

**Analisis Kondisi Atmosfer dengan Memanfaatkan Citra Satelit Cuaca dan Karakteristik Tanah pada Kejadian Tanah Longsor di Pesisir Barat Lampung sepanjang Tahun 2014**

***Analysis of Atmosphere Condition Utilizing Weather Satellite Imagery and Soil Characteristics on Landslide Events in West Coast of Lampung during 2014***

Jaka Anugrah Ivanda Paski<sup>1\*</sup>, Dyah Ajeng Sekar Pertiwi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika  
Jalan Angkasa I No. 2 Kemayoran Jakarta 10720 Indonesia

<sup>2</sup>Stasiun Klimatologi Klas II Tangerang Selatan

Jalan Raya Kodam Bintaro No.82, Tangerang Selatan, Banten 15221 Indonesia

Naskah diterima 10 Mei 2017, selesai direvisi 15 Agustus 2018, dan disetujui 20 Agustus 2018

e-mail: jaka.paski@yahoo.com

**ABSTRAK**

Berdasarkan data BNPB pada tahun 2014, terdapat 385 kasus tanah longsor di Indonesia dengan Kabupaten Pesisir Barat Lampung merupakan salah satu wilayah rawan longsor di Provinsi Lampung. Menurut data curah hujan dari Badan Meteorologi dan Geofisika, curah hujan di Kabupaten Pesisir Barat berkisar antara 2.500 - 3.500 milimeter dalam setahun atau 140 - 221 milimeter dalam sebulan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membahas dinamika atmosfer selama terjadi longsor serta karakteristik tanah di Kabupaten Pesisir Barat pada tahun 2014. Analisis dinamika atmosfer pada penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan citra satelit MTSAT BMKG melalui kanal IR1 dan IR3. Dari analisis yang dilakukan, citra satelit MTSAT mampu menggambarkan sebaran awan dan kandungan uap air saat kejadian tanah longsor. Dari hasil analisis data jenis tanah diperoleh bahwa kondisi karakteristik tanah di Pesisir Barat cenderung rentan erosi dengan kemiringan lereng 25-40 % serta ada anomali signifikan dari curah hujan bulanan selama kejadian tersebut.

Kata kunci: citra satelit, karakteristik tanah, tanah longsor

**ABSTRACT**

Based on BNPB data in 2014, there were 385 landslide cases in Indonesia with the West Coast Regency of Lampung being one of the landslide-prone areas in Lampung Province. According to rainfall data from the Meteorology and Geophysics Agency, rainfall in the West Coast Regency ranges from 2,500 - 3,500 millimeters in a year or 140 - 221 millimeters in a month. The method used in this study is to discuss atmospheric dynamics during landslides and soil characteristics in Pesisir Barat Regency in 2014. Analysis of atmospheric dynamics in this study was carried out by utilizing satellite images of MTSAT BMKG through IR1 and IR3 channels. From the analysis carried out, MTSAT satellite imagery is able to describe the distribution of clouds and moisture content during landslide events. From the results of soil type data analysis, it was found that the characteristics of soil characteristics in the West Coast tend to be erosion prone with a slope of 25-40% and there is a significant anomaly of monthly rainfall during the event.

Keyword: satellite imagery, soil characteristics, landslide

## PENDAHULUAN

Tanah longsor (*landslide*) adalah salah satu dari tipe gerakan tanah berupa fenomena alam Bergeraknya massa tanah secara gravitasi cepat mengikuti kemiringan lereng (Selby, 1985). Tanah longsor merupakan salah satu jenis bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama pada musim hujan. Sepanjang tahun 2014, sejumlah 338 orang meninggal akibat tanah longsor dengan kecenderungan bencana tanah longsor terus meningkat sejak tahun 2005 hingga 2014 di Indonesia menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Secara geografis wilayah Kabupaten Pesisir Barat masuk kategori daerah rawan bencana alam, seperti tanah longsor dan banjir bandang. Di wilayah Kabupaten Pesisir Barat potensi bencana tanah longsor cukup besar dikarenakan wilayah kabupaten ini berada di kawasan Pegunungan Bukit Barisan sehingga memiliki kemiringan lahan yang terjal. Sebagaimana diketahui, kemiringan lahan merupakan salah satu faktor yang menjadi penyebab terjadinya tanah longsor (Liu drr, 2013; Muchlis, 2015; Prawiradisastra, 2013). Kawasan Pesisir Barat merupakan daerah yang masuk dalam zona I dan zona II yaitu zona yang rawan terhadap bencana gerakan tanah seperti tanah longsor dan erosi tanah (Basmar, 2008). Selain dari letak geografisnya dan kemiringan lahan, tanah longsor dapat terjadi karena pemanfaatan lahan lereng yang relatif curam, sehingga erosi akan sering terjadi dalam bentuk erosi alur dan gerakan massa tanah (Satya drr, 2014).

Curah hujan yang tinggi merupakan faktor meteorologi yang menjadi penyebab terjadinya tanah longsor (Ibrahim drr, 2015). Berdasarkan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika, curah hujan Kabupaten Pesisir Barat berkisar antara 2.500 – 3.500 milimeter per tahun atau 140 – 221 milimeter per bulan. Curah hujan tinggi berasal dari awan hujan (konvektif) yang besar seperti awan Cumulonimbus (Cb). Pertumbuhan awan hujan dapat dilihat dari sebaran dan kandungan uap air. Analisis menggunakan penginderaan jauh seperti

satelit cuaca mampu untuk memberikan gambaran yang baik untuk mengetahui dinamika atmosfer pada kejadian cuaca ekstrim (Paski drr, 2017).

Oleh karena itu, penelitian menganalisis lebih lanjut mengenai karakteristik tanah di Kabupaten Pesisir Barat dan pola curah hujan pada saat terjadinya tanah longsor di Kabupaten Pesisir Barat tahun 2014 dengan memanfaatkan hasil pengamatan dari citra satelit cuaca. Penelitian ini berguna untuk mengetahui kondisi atmosfer pada saat kejadian tanah longsor, sehingga dapat memberikan peringatan waspada kepada masyarakat terlebih daerah ini menjadi daerah rawan tanah longsor setiap tahunnya.

## METODE PENELITIAN

### Data dan Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data citra satelit MTSAT (Multifunction Transport Satellite) dari Japan Meteorological Agency (JMA) dari Sub Bidang Pengelolaan Citra Satelit BMKG Pusat, data pos hujan BMKG dari Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung berupa data klimatologi curah hujan selama 10 tahun dan data kejadian tanah longsor dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Penelitian ini mengambil daerah Pesisir Barat Lampung yang termasuk Kabupaten Pesisir Barat. Kabupaten yang memiliki luas wilayah keseluruhan  $\pm 2.907,23$  Km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk sebesar  $\pm 157.391$  jiwa pada tahun 2014 ini merupakan pemekaran dari Kabupaten Lampung Barat yang terdiri atas 11 kecamatan.

Pada penelitian ini analisis dilakukan dengan menentukan tanggal kejadian tanah longsor pada tahun 2014 yang dari BPBD Provinsi Lampung. Dari data diperoleh tanggal kejadian tanah longsor yaitu pada 5 dan 23 Februari 2014 serta 8 dan 13 November 2014 di wilayah kabupaten Pesisir Barat yang dapat dilihat pada Tabel 1. Analisis kondisi atmosfer dilakukan dengan menggunakan citra satelit MTSAT yang diolah dengan perangkat lunak SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*). SATAID adalah satu perangkat lunak yang dijalankan pada sistem operasi Windows yang berfungsi untuk mengolah data biner menjadi



Gambar 1. Peta Pesisir Barat  
(Sumber: Materi Teknis Rencana Tata Ruang Kabupaten Pesisir Barat)

citra. Ada beberapa variasi program SATAID seperti GMSLPD yang dikhususkan untuk analisa siklon tropis (Tanaka, 2009). Dalam analisis ini digunakan kanal IR1 untuk cakupan awan dan IR 3 untuk mengetahui sebaran uap air (Ardiyanto, 2010). Selanjutnya, dilakukan analisis data klimat dari Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung selama 10 tahun untuk memahami kondisi klimatologis pada daerah Lampung selama 10 tahun terakhir.

Tabel 1. Daftar Kejadian Tanah Longsor 2014  
(Sumber: BPBD Provinsi Lampung, 2016)

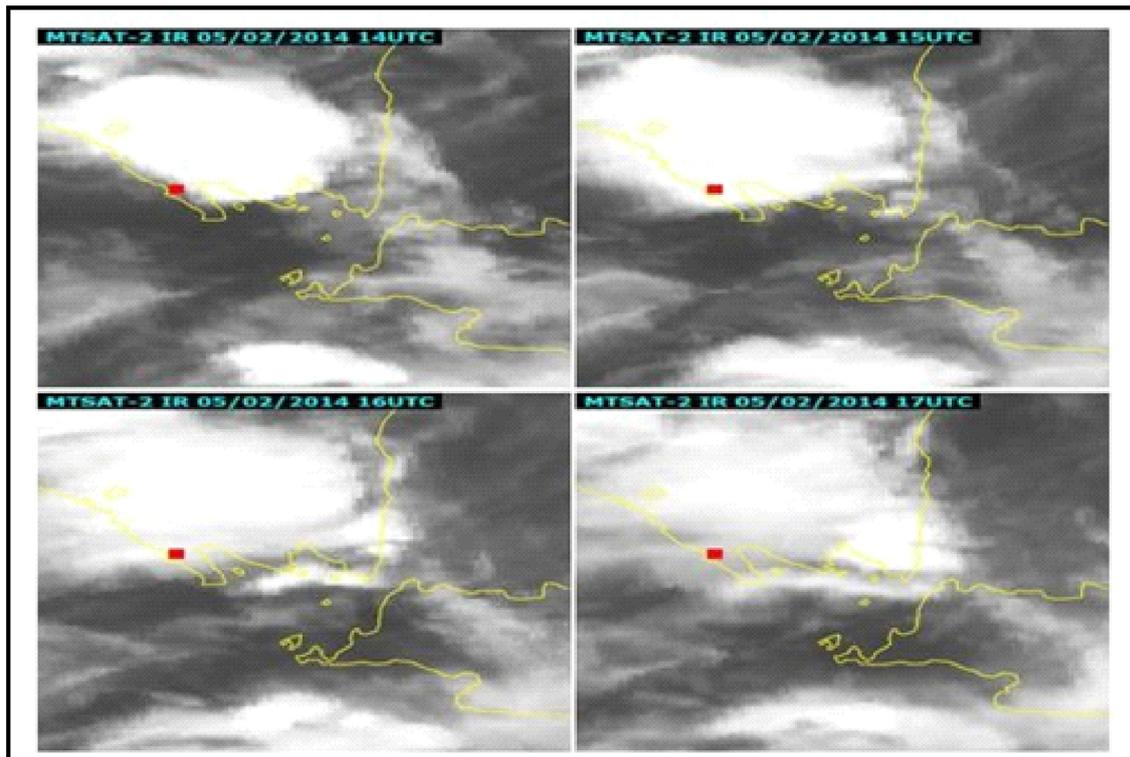
No	Waktu Kejadian	Lokasi Bencana
1	5 Februari 2014	Pekon Penyandingan, Kecamatan Bengkunt Blimbing
2	23 Februari 2014	Pekon Pemerihan, Kecamatan Bengkunt Blimbing
3	8 November 2014	Pekon Labuhan Mandi, Kecamatan Krui Selatan
4	13 November 2014	Lintas Krui-Liwa, Kecamatan Lemong

## HASIL DAN PEMBAHASAN

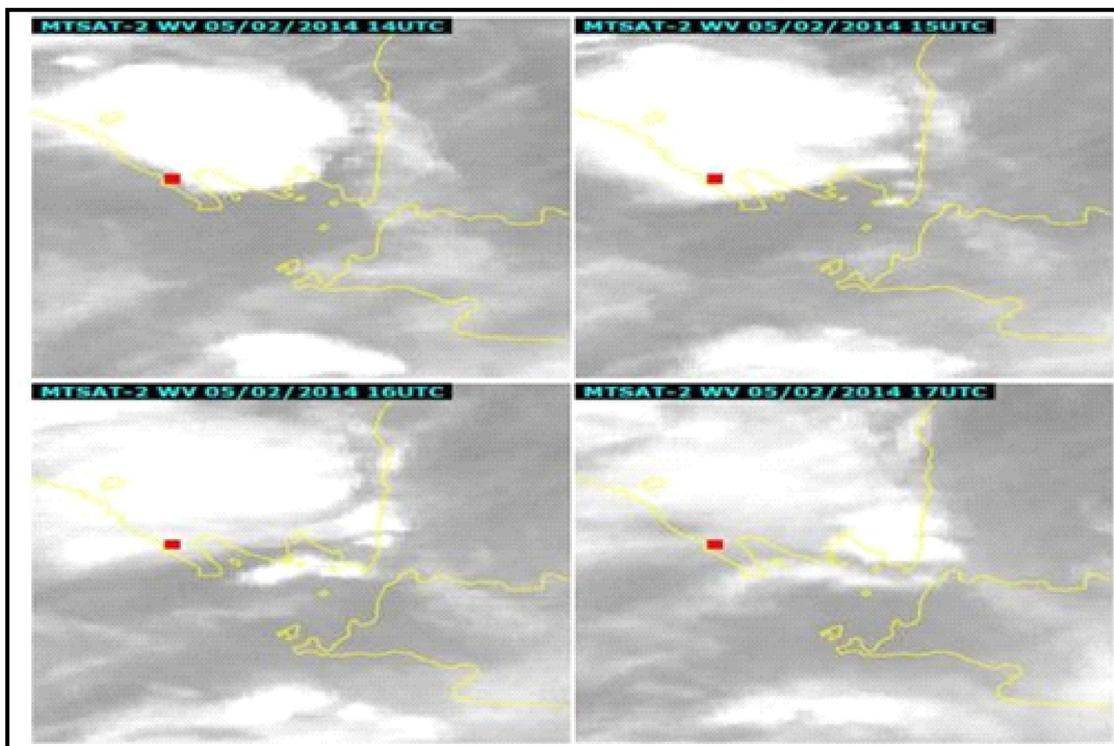
### Analisis Citra Satelit

Untuk kejadian tanah longsor pada 5 Februari 2014 dengan menggunakan aplikasi SATAID dari hasil pengolahan data citra satelit MTSAT, ada berbagai kanal yang dapat diolah untuk kepentingan analisis ini. Gambar 2 menunjukkan hasil pengolahan citra satelit MTSAT dengan menggunakan kanal IR1. Daerah terjadinya tanah longsor ditandai warna merah. Kanal IR1 yang berfungsi untuk mengetahui deteksi sebaran awan menunjukkan adanya pertumbuhan awan pada daerah bertanda merah yaitu daerah terjadinya tanah longsor di Pekon Penyandingan, Kecamatan Bengkunt Blimbing. Semakin luasan awan berwarna putih cerah maka semakin rendah suhu puncak awannya. Dari gambar terlihat wilayah yang berwarna merah diselimuti awan dengan suhu puncak yang sangat rendah, semakin rendah suhu puncak awan mengindikasikan awan hujan merupakan awan Cumulonimbus (Cb). Awan Cb terlihat bertahan dalam beberapa jam saat kejadian longsor terjadi.

Pada Gambar 3 hasil pengolahan data pada kejadian tanah longsor pada 5 Februari 2014 dengan

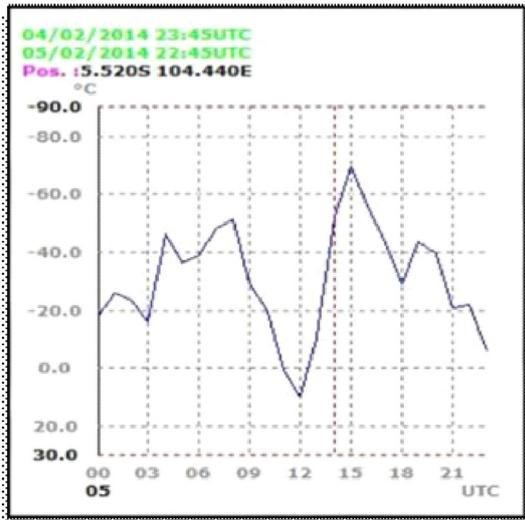


Gambar 2. Deteksi sebaran awan di Pekon Penyandingan Kecamatan Bengkunt Blimbing



Gambar 3. Deteksi kandungan uap air di Pekon Penyandingan Kecamatan Bengkunt Blimbing

menggunakan aplikasi SATAID menggunakan kanal WV/IR3 yang berfungsi untuk mengetahui deteksi kandungan dan pergerakan uap air di lapisan tengah atmosfer, terlihat adanya kandungan uap air pada daerah bertanda merah yaitu daerah terjadinya tanah longsor di Pekon Penyandingan,

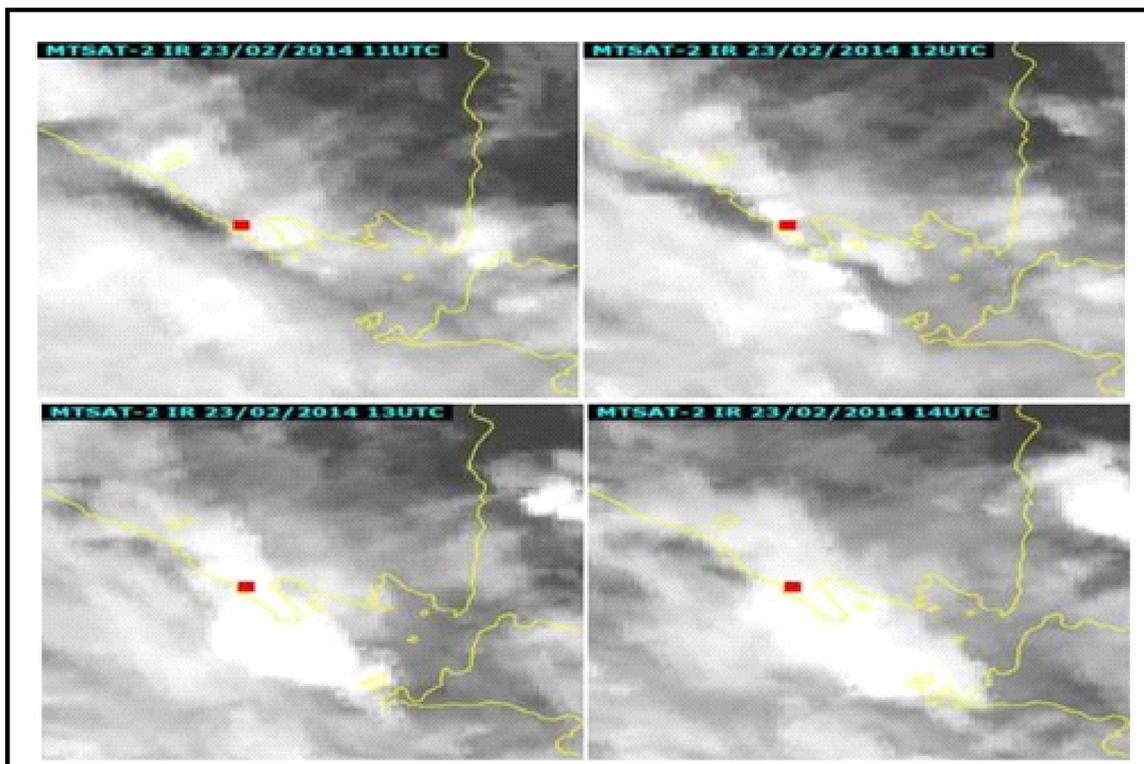


Gambar 4. Time Series Suhu Puncak Awan di Pekon Penyandingan Kecamatan Bengkunt Blimbing

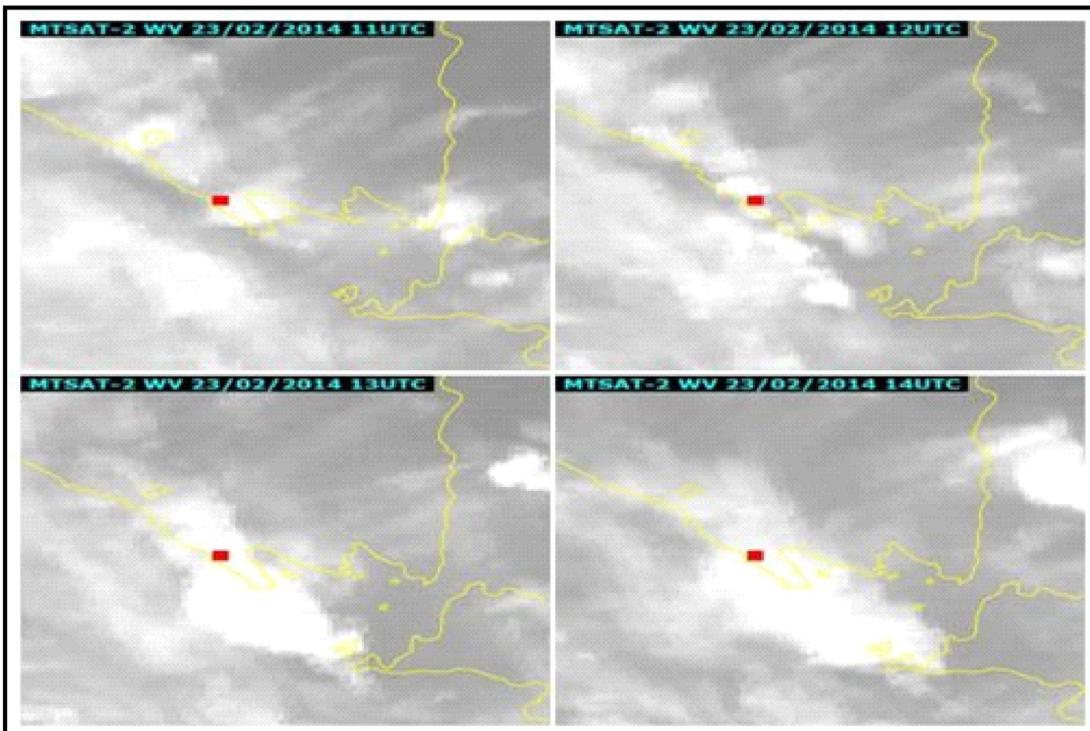
Kecamatan Bengkunt Blimbing. Kandungan uap air juga dinyatakan dengan warna putih, semakin tebal dan cerah maka mengindikasikan banyaknya kandungan uap air.

Gambar 4 merupakan hasil olah data MTSAT untuk mengetahui suhu puncak awan pada wilayah Pekon Penyandingan Kecamatan Bengkunt Blimbing secara time series, pada 5 Februari 2014 saat sebelum, sedang dan sesudah tanah longsor. Suhu puncak awan mencapai  $< -60^{\circ}\text{C}$  yang menunjukkan awan hujan Cb, dimana suhu puncak awan Cb yaitu  $\leq -50^{\circ}\text{C}$  ( $223^{\circ}\text{K}$ ). Saat pukul 15.00 UTC suhu puncak awannya paling rendah yaitu mencapai  $-70^{\circ}\text{C}$ . Awan Cb dengan suhu puncak yang sangat rendah dapat menghasilkan hujan dengan intensitas lebat hingga disertai badai guntur.

Untuk kejadian tanah longsor pada 23 Februari 2014, dari hasil pengolahan data MTSAT kanal IR1 yang terlihat pada Gambar 5 adanya pertumbuhan awan pada daerah bertanda merah yaitu daerah terjadinya tanah longsor di Pekon Pemerihan Kecamatan Bengkunt Blimbing. Terlihat pada pukul 13.00 UTC warna putih semakin berwarna cerah dan tebal yang menindikasikan awan Cb semakin matang.



Gambar 5. Deteksi sebaran awan di Pekon Pemerihan Kecamatan Bengkunt Blimbing

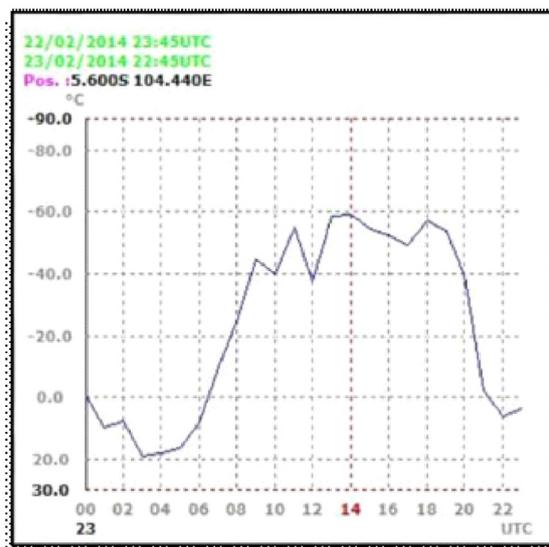


Gambar 6. Deteksi kandungan uap air di Pekon Pemerihan Kecamatan Bengkunt Blimbing

Gambar 6 menunjukkan adanya pertumbuhan kandungan uap air pada daerah bertanda merah yaitu daerah terjadinya tanah longsor di Pekon Penyandingan Kecamatan Bengkunt Blimbing. Untuk kandungan uap air di atmosfer pada saat kejadian tanah longsor terlihat pada pukul 13.00 UTC warna putih semakin berwarna cerah dan tebal.

Pada Gambar 7 yang merupakan hasil olah data *time series* suhu puncak awan untuk wilayah Pekon Pemerihan Kecamatan Bengkunt Blimbing. Pada 23 Februari 2014 terlihat bahwa adanya aktifitas pertumbuhan awan hujan yang ditandai dengan menurunnya suhu puncak awan dari pukul 06.00 UTC (13.00 LT) hingga pada pukul 14.00 UTC (21.00 LT) suhu puncak awan mencapai  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  yang berarti awan hujan tumbuh menjadi awan Cb.

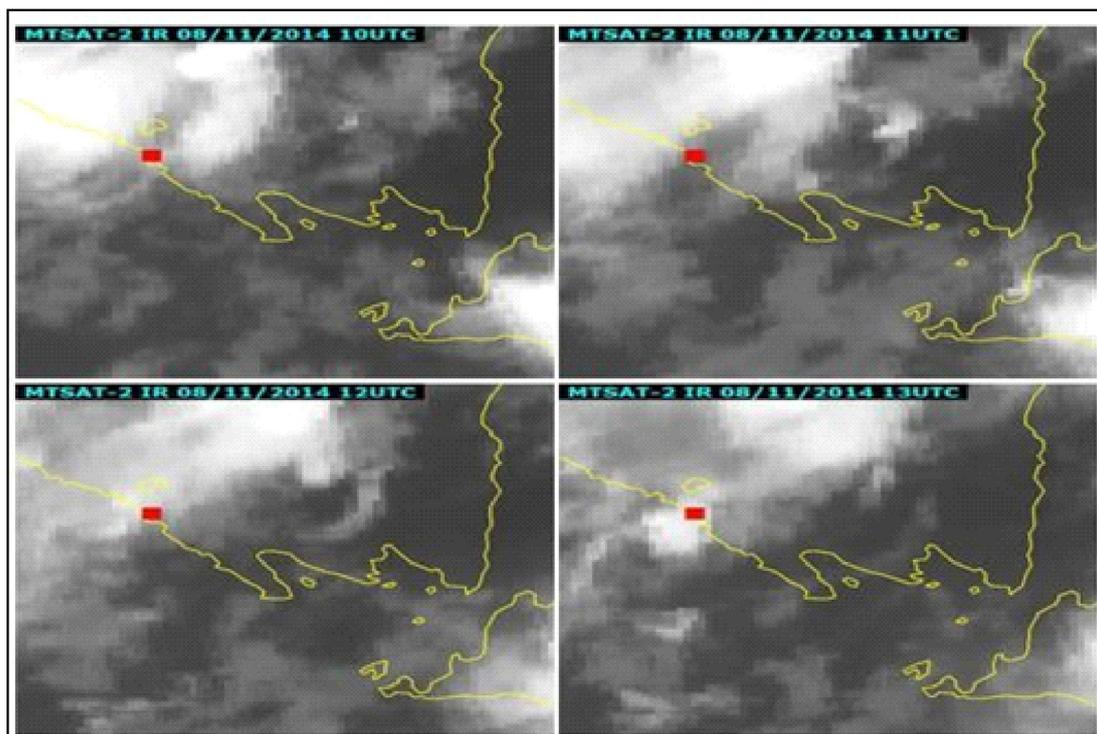
Pada kejadian tanah longsor pada 8 November 2014, dengan menggunakan aplikasi SATAID dari hasil pengolahan data MTSAT kanal IR1 yang berfungsi untuk mengetahui deteksi sebaran awan, terlihat pada Gambar 8 adanya pertumbuhan awan di daerah bertanda merah di Pekon Labuhan Mandi Kecamatan Krui Selatan. Sebaran awan saat



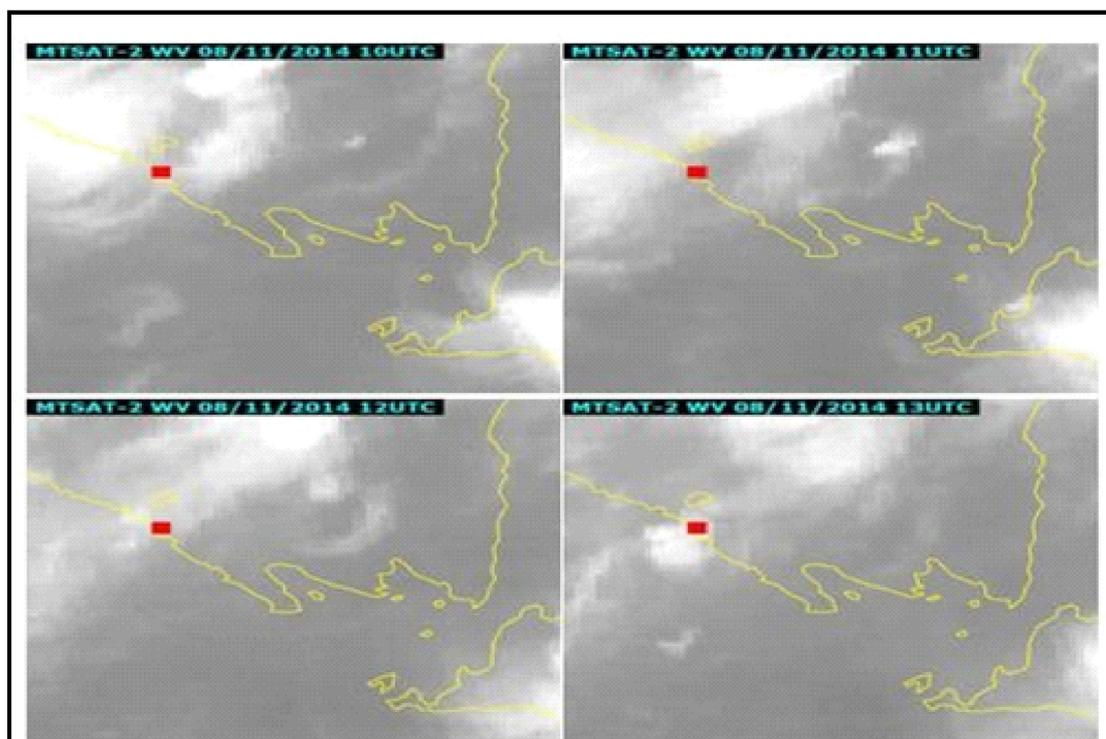
Gambar 7 Time Series Suhu Puncak Awan di Pekon Pemerihan Kecamatan Bengkunt Blimbing

kejadian tanah longsor tidak terlalu luas di wilayah Lampung, awan berada di wilayah kejadian tanah longsor pada pukul 13.00 UTC (20.00 LT) dengan luasan yang kecil.

Kejadian tanah longsor pada 8 November 2014,

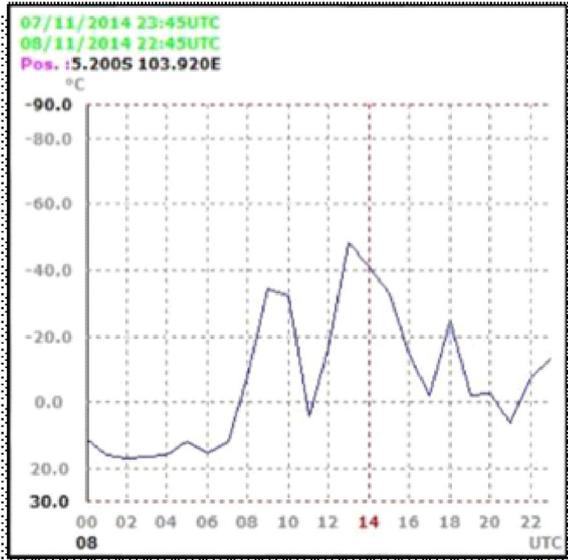


Gambar 8. Deteksi sebaran awan di Pekon Labuhan Mandi Kecamatan Krui Selatan



Gambar 9. Deteksi kandungan uap air di Pekon Labuhan Mandi Kecamatan Krui Selatan

jika dideteksi dengan menggunakan aplikasi SATAID dari hasil pengolahan data MTSAT kanal WV/IR3 untuk mengetahui deteksi kandungan dan pergerakan uap air di atmosfer, sebagaimana

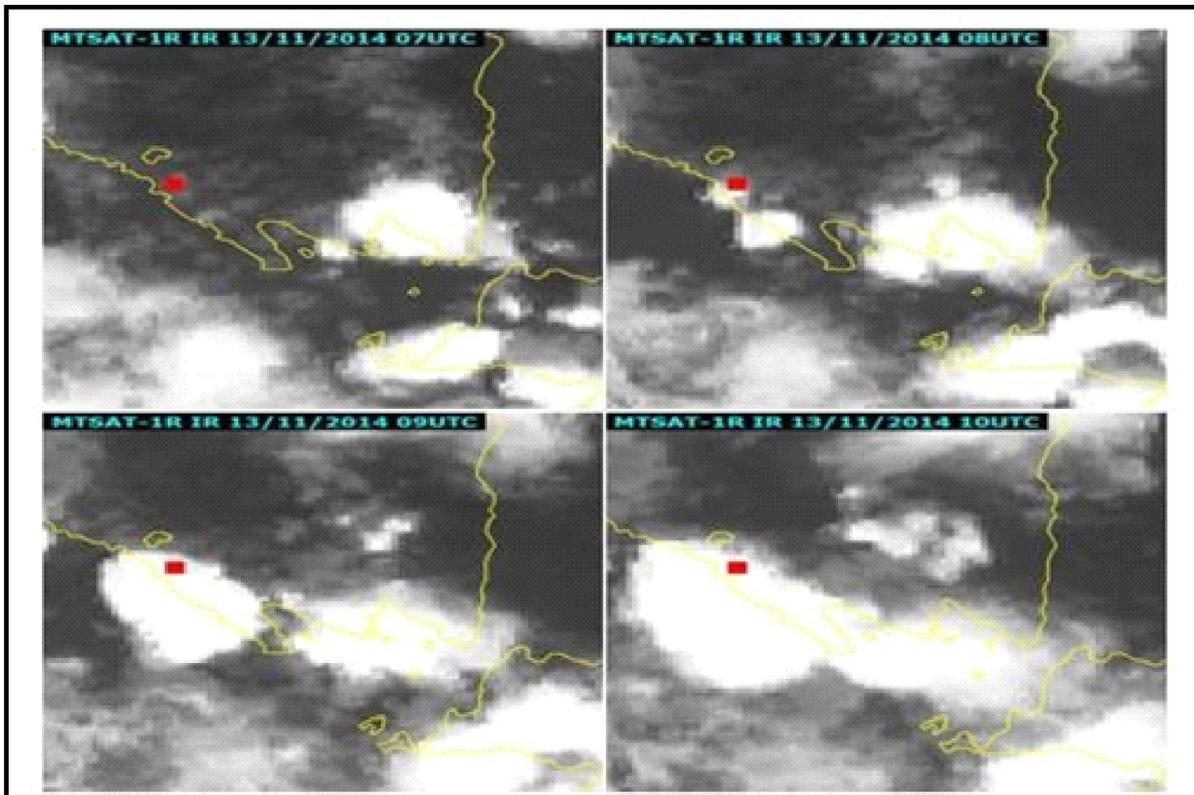


Gambar 10. Time Series Suhu Puncak Awan di Pekon Labuhan Mandi Kecamatan Krui Selatan

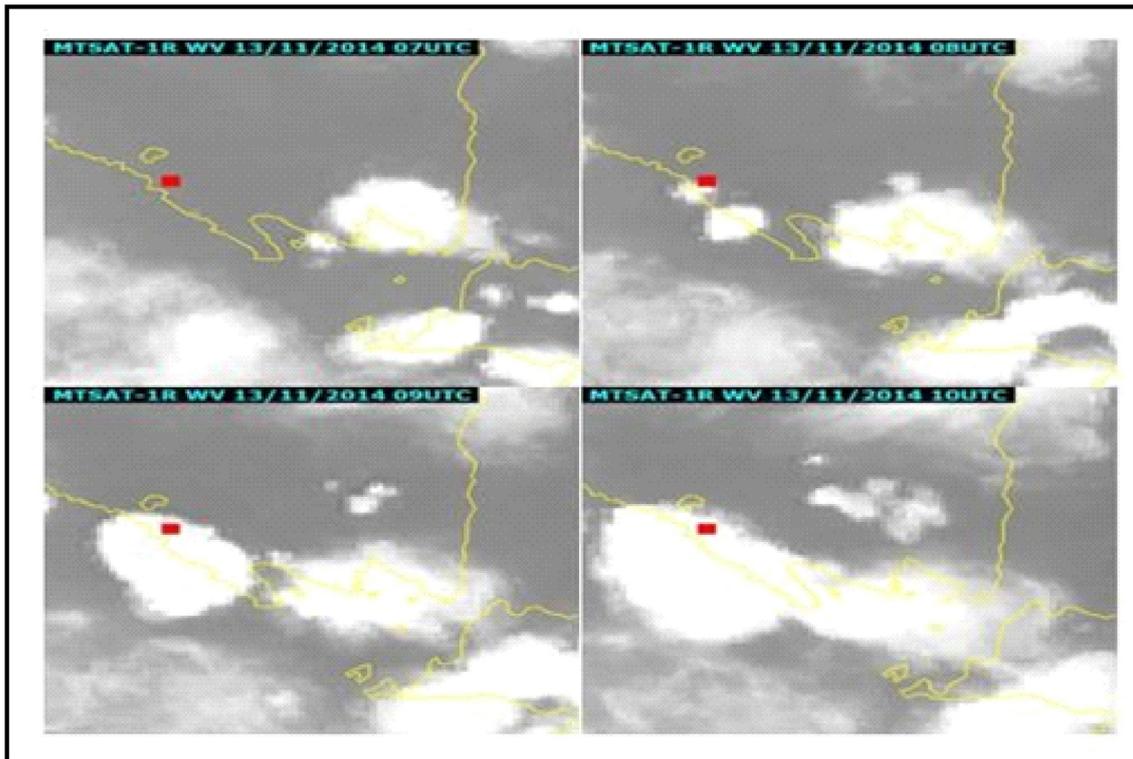
yang terlihat pada Gambar 9 menunjukkan adanya pertumbuhan kandungan uap air pada daerah bertanda merah yaitu daerah terjadinya tanah longsor di Pekon Labuhan Mandi, Kecamatan Krui Selatan. Kandungan uap air terlihat cukup banyak dengan ditandai dengan warna putih cerah pada pukul 13.00 UTC (20.00 LT). Namun, kandungan uap air tidak terlalu banyak seperti kejadian tanah longsor di bulan Februari 2014.

Gambar 10 merupakan hasil olah data *time series* suhu puncak awan untuk wilayah Pekon Labuhan Mandi Kecamatan Krui Selatan pada 8 November 2014 saat hari kejadian tanah longsor. Pada pukul 13.00 UTC suhu puncak awannya paling rendah mencapai  $-50^{\circ}\text{C}$ , suhu puncak awan sudah termasuk kedalam golongan awan Cb dimana suhu puncak awan Cb yaitu  $\leq -50^{\circ}\text{C}$  ( $223^{\circ}\text{K}$ ). Jika dilihat dari pergerakan nilai suhu puncak awan pada saat kejadian tanggal 8 November 2014, awan hujan tidak tumbuh signifikan seperti pada kejadian 5 dan 23 Februari 2014.

Gambar 11 menunjukkan kejadian tanah longsor tanggal 13 November 2014 dengan menggunakan aplikasi SATAID dari hasil pengolahan data MTSAT kanal IR1 menunjukkan



Gambar 11. Deteksi sebaran awan di Lintas Krui-Liwa Kecamatan Lemong

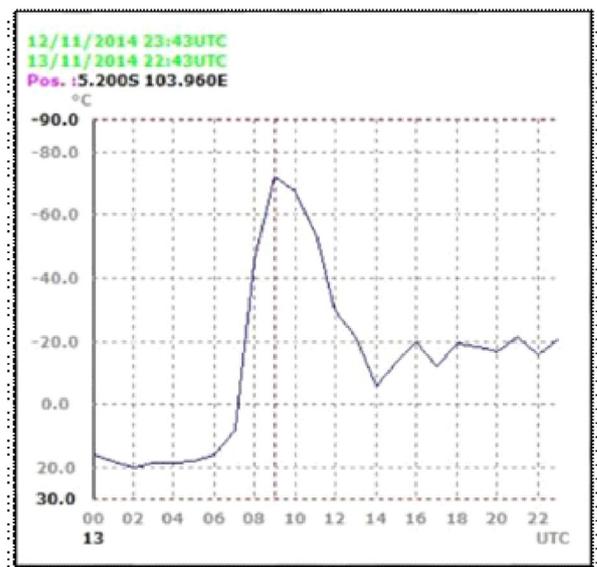


Gambar 12. Deteksi kandungan uap air di Lintas Krui-Liwa Kecamatan Lemong

adanya pertumbuhan awan pada daerah bertanda merah yaitu daerah terjadinya tanah longsor di Lintas Krui-Liwa Kecamatan Lemong. Semakin berwarna cerah maka semakin tinggi suhu puncaknya. Pada gambar terlihat adanya pergerakan awan dimana pukul 07.00 UTC (14.00 LT) tutupan awan belum terdapat di daerah tersebut dan terlihat adanya pergerakan awan menuju lokasi tanah longsor, semakin berwarna putih cerah dan tebal dimulai pada pukul 09.00 UTC (16.00 LT).

Pada Gambar 12 terlihat adanya pertumbuhan kandungan uap air pada daerah bertanda merah yaitu daerah terjadinya tanah longsor di Lintas Krui-Liwa Kecamatan Lemong pada kejadian tanah longsor tanggal 13 November 2014. Kandungan uap air di atmosfer baru terdeteksi pada pukul 08.00 UTC (15.00 LT) dan semakin bertambah dalam waktu singkat hingga warna putih semakin cerah dan tebal pada pukul 10.00 UTC (17.00 LT) di wilayah kejadian.

Gambar 13 yang merupakan hasil olah data *time series* suhu puncak awan untuk wilayah Lintas Krui-Liwa Kecamatan Lemong tanggal 13 November 2014 pada kejadian tanah longsor



Gambar 13. *Time Series* Suhu Puncak Awan di Lintas Krui-Liwa Kecamatan Lemong

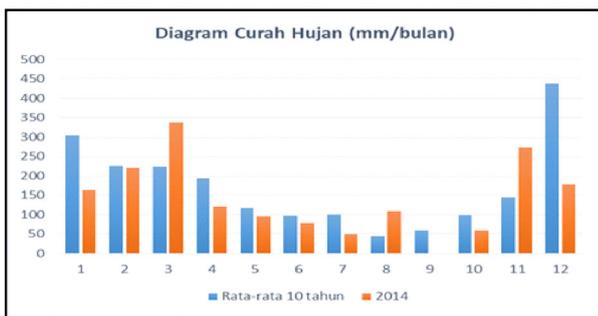
menunjukkan pada pukul 09.00 UTC suhu puncak awannya paling rendah mencapai  $-70^{\circ}\text{C}$  yang berarti itu merupakan awan Cb. Penurunan suhu puncak awan yang sangat drastis menunjukkan

pertumbuhan awan hujan yang cukup signifikan pada kejadian tanah longsor di Lintas Krui-Liwa Kecamatan Lemong tanggal 13 November 2014.

**Analisis Data Klimatologi**

Gambar 14 merupakan diagram hasil perbandingan data curah hujan selama 10 tahun dari tahun 2004-2013 dengan data curah hujan pada tahun 2014. Data tersebut merupakan data klimat curah hujan dari Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung.

Dari hasil diagram pada Gambar 2 terlihat bahwa yang bertanda biru merupakan data curah hujan selama 10 tahun, sedangkan yang berwarna jingga merupakan data curah hujan pada tahun 2014. Pada Februari dan November, saat terjadinya tanah longsor pada tahun 2014, bila dibandingkan dengan data curah hujan 10 tahunan, pada Februari 2014 terlihat mendekati curah hujan normal selama 10 tahun. Sedangkan pada November 2014, jika dibandingkan dengan data curah



Gambar 14. Diagram Perbandingan Data Curah Hujan Selama 10 Tahun dengan Data Curah Hujan 2014 (Sumber: BMKG, 2014)

hujan selama 10 tahun terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan. Pada diagram data curah hujan pada November 2014 lebih tinggi (di atas normal) dibandingkan dengan data curah hujan 10 tahun. Dengan curah hujan di atas normal tersebut, maka bisa menjadi salah satu faktor adanya penyimpangan kondisi atmosfer sehingga menyebabkan tanah longsor.

**Karakteristik Tanah Pada Lokasi Tanah Longsor**

Daerah Pesisir Barat Lampung merupakan daerah yang rawan akan terjadinya tanah longsor. Selain dilewati oleh Pegunungan Bukit Barisan, jenis tanah di daerah tersebut juga merupakan salah satu faktor pemicu tanah longsor. Tabel 2 menunjukkan 4 (empat) lokasi tanah longsor di daerah Pesisir Barat Lampung beserta jenis tanah dan sifat tanah. Tanah andisol menyimpan air dalam jumlah yang besar, tetapi ketika kering, tanah ini menjadi tidak padat dan berdebu, karena itu tanah andisol rentan terhadap erosi. Sedangkan entisol ditemukan di daerah dimana laju erosi atau deposisi lebih cepat daripada laju perkembangan tanah. Inseptisol adalah tanah yang belum matang (*immature*) yang perkembangan profil tanahnya yang lebih lemah. Tanah oxisol yang telah mengalami pelapukan lanjut di daerah kering. Dan ultisol adalah tanah bersifat masam dengan kejenuhan basa rendah. Secara umum kemiringan lereng bervariasi dari datar sampai sangat terjal. Keempat daerah tanah longsor tersebut termasuk dalam kategori terjal yaitu 25 – 40% kemiringan tanahnya.

Tabel 2. Karakteristik Tanah Pada Daerah Tanah Longsor

No.	Lokasi	Jenis Tanah	Sifat Tanah	Kemiringan tanah (%)
1	Pekon Penyandingan, Kecamatan Bengkunt Blimbing	Andisol, Inseptisol, Oxisol, Ultisol	Rentan terhadap erosi	25 - 40 %
2	Pekon Pemerihan, Kecamatan Bengkunt Blimbing	Andisol, Inseptisol, Oxisol, Ultisol	Rentan terhadap erosi	25 - 40 %
3	Pekon Labuhan Mandi, Kecamatan Krui Selatan	Entisol, Inseptisol, Oxisol, Ultisol	Rentan terhadap erosi	25 - 40 %
4	Lintas Krui-Liwa, Kecamatan Lemong	Entisol, Oxisol, Ultisol	Rentan terhadap erosi	25 - 40 %

(Sumber: BPBD Provinsi Lampung, 2016)

Secara fisiografi Krui Sealatan dan Lemong berada pada bagian perbukitan volkan tua. Tanah umumnya masih memiliki struktur gembur dengan tekstur dari kasar sampai sedang. Apabila agregasi (ikatan antar partikel tanah) tidak kuat akan mudah terjadi erosi di lokasi dengan lereng >15%. Pada wilayah Bengkunt Blimbing dibagian utara perbatasan dengan wilayah Krui dan daerah bagian dari Taman Nasional Bukit Barisan, kondisi tanah sudah mulai berkembang tekstur dari lempung sampai dengan liat dengan sebagian ada yg dangkal, sehingga berbahaya longsor dikarenakan ada lapisan pembatas yg kedap air.

## KESIMPULAN

Hasil pengolahan data MTSAT menggunakan aplikasi SATAID menunjukkan adanya dinamika atmosfer yang mendukung berupa tutupan awan cumulonimbus pada setiap kejadian tanah longsor di Pesisir Barat Lampung. Terdapat anomali pola curah hujan bulanan pada November 2014 yang sangat signifikan dari data klimatologis wilayah Lampung, sehingga menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya tanah longsor di Kabupaten Pesisir Barat. Data jenis tanah pada Kabupaten Pesisir Barat menunjukkan bahwa karakteristik tanah di daerah kejadian rentan terhadap erosi sehingga dapat memicu kejadian tanah longsor. Dengan kondisi topografi yang berbatasan dengan Pegunungan Bukit Barisan sehingga memiliki kemiringan tanah berkisar antara 25% – 40%, daerah ini termasuk dalam kategori terjal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan tata ruang dan pemanfaatan citra satelit cuaca dapat membantu dalam pembuatan peringatan dini di wilayah Pesisir Barat Lampung, untuk mencegah adanya korban jiwa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan untuk kepada kepala dan staff BMKG Stasiun Meteorologi Raden Inten II Lampung yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Sub Bidang Pengelolaan Citra Satelit BMKG Pusat, kepala dan staff BPBD Provinsi Lampung yang telah menyediakan data yang digunakan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriyanto, R., 2010. *Materi Pelatihan Satelit Cuaca dan Radar*. Bidang Pengelolaan Citra Inderaja Pusat Meteorologi Publik, BMKG: Jakarta
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Lampung, 2016. *Data Kejadian Bencana Provinsi Lampung*, BPBD: Lampung
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Lampung, 2016. *Materi Teknis Rencana Tata Ruang Kabupaten Pesisir Barat*, BAPPEDA: Lampung
- Basmar, A. 2008. *Arahan Pengembangan Kawasan Usaha Agro Terpadu Berbasis Komoditas Kelapa di Kabupaten Lampung Barat*. Sekolah Pasca Sarjana IPB Bogor.
- Ibrahim, M. M., Harianto dan Wibowo, M. C., 2015. *Rancang Bangun Alat Monitoring Tanah Longsor Pada Daerah Rentan Longsor Dengan Menggunakan Sensor Wire Extensometer dan Sensor Tipping Bucket*. Journal of Control and Network Systems, 4(2), 34–43.
- Liu, C., Li, W., Wu, H., Lu, P., & Sang, K., 2013. *Susceptibility evaluation and mapping of China's landslides based on multi-source data*. Nat Hazards Journal, 69, 1477–1495.
- Muchlis, 2015. *Interpretasi Potensi Massa Longsoran Dengan Metoda Geolistrik (Studi Kasus Daerah Gayo Lues)*. Jurnal Natural, 15(1), 16–18.
- Paski, J. A. I., Permana, Y. H., & Pertiwi, D. A. S., 2017. *Analisis Sebaran Petir Cloud to Ground (Cg) Di Wilayah Jabodetabek Pada Tahun 2016*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) Vol. 6, pp. SNF2017-EPA.
- Prawiradisastra, S., 2013. *Landslide Prone Areas Identification in Lampung Province*. Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia, 15(1), 52–59.
- Priyono, K. D., 2012. *Kajian Mineral Lempung Pada Kejadian Bencana Longsor di Pegunungan Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta*. Forum Geografi, 26(1), 53–64.
- Satya, G., Andriawan, A.H., Ridho'i, A. and Seputro, H., 2014. *Intensitas Curah Hujan Memicu Tanah Longsor Dangkal di Desa Wonodadi Kulon*. JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1(01).

Selby, M. J., 1985, *Earth Changing Surface*, Clarendon Press. Oxford.

Tanaka, Y., 2009. *SATAID-Powerful Tool for Satellite Analysis*. RSMC Tokyo-Typhoon Center, Japan Meteorology Agency (JMA)