

Tabel. 1 Spesifikasi saluran citra Himawari-8, JMA (2016)

Dalam pemantauan sebaran abu vulkanik dengan menggunakan citra satelit Himawari-8 terdapat berbagai macam metode diantaranya adalah metode *Two Band Split Windows* (TBSW) dan *Three Band Volcano Ash Product* (TVAP). Metode *Two Bands Split Windows* (TBSW) merupakan teknik yang memanfaatkan dua kanal pada saluran inframerah dari citra satelit Himawari-8. Dua kanal pada saluran inframerah yang digunakan adalah saluran IR (10,8μm) dan I2 (12,0μm) untuk melakukan perhitungan nilai *Brightness Temperature Difference* (BTD) dengan persamaan sebagai berikut (Idhan dan Zulkarnain, 2018).

$$BTD = IR - I2 \quad (<1 - \geq 2) \quad (1)$$

Keterangan : BTD = Brightness Temperature Difference  
 IR = Saluran IR (10,3-10,6) μm, satuan °K  
 I2 = Saluran I2 (12,2-12,5) μm, satuan °K

Dalam pemantauan sebaran abu vulkanik menggunakan Metode *Three-Band Volcanic Ash Product* (TVAP) memerlukan 3 saluran IR dari citra satelit Himawari-8. teknik ini didasarkan pada penjumlahan dari 2 perbedaan kecerahan temperature (BTDs), skala untuk memaksimalkan kecerahan dan kontras dari abu vulkanik dari citra output. Efek fisik ditambahkan BTDs terobservasi untuk membantu membedakan abu vulkanik dari tipe awan meteorologi yaitu (1) menurunkan absorpsi oleh abu vulkanik atau sulfur dioksida pada pusat panjang gelombang 3,9 μm; 10,7μm; 12,0 dan μm; (2) menguatkan reflektansi energy matahari oleh abu pada panjang gelombang 3,9 μm yang mana berubah ubah setiap hari. Dalam perhitungan nilai dari 2 perbedaan kecerahan temperature (BTDs) (Ellrod dkk, 2003).

$$BTD = C + m1 (T5-T4) + m2 (T2-T4) \quad (2)$$

Keterangan : B = Brightness Temperature  
 C = Konstanta (60)  
 T2 = Saluran I4 (3,74-3,96) μm, satuan °K  
 T4 = Saluran IR (10,3-10,6) μm, satuan °K  
 T5 = Saluran I2 (12,2-12,5) μm, satuan °K  
 m1 = faktor skala dari 2 TBSW (10)  
 m2 = faktor skala dari SLIR (3)

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian yang dipilih dalam penelitian ini adalah Gunung Agung. Gunung ini aktif dan baru saja mengalami letusan pada tanggal 29 Juni 2018 dengan mengeluarkan abu vulkanik yang intensitasnya selalu berubah-ubah. Keterangan mengenai gunung agung dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar. 1 Lokasi Gunung Agung Bali, Google earth (2016)

Lokasi Geografi : 8°20'5" LS dan 115°30'5" BT  
 Lokasi Administratif : Kecamatan Rendang, Kabupaten Karangasem, Bali, Indonesia.  
 Ketinggian : 3.031 mdpl.  
 Tipe Gunung Api : Stratovolcano

## 2.2 Peralat dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian di wilayah Gunung Agung sebagai berikut :

### 1. Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software):

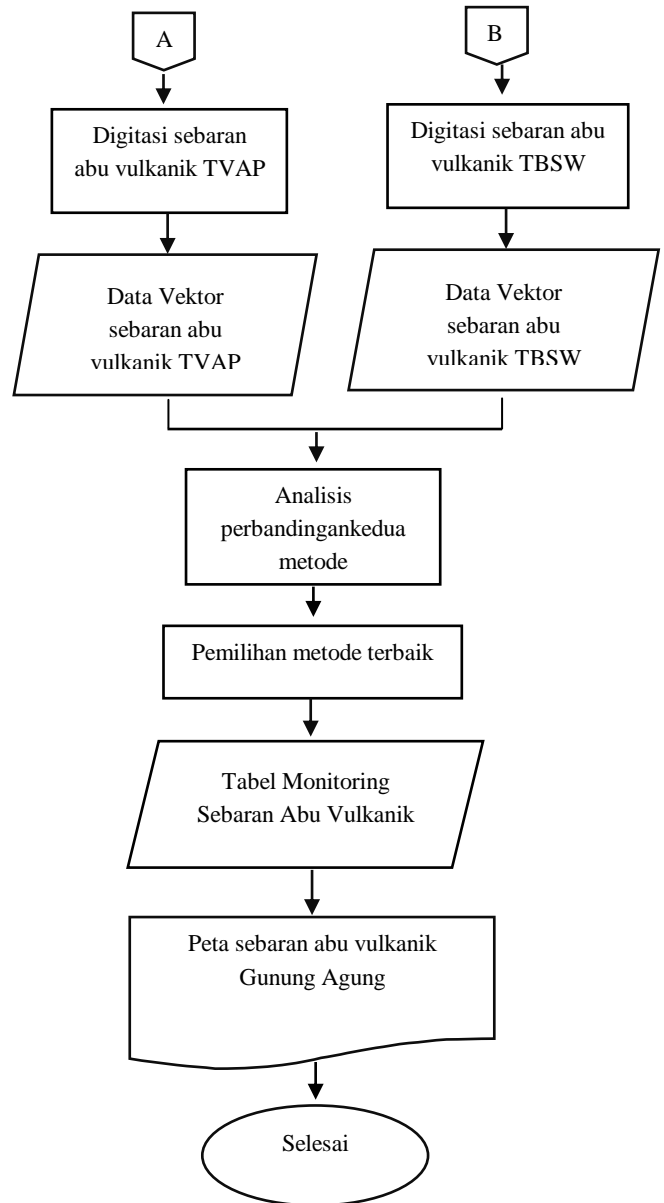
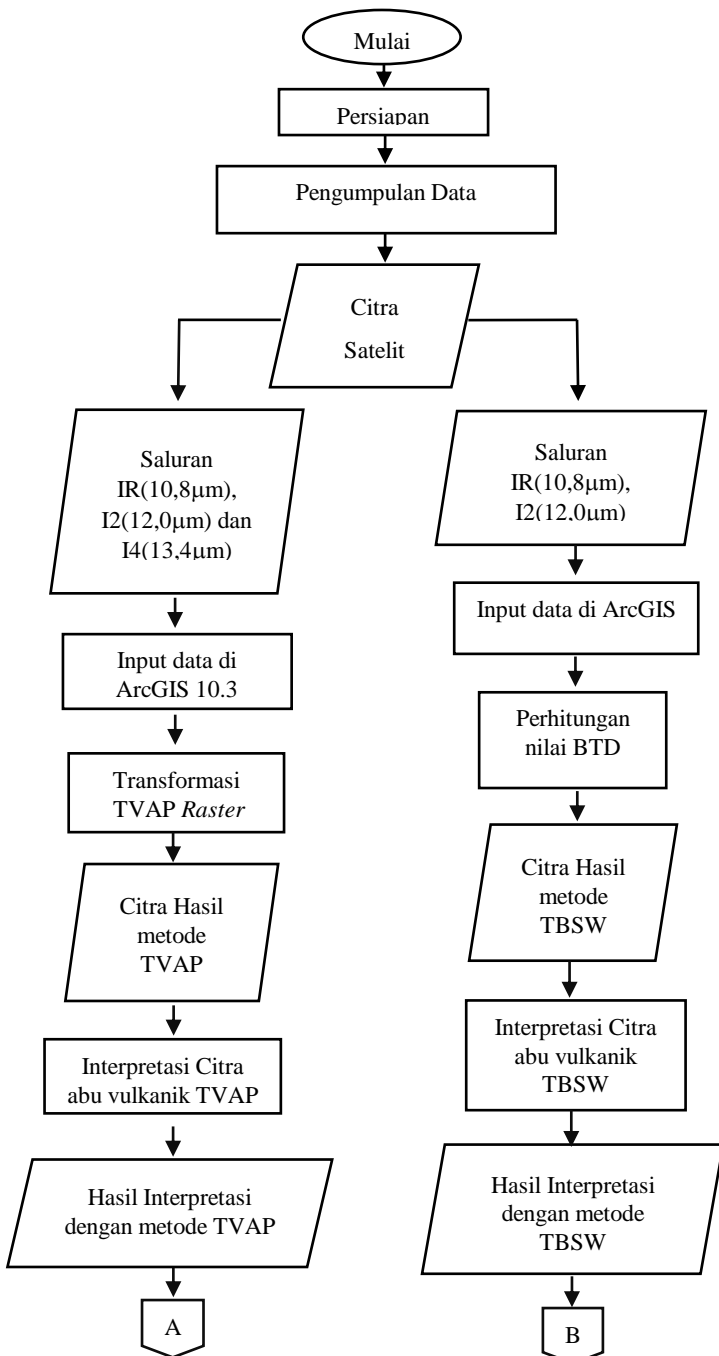
- a. Perangkat keras (Hardware).
  - Laptop (1 buah)
  - Hardisk Eksternal dengan size 1 GB. (1 buah)
- b. Perangkat Lunak (Software)
  - ArcGIS 10.3

### 2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari sebagai berikut :

- a. Citra Himawari-8
- b. Peta Batas Administrasi

## 2.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2 Diagram alir

## 2.4. Penjelasan Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir penelitian analisis sebaran abu vulkanik menggunakan citra satelit Himawari-8:

### 1. Persiapan

Dalam setiap pekerjaan atau penelitian tahap pertama yang harus dilakukan adalah tahap persiapan. Tahap persiapan berguna untuk mempersiapkan hal apa saja yang dibutuhkan untuk meminimalisir sesuatu yang tidak diinginkan selama penelitian berlangsung.

### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan adalah pengumpulan data citra satelit yang akan digunakan selama penelitian. Data citra satelit yang digunakan selama penelitian ini adalah citra satelit Himawari-8. Citra satelit himawari-8 didapat melalui instansi pemerintah BMKG. Data citra satelit Himawari-8 yang digunakan selama penelitian terdiri dari 3 saluran yaitu, (IR(10,8µm), I2(12,0µm) dan I4(13,4µm) Format .nc.). Selama

penelitian berlangsung juga membutuhkan data laporan kejadian sebaran abu vulkanik yang digunakan untuk proses validasi pada citra satelit Himawari-8.

### 3. Transformasi TV-AP Menjadi Raster

File citra satelit Himawari-8 yang sudah didapat selanjutnya dimasukkan kedalam ArcGIS 10.3 dengan menggunakan tools make NetCDF Raster yang terdapat dalam arctoolbox. Adapun saluran yang diinputkan terdiri dari 3 saluran, yaitu IR(10,8µm), I2(12,0µm) dan I4(13,4µm) Format .nc.) selanjutnya data tersebut ditransformasikan kedalam raster dengan perhitungan nilai BTD TVAP dengan menggunakan raster calculator yang terdapat pada arctoolbox. Setekah dilakukan proses raster calculator maka file citra akan menjadi citra grayscale yang dapat menampilkan sebaran abu vulkanik akibat letusan gunungapi dengan warna cerah.

### 4. Perhitungan Nilai BTD

File citra satelit Himawari-8 yang sudah didapat dari instansi BMKG selanjutnya dimasukkan kedalam ArcGIS 10.3 dengan menggunakan tools make NetCDF Raster yang terdapat dalam arctoolbox. Adapun saluran yang digunakan dalam metode TBSW adalah 2 saluran, yaitu IR(10,8µm) dan I2(12,0µm) Format .nc.) selanjutnya data tersebut dilakukan perhitungan BTD berdasarkan metode TBSW dengan menggunakan raster calculator yang terdapat pada Arc toolbox dengan persamaan TBSW. Selanjutnya file citra akan menjadi citra grayscale dengan sebaran abu vulkanik yang berwarna hitam.

### 5. Interpretasi citra abu vulkanik

Interpretasi citra adalah perbuatan mengkaji citra dengan maksud untuk mengidentifikasi obyek dan menilai arti pentingnya obyek tersebut. Interpretasi citra sebaran abu vulkanik adalah identifikasi sebaran abu vulkanik berdasarkan teknik visual dan nilai piksel dengan abu vulkanik yang berasal dari gunung api dan tersebar sesuai arah angin.

### 6. Digitasi Sebaran Abu Vulkanik

Sebaran abu vulkanik yang berhasil diinterpretasikan selanjutnya dilakukan pembuatan data vektor. Pembuatan data vektor digunakan untuk melakukan analisis perbandingan kedua metode.

### 7. Analisis Perbandingan

Analisis perbandingan kedua metode dilakukan dengan menggunakan persamaan false pixel rate, yaitu membandingkan area optimal sebaran abu vulkanik (dalam piksel) dan jumlah total piksel dengan kisaran kecerahan yang sama dengan abu vulkanik yang sebenarnya piksel tersebut bukan abu vulkanik yang dibagi dengan total piksel yang ada dalam citra. Berikut ini adalah persamaan false pixel rate

$$FPR = 100((T - A)/N)$$

Keterangan :

- FPR = False Pixel Range
- A = Piksel abu vulkanik
- T = Piksel bukan abu vulkanik
- N = Total piksel dalam citra.

### 8. Tabel Monitoring Sebaran Abu Vulkanik

Tabel monitoring sebaran abu vulkanik berisi data citra, interpretasi abu vulkanik dan waktu yang dapat memantau pergerakan sebaran abu vulkanik.

### 9. Peta sebaran abu vulkanik

Peta sebaran abu vulkanik dapat memberikan informasi mengenai kondisi lapisan udara pada area sekitar gunungapi yang sangat bermanfaat untuk memantau letusan gunungapi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Penentuan Threshold

Penentuan nilai piksel untuk mendeteksi sebaran abu vulkanik gunung Agung pada tanggal 29 Juni 2018 seperti yang di tunjukkan pada tabel 2

No	Waktu	Nilai Piksel TVAP	Nilai Piksel TBSW
1	00:00 WITA	265-285	(-2)-(5)
2	01:00 WITA	276-288	(-5)- (5)
3	02:00 WITA	281-292	(-7)-4
4	03:00 WITA	275-290	(-3)-4
5	04:00 WITA	275-291	(-3.5)-3.6
6	05:00 WITA	265-282	(-0.4)-16
7	06:00 WITA	284-291.2	(-6.8)-3
8	07:00 WITA	285-290	(-1)-4.8

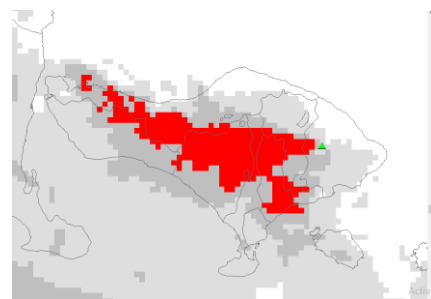
Tabel 2 Nilai Threshold dari masing-masing metode

Berdasarkan percobaan untuk kasus kejadian letusan gunung Agung pada tanggal 29 - 31 Juni 2018 diperoleh nilai :

- Threshold split windows 1 = <-7 - ≥ 16
- Threshold TVAP = >265

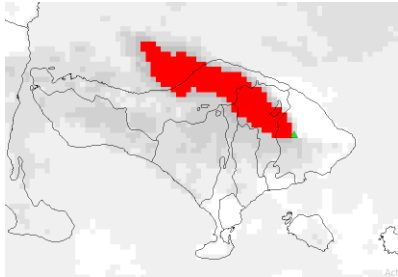
### 3.2 Identifikasi Debu Vulkanik Dengan Metode TBSW

Dalam mengidentifikasi debu vulkanik dengan menggunakan metode split windows diperlukan dua saluran dari satelit Himawari 8 IR (10,4µm), I2 (12.4 µm), dimana nilai split windows 1 merupakan BTD dari IR-I2. Nilai BTD dari metode tersebut yang nanti akan dipetakan seperti hasil pada gambar 3



Gambar 3 Hasil BTB TBSW

Sebaran debu vulkanik terlihat pada gambar 3 ditunjukkan oleh warna merah dengan menggunakan metode TBSW yang terjadi pada pukul 00:00 WITA. Pada waktu ini terlihat sebaran abu vulkanik mengarah ke barat dan sebagian masih mengarah ke barat daya dengan bentuk sebaran area. Berdasarkan pemantauan yang diakses melalui Magma-Var sinar api bisa dilihat dari puncak kawah pada saat letusan

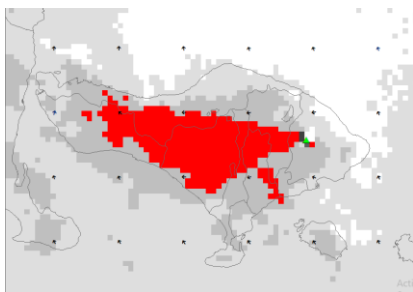


Gambar 4 a) Citra menggunakan metode TBSW pukul 05:00 WITA

Pada gambar 4 menunjukkan citra yang diidentifikasi sebagai sebaran debu vulkanik yang ditunjukkan oleh warna merah untuk metode TBSW yang terjadi pada pukul 05:00 WITA. Sebaran abu vulkanik pada jam 05:00 WITA mulai mengarah ke barat laut dengan bentuk sebaran yang memanjang.

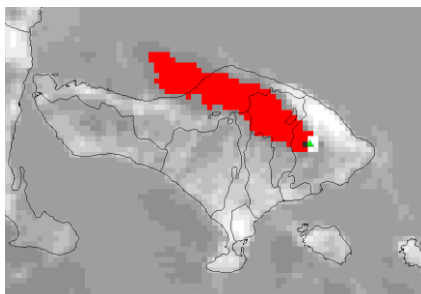
### 3.3 Identifikasi Debu Vulkanik Dengan Metode TVAP

Dalam mengidentifikasi debu vulkanik dengan menggunakan metode TVAP diperlukan 3 kanal dari satelit Himawari 8 yaitu kanal IR (10,4µm), kanal I2 (12,4 µm), dan kanal I4(3,9 µm) dimana nilai TVAP merupakan BTD tersebut yang nanti akan dipetakan seperti hasil pada gambar 5



Gambar 5 Hasil BTB TVAP

Sebaran debu vulkanik terlihat pada gambar 5 ditunjukkan oleh warna merah dengan menggunakan metode TVAP yang terjadi pada pukul 00:00 WITA. Terlihat bahwa sebaran abu vulkanik pada metode TVAP mengarah ke barat dan sebagian ke barat daya mengikuti arah dan kecepatan angin yang tersebar di daerah tersebut.



Gambar 6 citra hasil Threshold

Sebaran debu vulkanik terlihat pada gambar 6 ditunjukkan oleh warna merah dengan menggunakan metode TVAP yang terjadi pada pukul 05:00 WITA. Terlihat bahwa Sebaran abu vulkanik dengan menggunakan metode TVAP mulai mengarah ke barat laut dengan bentuk sebaran yang memanjang.

### 3.4 Perbandingan Identifikasi Debu Vulkanik Dengan Citra TBSW dan TVAP

Aktivitas vulkanik gunung Agung yang mulai mengganggu penerbangan dilaporkan mulai pada tanggal 29 Juni 2018 hingga terjadi penutupan bandara pertama kali pada tanggal 30 Juni 2018 terhadap 5 bandara yang lokasinya berada disekitar gunung Agung, pada tanggal 31 Juni 2018 bandara Ngurah Rai Bali pada kembali ditutup mulai pukul 05.00-11.00 Z berdasarkan hasil olahan citra satelit pada pukul 20.00Z tanggal 30 Juni 2018 sebaran debu vulkanik dari gunung Agung terlihat mulai bergerak ke arah selatan dan terus bergerak ke arah Tenggara menuju bandara Ngurah Rai di Bali seperti yang terlihat pada gambar 7

No	Waktu	FPR TVAP	FPR TBSW
1	00:00 WITA	1.73	0.54331
2	01:00 WITA	0.3349	0.82
3	02:00 WITA	0.2167	0.7999
4	03:00 WITA	0.0207	0.4489
5	04:00 WITA	0.00471	0.2209
6	05:00 WITA	0.338	1.0743
7	06:00 WITA	0.5205	4.23
8	07:00 WITA	0.7071	2.9501

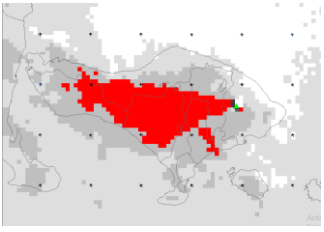
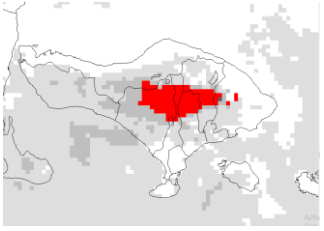
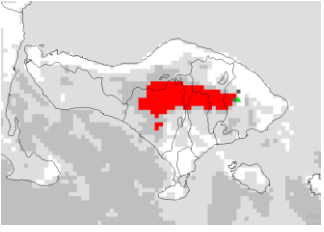
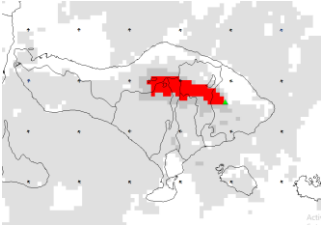
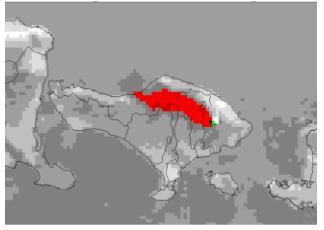
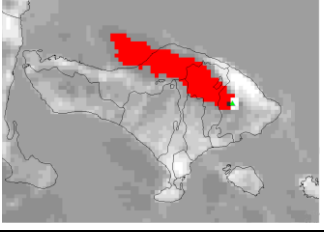
Tabel 3 Nilai FPR Metode TVAP dan TBSW

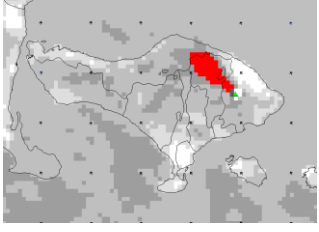
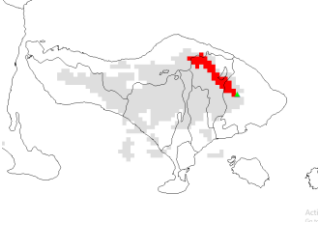
Dari hasil tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai FPR pada metode TVAP cenderung lebih kecil dibandingkan dengan metode TBSW. Nilai FPR dijadikan acuan untuk melihat tingkat akurasi dari metode yang digunakan berdasarkan jumlah piksel. Dalam hal ini jika nilai FPR yang digunakan dalam metode tersebut lebih kecil menunjukkan bahwa metode memiliki tingkat kesalahan yang kecil.

Metode TVAP yang menggunakan 3 saluran inframerah dari data Citra Satelit Himawari-8 menunjukkan sebaran yang detail dan dapat membuat sebaran abu vulkanik terlihat jelas. Metode TVAP yang menggunakan 2 saluran dari data Citra Satelit Himawari-8 juga dapat mengidentifikasi sebaran abu vulkanik akan tetapi masih terdapat warna piksel yang kurang jelas dari abu vulkanik jika diinterpretasikan secara visual.

Metode TVAP dan Metode TBSW memiliki perbedaan masing-masing pada waktu pengamatan tertentu, dapat dilihat pada pukul 00:00 WITA Metode TVAP memiliki nilai FPR yang cukup besar, berbanding terbalik dengan metode TBSW yang memiliki nilai FPR <1. Akan tetapi sebaran abu vulkanik pada metode TVAP sesuai dengan sebaran arah angin yang berada disekitaran gunung Agung, berbeda dengan metode TBSW yang masih terdapat kesalahan sebaran abu jika dilihat sebaran dari arah angin.

Pada pengamatan berikutnya metode TVAP justru memiliki nilai FPR yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai TBSW. Dapat dilihat pada tabel 3 bahwa nilai FPR pada metode TVAP memiliki nilai <1. Yang berarti kesalahan dari piksel pada metode TVAP untuk mendeteksi sebaran abu vulkanik memiliki nilai kesalahan yang kecil.

No	Waktu	Citra
1	00:00 WITA	
2	01:00 WITA	
3	02:00 WITA	
4	03:00 WITA	
5	04:00 WITA	
6	05:00 WITA	

7	06:00 WITA	
8	07:00 WITA	

Tabel 4 Monitoring sebaran abu vulkanik

Pada pukul 00:00 WITA terlihat sebaran abu vulkanik memiliki area yang sangat besar, yaitu hampir mencakup seluruh pulau Bali yang mengarah ke barat dan barat daya dari lokasi gunung agung. kemudian area abu vulkanik mulai berkurang pada waktu berikutnya. Pada pukul 04:00 WITA dapat dilihat sebaran abu vulkanik mulai mengarah ke barat laut sesuai dengan arah pergerakan angin. Selanjutnya pada pukul 05:00 WITA terlihat sebaran abu vulkanik mengalami peningkatan area yang mengarah ke arah barat laut dengan area yang memanjang. Abu vulkanik mulai menghilang pada pukul 07:00 WITA

### 3.5 Kesimpulan dan Saran

#### 3.5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai FPR dalam metode TVAP didapat lebih kecil dibandingkan dengan TBSW yang berarti metode TVAP memiliki nilai kesalahan dalam piksel yang kecil untuk mendeteksi sebaran abu vulkanik dengan nilai rentang FPR 0,00471 sampai 1,730 sedangkan pada metode TBSW memiliki nilai rentan FPR 0,2209 sampai 4,230.
2. Data sebaran arah angin sesuai dengan metode TVAP dan TBSW, yang berarti kedua metode tersebut cukup baik digunakan dalam mengidentifikasi arah sebaran abu vulkanik. Dari hasil pengamatan sebaran abu vulkanik akibat erupsi gunung agung, terlihat sebaran abu vulkanik awalnya mengarah ke arah barat daya pada pukul 00:00 WITA, yang kemudian berubah ke arah barat pada pukul 01:00 WITA dan kemudian berubah ke arah barat laut pada pukul 03:00 WITA dengan kecepatan angin disekitar gunung agung yaitu 10-19 Km/jam.

#### 3.5.2 Saran

Dalam penelitian ini penulis memiliki beberapa saran sebagai berikut :

1. Meskipun nilai rentang piksel dari kedua metode tersebut cukup baik digunakan untuk kejadian letusan Gunung Agung pada bulan Juni 2018, diperlukan

penelitian lebih lanjut untuk kejadian letusan Gunung Agung pada tahun sebelum dan sesudah 2018 untuk memastikan nilai rentang piksel tersebut bisa digunakan untuk mengidentifikasi debu vulkanik pada setiap kejadian letusan Gunung Agung.

2. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa nilai rentang piksel setiap gunung berbeda, sehingga penulis menyarankan agar dilakukan penelitian untuk menentukan rentang piksel setiap gunung berapi di Indonesia agar kedepannya lebih mudah dalam identifikasi sebaran debu vulkaniknya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, S. (2003). Principle of Remote Sensing. Training On Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology. Dehra Dun, India: Proceeding of WMO .
- Anggraeni, Siska. 2015. Kajian Hujan Lebat Di Padang Dengan Memanfaatkan Citra Satelit Himawari-8 Dan Data GSMaP. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tangerang Selatan
- Bronto Sutikno. 2010 Geologi Gunung Api Purba. Bandung : Badan Geologi
- Ellrod, Gary. Connel, Bernadette. dan Hillger, Donald . 2003. Improved Detection of Airborne Volcanic Ash using Multispectral Infrared Satellite Data. Jurnal Penelitian Geofisika, No. D12, 4356. USA: NOAA.
- Fajarianti, Rahpeni. 2018. Pemanfaatan Citra Satelit Himawari-8 untuk Identifikasi Sebaran Abu Vulkanik Gunung Agung. (1) (2017)
- Fatkhuroyan. Wati, Trinah. 2017. Pemantauan Sebaran Abu Vulkanik Menggunakan Penginderaan Jauh Satelit Himawari-8 Dan AURA-OMI (Ozone Mapping Instrument). Majalah Ilmiah Globè, No.1
- Japan Meteorological Agency. 2015. Himawari Standard Data User's Guide. 1-3-4 Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8122 Japan.
- Kurniawan, Fitra. 2017. Pemanfaatan Citra Satelit Himawari-8 Untuk Mendeteksi Abu Vulkanik Pada Letusan Gunung Berapi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
- Oppenheimer, C. 1998. Volcanological Applications of Meteorological Satellite. International Jurnal of Remote Sensing. Vol. 19 No.15, hal. 2829 – 2864. UK: Jurusan Geografi, Universita Cambridge.
- Pratomo, Indyo. Desember 2006. Klasifikasi gunung api aktif Indonesia, studi kasus dari beberapa letusan gunung api dalam sejarah. Jurnal Geologi Indonesia, No. 4
- Prata, A.J. 1989. Observation of Volcanic Ash Clouds in the 10-12  $\mu\text{m}$  window using AVHRR/2 Data. International Jurnal of Remote Sensing, NOS. 4 and 5. Australia: CSIRO, Departement of Atmospheric Research.
- Sutanto. 1986. Penginderaan Jauh Jilid 1. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada Press