

# PENGUKURAN SUHU PERMUKAAN LAHAN UNTUK PREDIKSI LETUSAN GUNUNG API

Heru Noviar, Wikanti Asriningrum, Maryani Hartuti, Yon Rijono  
Peneliti Bidang Penginderaan Jauh, LAP AN

## ABSTRACT

Temperature is one of the important parameter for volcano eruption prediction. Remote Sensing Data can be used to measure *land surface temperature*. The *land surface temperature* can be calculated with the band 4 and 5 of NOAA Satellite data by implementing the *land surface temperature* algorithm (LST). From field observation and measurement of volcano Merapi temperature indicate a significant pattern between the crater temperature and the *land surface temperature* derived from satellite data which shows increasing near eruption.

## ABSTRAK

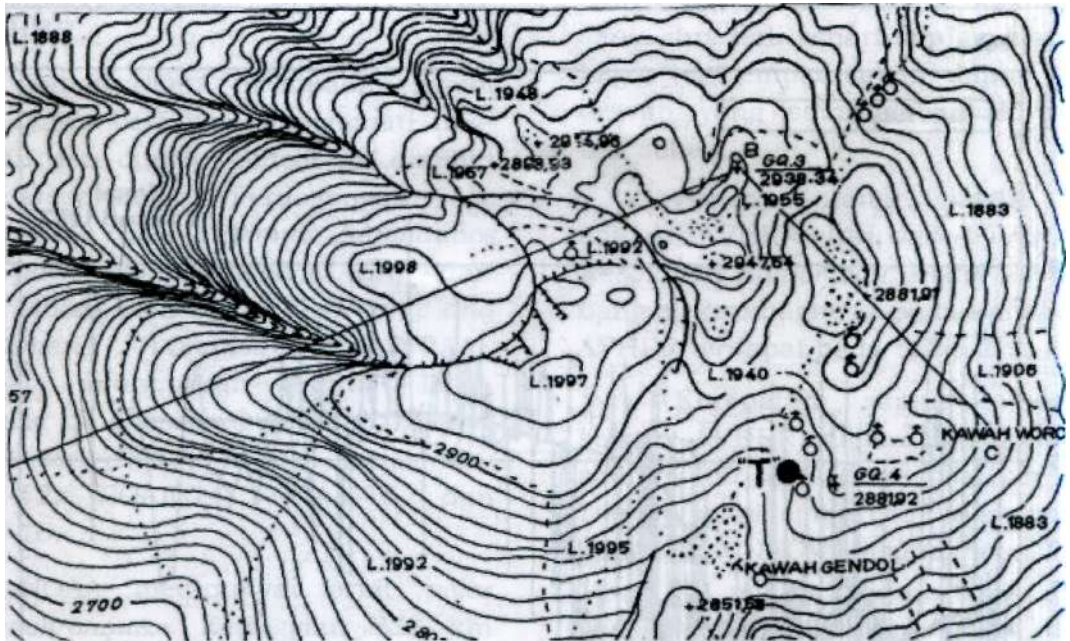
Suhu merupakan salah satu parameter penting untuk prediksi letusan gunung api. Data penginderaan jauh dapat digunakan untuk estimasi suhu permukaan lahan. Suhu permukaan lahan dapat dihitung menggunakan kanal 4 dan 5 data NOAA, dengan menerapkan algoritma *Land Surface Temperature* (LST). Hasil pengukuran lapangan untuk temperatur Gunung Merapi menunjukkan pola yang signifikan antara suhu kawah dan suhu udara di atas kawah (yang meningkat karena meningkatnya suhu permukaan lahan) menjelang letusan.

Kata kunci: *Suhu permukaan lahan, Gunung Merapi, Data satelit NOAA-AVHRR*

## 1 PENDAHULUAN

Suhu permukaan lahan merupakan salah satu parameter penting untuk prediksi letusan gunung api, selain awan panas, guguran, api diam, kubah tumbuh, gemuruh, kegempaan, inflasi, magnetik, SO<sub>2</sub>, gejala panjang, gejala pendek, dan hujan (Ratmonopurbo, 2000). Setiap gunung api memiliki karakter tersendiri dalam menampakkan tanda-tanda awal sebelum letusan. Tanda-tanda itu bisa berupa satu parameter atau beberapa parameter secara bersamaan, seperti Gunung Papandayan untuk letusan tahun 2002 ditandai oleh gempa tanpa ada perubahan suhu, sedangkan Gunung Merapi untuk letusan tahun 1997 ditandai oleh perubahan suhu, gempa, inflasi, api diam, guguran, gejala

panjang dan gejala pendek. Pengukuran suhu fumarol (lubang/area yang mengeluarkan gas/uap vulkanik) di Gendol, puncak Gunung Merapi tercatat berkisar 700° C, besarnya suhu ini menunjukkan bahwa sumber magma sangat dekat dengan permukaan. Suhu ini dicatat dengan sistem telemetri digital dengan memasang sensor di tempat yang diukur (Gambar 1-1). Menjelang letusan Gunung Merapi bulan Januari 1997 terjadi kenaikan suhu fumarol yaitu 75CPC pada 1 bulan November 1996 dan meningkat menjadi 780°C pada JMSSX ^sssfemJ 1996 (Gambar 1-2). Kenaikan suhu ini secara jelas menunjukkan adanya perubahan suhu fumarol pada satu setengah bulan sebelum letusan.



Gambar 1-1: Topografi puncak Merapi. Titik T adalah lokasi sensor suhu gendol

Pengukuran suhu udara akibat meningkatnya suhu permukaan lahan di tempat yang sama tercatat rata-rata sekitar 18°C mulai tiga minggu sebelum letusan suhu naik menjadi 30°C (Gambar 1-3). Perubahan ini menunjukkan bahwa pada saat akan meletus, panas gas magmatik yang keluar mendahului magma dan memanaskan lingkungan puncak sehingga suhu permukaan lahan dan udara di puncak ikut naik.

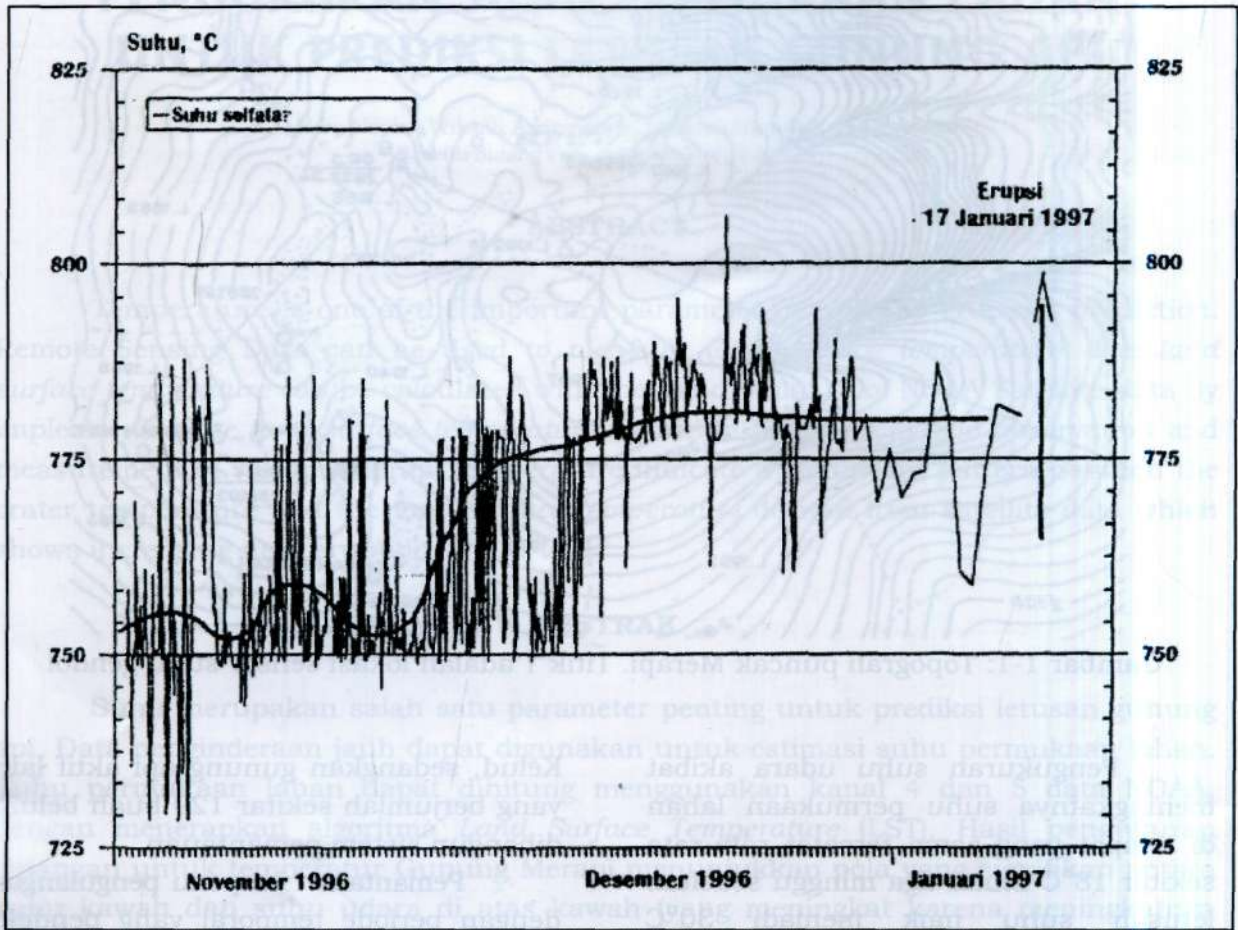
Hambatan utama pengukuran terestrial ini adalah bahwa pemasangan sensor suhu di puncak harus diletakkan dekat dengan fumarol yang bersuhu tinggi. Di tempat seperti ini tingkat korosi jauh lebih tinggi dari pada lokasi yang jauh dari fumarol.

Berbagai parameter dipantau untuk mendapatkan informasi prediksi sedini mungkin, mengingat bahwa letusan gunung api mengakibatkan korban dan kerugian tidak sedikit. Di Indonesia terdapat sistem pemantauan yang baik seperti di Gunung Merapi dan Gunung

Kelud, sedangkan gunung api aktif lain yang berjumlah sekitar 129 buah belum dibangun sistem pemantauan.

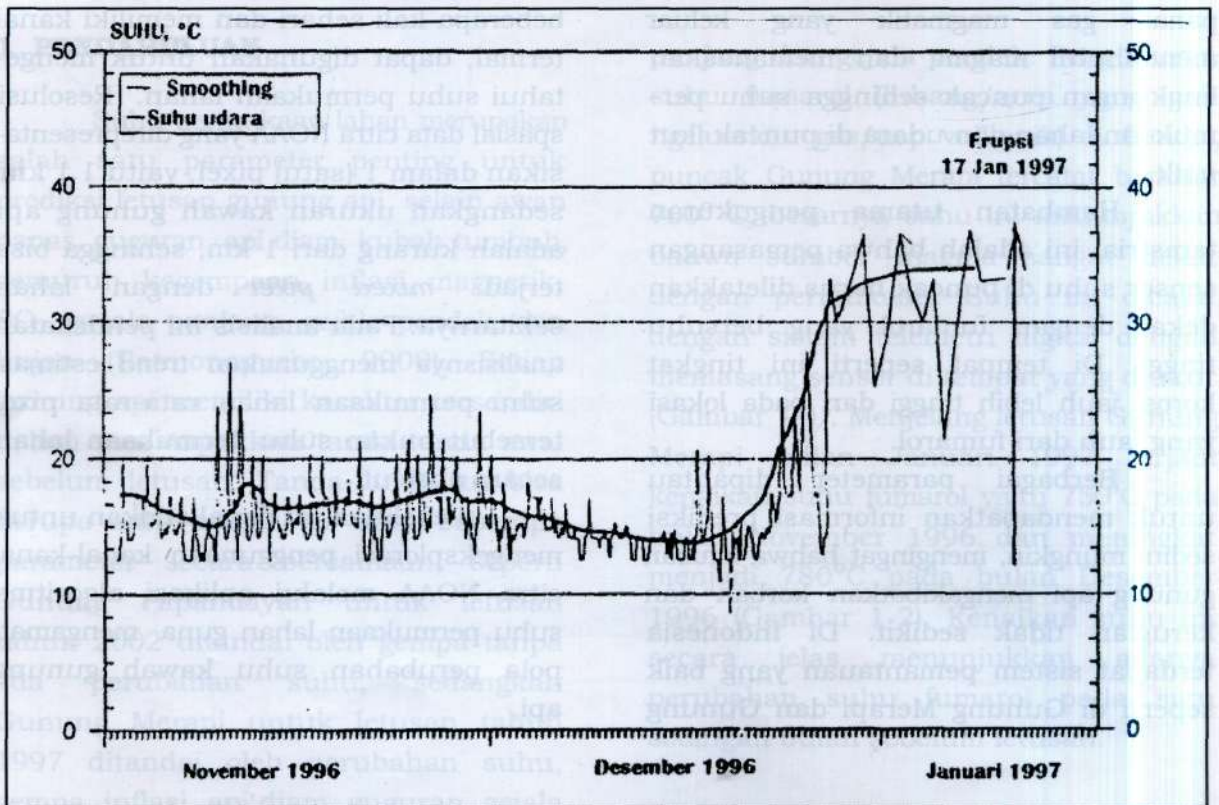
Pemantauan ini perlu pengulangan dengan periode temporal yang pendek. Data penginderaan jauh satelit cuaca NOAA mempunyai periode perekaman beberapa kali sehari dan memiliki kanal termal, dapat digunakan untuk mengetahui suhu permukaan lahan. Resolusi spasial data citra NOAA yang direpresentasikan dalam 1 (satu) pixel, yaitu 1.1 km, sedangkan ukuran kawah gunung api adalah kurang dari 1 km, sehingga bisa terjadi *mixed pixel* dengan lahan sekitarnya. Pada analisis ini pendekatan analisisnya menggunakan trend estimasi suhu permukaan lahan rata-rata pixel tersebut bukan suhu permukaan lahan secara absolut.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengeksplorasi penggunaan kanal-kanal citra NOAA melalui aplikasi algoritma suhu permukaan lahan guna mengamati pola perubahan suhu kawah gunung api.



Sumber: Direktorat vulkanologi, 2000

Gambar 1-2: Suhu fumarol kawah gendol



Sumber: Direktorat vulkanologi, 2000

Gambar 1-3: Suhu udara kawah gendol



## 2 KARAKTERISTIK DATA NOAA-AVHRR

Satelit NOAA merupakan satelit cuaca yang berfungsi mengamati lingkungan dan cuaca. Satelit ini dimiliki oleh Departemen Perdagangan AS, diluncurkan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), dan dioperasikan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). NOAA-1 diluncurkan tahun 1972. Sekarang di atmosfer Indonesia melintas empat seri NOAA setiap hari, yaitu NOAA-12, NOAA-14, NOAA-15, dan NOAA-16.

NOAA mempunyai orbit *polar sunsynchronous*. Ketinggian 833 km (NOAA-12) dengan sudut inklinasi terhadap equator  $98,9^\circ$  (NOAA-12). Periode orbitalnya 101,4 menit. Satelit

NOAA dapat mengamati daerah yang sama dua kali sehari (malam dan siang hari), bila empat satelit dapat meliputi daerah yang sama sebanyak delapan kali sehari.

Sensor utama satelit NOAA adalah AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer Model 2*). Gelombang elektromagnetik pada kanal sensor AVHRR terdapat pada Tabel 2-1.

Kecepatan sapuan (*scanning*) sensor AVHRR dalam merekam data adalah 360 baris (*scan line*) per menit. Tiap pixel mempunyai luas pandang sesaat atau IFOV (*Instantaneous Field of View*) 1,4 milirad pada sensor, dimana pada permukaan bumi setara dengan resolusi 1,1 km. Jadi pada citra NOAA, 1 pixel menunjukkan daerah sepanjang 1,1 km. Pada titik nadir lintasan *cross*

Tabel 2- 1: GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK PADA KANAL SENSOR AVHRR

Kanal	Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ )	Daerah Spektrum	Penggunaan
1	0,58 - 0,68	Radiasi tampak	Pemetaan awan siang hari, pemantauan salju, lapisan es, & cuaca.
2	0,72 - 1,10	Radiasi tampak dan infra merah dekat	Pemantauan perkembangan tumbuh-tumbuhan (indeks vegetasi), deteksi awan & salju.
3	3,55 - 3,93	Radiasi Infra merah menengah	Penentuan awan di malam hari, pengukuran suhu permukaan laut, membedakan antara daratan dan laut, pemantauan aktivitas vulkanik, dan pemantauan kebakaran hutan.
4	10,5 - 11,5	Radiasi infra merah termal	Pemetaan awan di siang dan malam hari, pengukuran suhu permukaan laut, & penelitian air tanah.
5	11,5 - 12,5	Radiasi infra merah termal	Berfungsi sama seperti kanal 4, merupakan koreksi terhadap data kanal 4.

Sumber : Nippon Hakuyo (1989)



*track scan* (sudut pandang sensor) adalah  $55,4^\circ$  dari nadir, sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan antara ukuran pixel di nadir dengan ukuran pixel ke-1 dan pixel ke-2048. Perbedaan panjang pixel kira-kira 4,9 kali pixel dan lebar kira-kira 1,8 kali pixel. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses koreksi geometrik citra serta mengurangi penyimpangan kenampakan citra dan mengurangi perbedaan informasi antar pixel.

### 3 ALGORITMA PERHITUNGAN SUHU PERMUKAAN LAHAN DARI DATA NOAA-AVHRR

Perhitungan suhu permukaan lahan (LST) dari data NOAA, 12 dan 14, menggunakan *algoritma split window*, yaitu kombinasi kanal 4 dan kanal 5. Algoritma tersebut terdiri dari :

#### 3.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik ini dilakukan dengan mengubah data digital menjadi nilai albedo untuk kanal 1, kanal 2, serta nilai suhu kecerahan untuk kanal 3, 4 dan 5 dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Mengubah nilai digital menjadi nilai radiansi menggunakan persamaan :

$$N = G X + 1 \dots \dots \dots (3-1)$$

dengan

N adalah nilai radiansi  
 X adalah data digital  
 G dan 1 adalah masing-masing adalah koefisien slope dan intersep untuk tiap kanal. Untuk kanal 1 dan 2.

- b) Menghitung suhu kecerahan untuk kanal 3, 4 dan 5 menggunakan persamaan invers fungsi Planck :

$$T_b \frac{C_2}{(1 + (C_1))} \dots \dots \dots (3-2)$$

dengan

T<sub>b</sub> adalah suhu kecerahan (dalam derajat Kelvin)  
 C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> Adalah konstanta yang masing-masing nilainya  $1.1910659 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1} \text{ W sr}^{-1} \text{ cm}^4$  dan

$1.438833 \text{ cm K}$ , adalah *v* bilangan gelombang pusat (*central wave number*) untuk kanal 3, 4 dan 5 masing-masing  $2670.95 \text{ cm}^{-1}$ ,  $927.73 \text{ cm}^{-1}$  dan  $838.35 \text{ cm}^{-1}$  (untuk NOAA-14). Kanal 3 rekaman data siang hari tidak dipergunakan karena adanya pengaruh pantulan matahari.

#### 3.2 Menghitung Suhu Permukaan Lahan (LST)

Perhitungan LST dilakukan hanya pada pixel yang bebas awan. Oleh karena itu perlu dilakukan prosedur untuk mendeteksi pixel yang berawan. Langkah-langkah untuk mendeteksi awan dilakukan sebagai berikut

- a) Jika suhu kecerahan dari kanal 5 (T<sub>b5</sub>) lebih kecil dari  $280^\circ \text{ K}$  maka pixel tersebut berawan. Ambang batas  $280^\circ \text{ K}$  adalah berdasarkan analisis statistik pixel yang berawan dan yang bebas awan untuk daerah di Samudera Hindia antara  $5^\circ \text{LS} - 30^\circ \text{LU}$  (Nath, 1993).
- b) Jika (kanal 2/kanal 1) > 0.6 maka pixel tersebut berawan.
- c) Jika selisih antara suhu kecerahan kanal 4 dan kanal 5 lebih besar dari  $2.5^\circ \text{ K}$  maka pixel tersebut berawan.

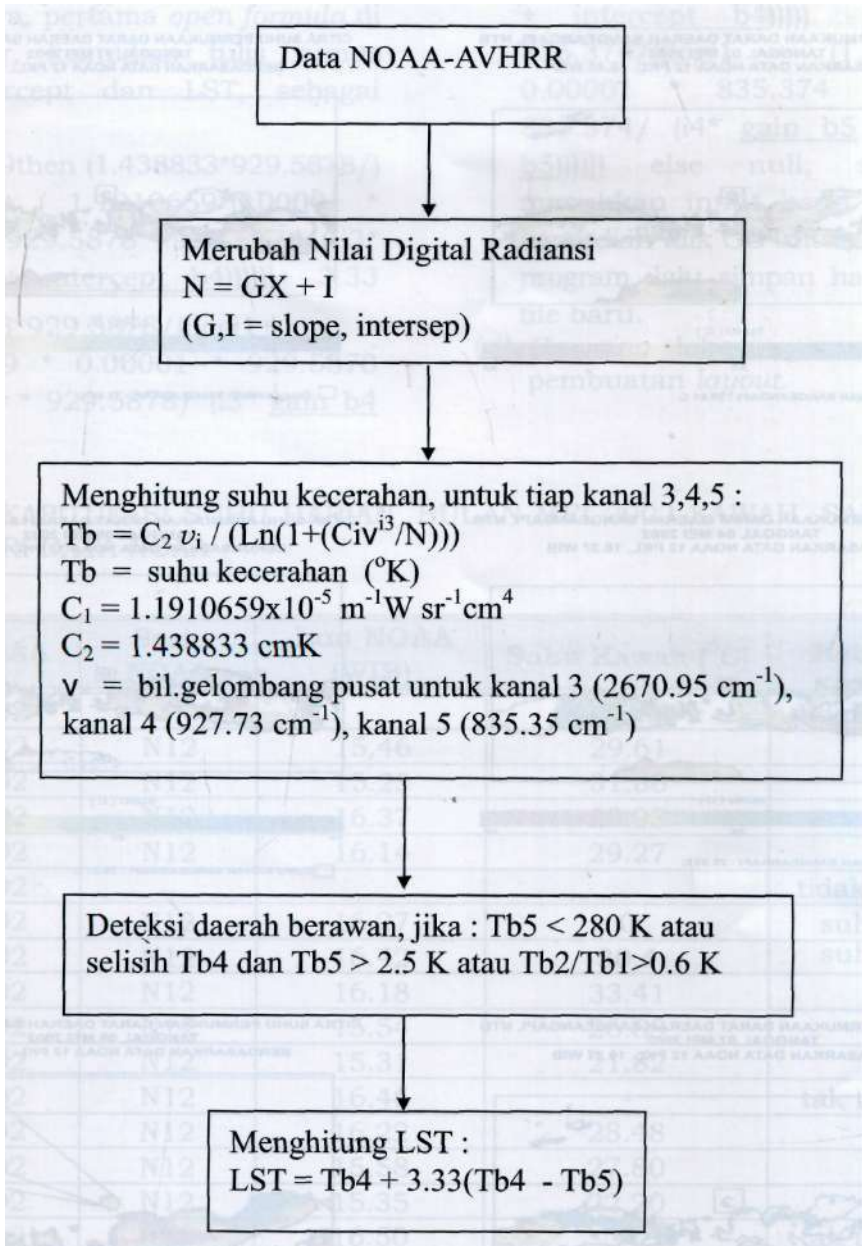
Selanjutnya, dilakukan perhitungan LST pada pixel-pixel yang bebas awan. Pada studi kasus ini dilakukan pengolahan data siang hari sehingga digunakan *split window function* (kombinasi kanal 4 dan 5). Price (1984) menurunkan persamaan kombinasi kanal 4 dan 5 untuk menentukan suhu permukaan lahan sebagai berikut

$$LST = T_{b4} + 3.33 (T_{b4} - T_{b5}) \dots \dots \dots (3-3)$$

dengan

LST adalah dalam K  
 T<sub>b4</sub> dan T<sub>b5</sub> adalah suhu kecerahan kanal 4 dan 5

Dari algoritma di atas, dapat disusun dalam bentuk diagram alir dalam Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Diagram alir pengukuran LST dari data NOAA-AVHRR

#### 4 PENGOLAHAN SUHU PERMUKAAN LAHAN DARI DATA NOAA MENGGUNAKAN ER-MAPPER

Pengolahan yang digunakan untuk menerapkan algoritma perhitungan suhu permukaan lahan adalah program ER-Mapper, dengan langkah-langkah sebagai berikut

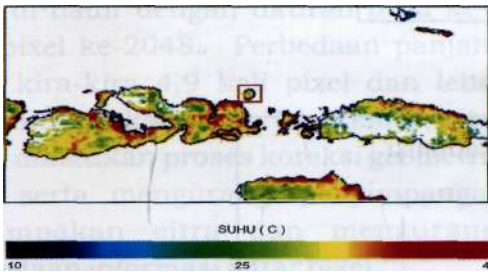
- (i) Import data NOAA perkanal (5 kanal) dari format ASCII 16 bit ke format ER-Mapper. Dalam import data ini

diisi jumlah kolom baris dan kolom standar data NOAA, yaitu baris 768 dan kolom 1024.

- (ii) Menggabung semua kanal menjadi 1 file.
- (iii) Merotasi citra untuk data NOAA dengan perolehan data siang hari, karena data yang diperoleh terbalik 180°, sedang untuk data malam hari tidak perlu dirotasi. Menu yang digunakan di program ER-Mapper adalah *Process*, lalu *Rotate Dataset*, isi

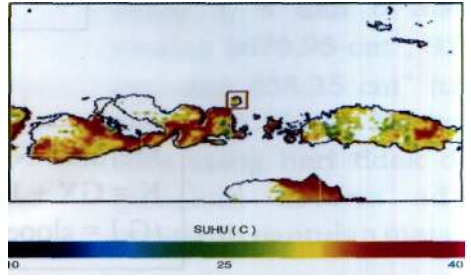


CITRA SUHU PERMUKAAN DARAT DAERAH SANGEANGAPI, NTB  
TANGGAL 02 MEI 2002  
BERDASARKAN DATA NOAA 12 PKL. 15.46 WIB



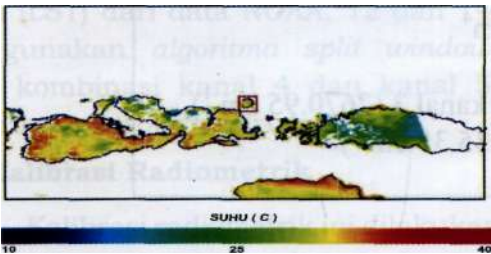
□ SUHU KAWAH SANGEANGAPI : 29.61 C

CITRA SUHU PERMUKAAN DARAT DAERAH SANGEANGAPI, NTB  
TANGGAL 03 MEI 2002  
BERDASARKAN DATA NOAA 12 PKL. 15.23 WIB



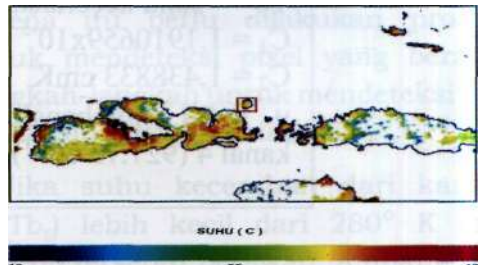
● SUHU KAWAH SANGEANGAPI : 31.86 C

CITRA SUHU PERMUKAAN DARAT DAERAH SANGEANGAPI, NTB  
TANGGAL 04 MEI 2002  
BERDASARKAN DATA NOAA 12 PKL. 16.37 WIB



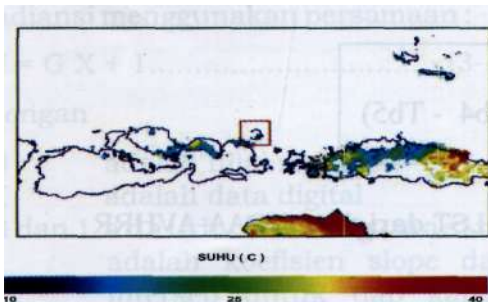
□ SUHU KAWAH SANGEANGAPI : 28.93 C

CITRA SUHU PERMUKAAN DARAT DAERAH SANGEANGAPI, NTB  
TANGGAL 05 MEI 2002  
BERDASARKAN DATA NOAA 12 PKL. 16.14 WIB



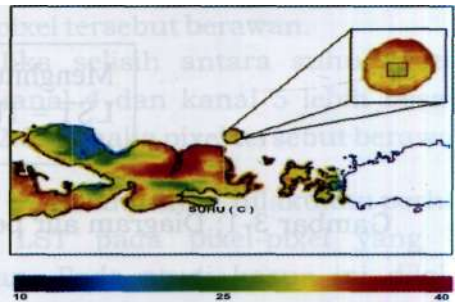
□ SUHU KAWAH SANGEANGAPI : 29.27 C

CITRA SUHU PERMUKAAN DARAT DAERAH SANGEANGAPI, NTB  
TANGGAL 07 MEI 2002  
BERDASARKAN DATA NOAA 12 PKL. 16.27 WIB



□ SUHU KAWAH SANGEANGAPI 0 C (BERAWAN)

CITRA SUHU PERMUKAAN DARAT DAERAH SANGEANGAPI, NTB  
TANGGAL 08 MEI 2002  
BERDASARKAN DATA NOAA 12 PKL. 16.42 WIB



□ SUHU KAWAH SANGEANGAPI : 30.4 C

Gambar 5-1: Citra suhu permukaan lahan daerah Sangeangapi tanggal 2-5 Maret 2002 dan 7-8 Mei 2002

input dan output data dan rotation isi 180°.

- (iv) Koreksi geometrik hasil rotasi citra, karena data NOAA belum terkoreksi sistematis. Langkah-langkahnya, antara lain: pertama yaitu menentukan GCP dengan menggunakan data yang telah terkoreksi sistematis sebagai data referensi, dengan menu yang digunakan, adalah *Process*, lalu

*Rectification*, berikutnya *Define Ground Control Points*. Kemudian cari GCP minimal 10 titik menyebar pada seluruh citra. Selanjutnya untuk proses rektifikasinya, menu yang digunakan, adalah *Process*, lalu *Rectification*, berikutnya klik *Rectify Dataset using Ground Control Points*,

- (v) Menghitung nilai *gain intercept* dan *LST* dalam satu formula. Adapun

langkahnya, pertama *open formula* di ER-Mapper, kemudian tulis rumus gain intercept dan LST, sebagai contoh:

```
if(i2/il)>0.9then (1.438833*929.5878/
(log ( 1 + ( 1.1910659*0.00001 *
929.5878*929.5878 * 929.5878/( i3*
gain b4 + intercept b4)))))+ 3.33
*(1.438833*929.5878/((log(1+
(1.1930659 * 0.00001 * 929.5878
*929.5878 * 929.5878/ (i3* gain b4
```

```
+ intercept b4)))) - 1.438833*
835.374/((log(1 + (1.1910659 *
0.00001 * 835.374 *835.374 *
835.374/ (i4* gain b5 + intercept
b_5)))))) else null, setelah itu
masukkan input band 1,2,4,dan 5
kemudian klik GO untuk menjalankan
program, lalu simpan hasilnya dalam
file baru.
```

(vi) *Cropping* lokasi gunung api dan pembuatan *layout*.

Tabel 5-1: REKAPITULASI SUHU HARIAN BULAN MEI 2002 KAWAH SANGEANGAPI DARI DATA NOAA

Tanggal NOAA	Seri NOAA	Jam NOAA (WIB)	Suhu Kawah (°C)	Keterangan
01-05-2002				tidak ada data
02-05-2002	N12	15.46	29.61	
03-05-2002	N12	15.23	31.88	
04-05-2002	N12	16.37	28.93	
05-05-2002	N12	16.14	29.27	
06-05-2002				tidak ada data
07-05-2002	N12	16.27	0	suhu awan
08-05-2002	N12	16.42	30.4	suhu awan
09-05-2002	N12	16.18	33.41	
10-05-2002	N12	15.54	26.88	
11-05-2002	N12	15.31	21.82	
12-05-2002	N12	16.46	-	tak terpantau
13-05-2002	N12	16.22	28.48	
14-05-2002	N12	15.58	27.80	
15-05-2002	N12	15.35	22.20	
16-05-2002	N12	16.50	-	tak terpantau
17-05-2002	N12	16.26	29.79	
18-05-2002				tidak ada data
19-05-2002				tidak ada data
20-05-2002				tidak ada data
21-05-2002	N12	16.30	25.69	
22-05-2002	N12	16.06	26.9	
23-05-2002	N12	15.43	23.92	
24-05-2002				tidak ada data
25-05-2002	N12	16.34	28.68	
26-05-2002	N12	16.10	27.36	
27-05-2002	N12	15.47	26.04	
28-05-2002	N12	15.24	29.69	
29-05-2002	N12	16.38	30.51	
30-05-2002	N12	16.14	27.73	
31-05-2002	N12	15.51	29.11	



### 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah salah satu contoh hasil pengolahan suhu permukaan lahan/darat harian bulan Mei 2002 dari Gunung Sangeangapi yang terletak di Propinsi Nusa Tenggara Barat. Citra suhu permukaan lahan daerah Sangeangapi tanggal 2-5 Maret 2002 dan 7-8 Mei 2002 dapat dilihat pada gambar 5-1.

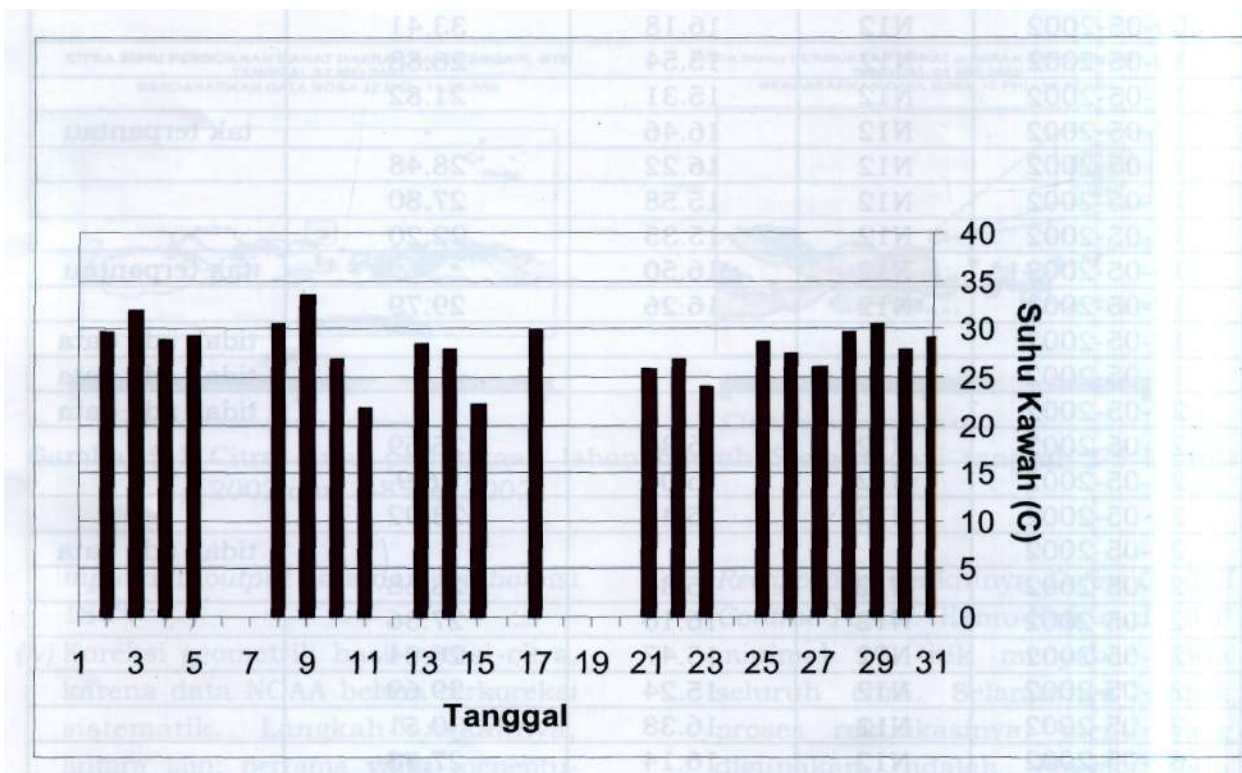
Hasil pengolahan suhu permukaan lahan selama periode bulan Mei 2002 untuk kawah Gunung Sangeangapi di Nusa Tenggara Barat dapat dilihat dalam Tabel 5-1.

Beberapa tanggal tidak ada data, karena rekaman data NOAA rusak atau tidak terekam, yaitu tanggal 1, 6, 18, 19, 20 dan 24 Mei 2002. Sedangkan beberapa tanggal tidak terpantau karena ditutupi oleh awan tebal pada lokasi kawah, yaitu tanggal 12 dan 16 Mei 2002. Sedangkan pada tanggal 7 Mei 2002

terukur suhu kawah 0°C karena di daerah kawah diliputi oleh awan tipis. Sementara tanggal-tanggal yang lain berhasil terukur suhu permukaan lahan, meskipun ini bukan suhu sebenarnya, tetapi suhu yang terukur oleh satelit NOAA, tetapi dapat dilihat kecenderungan perubahan suhu yang terjadi. Hal ini dapat dilihat dari Grafik 5-2 yang diperoleh dari data suhu harian kawah Sangeangapi harian selama bulan Mei 2002.

### 6 KESIMPULAN

Suhu permukaan lahan yang dihitung menggunakan kanal 4 dan 5 data NOAA, dapat digunakan sebagai suhu permukaan lahan yang terukur di atas kawah. Di sisi lain, resolusi spasial NOAA adalah 1,1 km, sedangkan ukuran kawah gunung api adalah kurang dari 1km (bisa terjadi *mixed pixel* dengan lahan sekitarnya) sehingga suhu yang diperoleh merupakan suhu permukaan



Gambar 5-2: Grafik suhu harian permukaan lahan kawah Sangeangapi bulan Mei 2002 dari data NOAA

lahan rata-rata pixel tersebut bukan suhu permukaan lahan secara absolut.

Dengan mengamati trend atau pola perubahan suhu permukaan lahan di atas kawah berdasarkan data NOAA dapat diprediksi pola suhu kawah yang apabila meningkat secara signifikan dapat menjadi pertanda akan terjadinya letusan.

Pengamatan pola suhu permukaan lahan harian menggunakan data satelit seperti NOAA diharapkan bisa dimanfaatkan untuk memberikan peringatan dini akan terjadinya letusan.

Mengingat banyaknya jumlah gunung api aktif di Indonesia, yaitu 129 buah dimana lokasi kawah sulit dijangkau, dan pemasangan alat pengukur suhu di dekat kawah mudah berkarat.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Direktorat Vulkanologi, Dirjen Pertambangan Umum, Dep.Pertambangan dan Energi, 1979. *Data Dasar Gunung api Indonesia*.
- Direktorat Vulkanologi, 2000. Merapi. Yogyakarta.
- Lillesand, Thomas M, dan Ralph W. Kiefer 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* (cetakan ketiga) Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nath, A.N., 1993. *Retrieval of Sea Surface Temperature using NOAA-AVHRR Data for Identification of Potential Fishing Zones-Dissemination and Validation*. International Workshop on Application of Satellite Remote Sensing for Identifying and Forecasting Potential Fishing Zones in Developing Countries, Hyderabad, India 7-11 December.
- Qin, Z and Karnieli, A., 1999. *Progress in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA-AVHRR data*. Int. J. Remote Sensing, Vol. 20, No. 12, 2367-2393.
- Ratmonopurbo, A; Sulistiyo, Y dan Suharna, 2000. *Prekursor Entpsi Gunung Merapi*, Yogyakarta, Direktur Vulkanologi.
- Price, J.C., 1984. *Land Surface Temperature Measurements from The Split Window Channels of The NOAA-7 AVHRR*, J. Geophysics Res., 89, 7231
- Saunders, R.W. and Kriebel, K. T., 1988. *An improved method for detecting clear sky and cloudy radiances from AVHRR data*. Int. J. Remote Sensing, Vol. 9, No. 1, 123-150.
- Web Addresses : [www.pu.go.id/publik/bencana/gn-api/gunung api. htm](http://www.pu.go.id/publik/bencana/gn-api/gunung%20api.htm)  
[www.volcanoLive.com](http://www.volcanoLive.com)