

ANALISIS KORELASI RANK SPEARMAN & REGRESI LINEAR NILAI INDEKS STABILITAS ATMOSFER DAN SUHU PUNCAK AWAN CITRA SATELIT HIMAWARI-8 IR (STUDI KASUS BANJIR PEKANBARU 22 APRIL 2021)

Bagus Primohadi Syahputra^{1*} Aditya Mulya²

^{1,2)} Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi Geofisika, Jl. Perhubungan 1 No. 5 Komplek Meteorologi BMKG Pondok Betung, Bintaro-Tangerang Selatan, Banten, Indonesia, 15221

**E-mail:* bagus.primohadi38@gmail.com

ABSTRAK

Hujan intensitas tinggi hingga 25 mm/jam menyebabkan banjir di Kota Pekanbaru pada tanggal 22 April 2021. Penelitian ini bertujuan untuk melihat adanya hubungan korelasi dan regresi nilai indeks Stabilitas Atmosfer terhadap data suhu puncak awan citra satelit Himawari-8. Sehingga data reanalisis ERA-5 bisa digunakan sebagai estimator suhu puncak awan dalam memprediksi kejadian hujan lebat. Indeks yang digunakan dalam penelitian ini adalah CAPE, KI dan TTI. Data yang digunakan berlokasi di Kota Pekanbaru dengan pengujian korelasi dari waktu pukul 18Z – 24Z pada tanggal 21 April 2021. Selain itu digunakan juga data dukung berupa suhu muka laut, kondisi angin dan kondisi divergensi untuk analisis penyebab hujan lebat di lokasi penelitian. Metode yang digunakan adalah korelasi rank spearman dengan hasil yang diperoleh berupa nilai korelasi pada indeks CAPE sebesar -0.9, korelasi indeks K sebesar -0.41, dan korelasi indeks TT sebesar -0.76. Hasil regresi linear sederhana juga menunjukkan garis gradien yang negative. Hal ini menunjukkan jika kenaikan nilai indeks stabilitas selaras dengan penurunan suhu puncak awan. Sehingga data indeks stabilitas bisa dijadikan acuan dalam mengestimasi suhu puncak awan dalam kasus trend data positif atau tahap pertumbuhan awan cumulonimbus

Kata Kunci: Banjir, Stabilitas Atmosfer, Korelasi, Himawari-8, Regresi Linear

ABSTRACT

High-intensity rain of up to 25 mm/hour caused flooding in Pekanbaru City on April 22, 2021. This study aims to see the correlation and regression of the Atmospheric Stability index value to the cloud top temperature data from the Himawari-8 satellite image. So that the ERA-5 reanalysis data can be used as an estimator of cloud top temperatures in predicting heavy rain events. The index used in this study is CAPE, KI and TTI. The data used is located in Pekanbaru City with correlation testing from 18Z – 24Z on April 21, 2021. In addition, supporting data in the form of sea surface temperature, wind conditions and divergence conditions are used to analyze the causes of heavy rain at the research location. The method used is Spearman rank correlation with the results obtained in the form of a correlation value is -0.9 CAPE index, K index correlation is -0.41, and TT index correlation is -0.76. The results of simple linear regression also show a negative gradient line. This shows that the increase in the stability index value is in line with the decrease in cloud top temperature. So that the stability index data can be used as a reference in estimating the cloud top temperature in the case of a positive data trend or the growth stage of cumulonimbus clouds

Key words: Flood, Atmospheric Stability, Correlation, Himawari-8, Linear Regression.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilalui oleh garis imajiner ekuator sehingga merupakan negara yang mendapatkan nilai surplus energi yang lebih tinggi karena mendapat pancaran sinar matahari yang lebih banyak. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai wilayah pembentukan awan konvektif yang intensif dengan curah hujan yang cukup tinggi (Muzaki et al., 2021). Awan-awan konvektif yang terbentuk di wilayah Indonesia membawa hujan lebat, kilat dan guntur (Tjasyono, 2012).

Hal ini mengakibatkan wilayah Indonesia memiliki suatu pola cuaca yang dinamis serta dipengaruhi oleh skala meteorologi baik skala global, regional maupun lokal. Kejadian cuaca ekstrem terjadi ketika kondisi atmosfer pada suatu wilayah berada dalam kondisi yang labil yang dapat memicu pertumbuhan awan-awan konvektif seperti awan cumulonimbus. Salah satu kejadian cuaca ekstrem ini yaitu hujan lebat dan angin kencang yang memberikan dampak berupa kerusakan rumah, pohon tumbang dan banjir.

Proses mitigasi bencana merupakan salah satu keharusan yang wajib dipersiapkan untuk meminimalisir adanya kerugian bahkan korban jiwa. Penggunaan nilai indeks stabilitas sebagai bentuk prakiraan cepat dan terkini kondisi atmosfer sudah banyak yang menggunakannya seperti dijelaskan oleh penelitian Showalter tahun 1953 (Showalter, 1953).

Kondisi hujan lebat yang terjadi di Kota Pekanbaru pada tanggal 22 April 2021 menimbulkan bencana banjir di banyak titik di kota tersebut. Hal ini perlu menjadi kewaspadaan agar tidak menimbulkan korban jiwa jika kejadian tersebut terjadi lagi. Salah satu upayanya adalah dengan memperhatikan trend dari suhu puncak awan yang dimonitor dengan mempertimbangkan hasil regresi pada kondisi indeks stabilitas atmosfer.

Dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan korelasi dan regresi suhu puncak awan terhadap nilai stabilitas atmosfer pada indeks CAPE, K dan TT. Sehingga bisa digunakan dalam estimasi prediksi kemungkinan cuaca buruk dengan melihat trend perubahan nilai suhu puncak awan.

METODE

Penelitian ini mengambil daerah studi di wilayah Kota Semarang dan sekitarnya dengan mengambil koordinat 101.5° BT dan -0.5° LU. (Gambar 1)



Gambar 1. Lokasi penelitian
Sumber : Geoplaner.com.

Data yang digunakan pada penelitian ini memiliki batasan waktu pada pukul 18Z tanggal 21 April hingga pukul 0Z tanggal 22 April tahun 2021. Data yang digunakan adalah nilai indeks stabilitas CAPE, KI dan TTI yang bersumber dari laman <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview> dan data satelit Himawari 8 yang diunduh dari laman https://www.wisima.go.id/cms_sataid/se_data.php melalui akses terbatas pada server BMKG melalui perangkat lunak filezilla. Selain itu, terdapat data dukung berupa data suhu permukaan laut, angin, dan divergensi yang diunduh melalui laman cds copernicus juga yang

digunakan sebagai analisis dasar kondisi meteorologi di lokasi dan waktu kejadian.

Langkah penelitian diawali dengan pengumpulan semua data yang digunakan. Data model reanalisis era-5 yang diunduh dalam format data biner kemudian diekstrak menjadi data format txt menggunakan perangkat lunak Panoply Data Viewer untuk selanjutnya dilakukan proses pre-processing menggunakan excell dengan melakukan sorting data sesuai jam yang ditentukan. Kemudian untuk data model JMA dengan format gs dilakukan proses ekstraksi data indeks labilitas melalui skema NWP. Data yang diproses nantinya merupakan nilai indeks labilitas atmosfer yang umum dalam proses analisis stabilitas udara atas penyebab kejadian hujan lebat. Indeks tersebut adalah indeks CAPE, KI dan TTI.

Indeks CAPE adalah indeks yang mengindikasikan jumlah energi apung yang tersedia bagi sebuah parsel udara yang bergerak naik akibat peristiwa konvektif (*Skew-T Mastery, n.d.*).

$$CAPE = \int_{z_f}^{z_n} \frac{g(Tv_{par} - Tv_{env})}{Tv_{env}} dz$$

Keterangan :

- Zn : Paras tekanan atas (mb)
- Zf : Paras tekanan bawah (mb)
- g : Percepatan gravitasi
- Tv en : Suhu virtual lingkungan
- Tv par : Suhu virtual parsel

Indeks CAPE memiliki nilai klasifikasi untuk menjadi indikasi kejadian konveksi seperti pada Tabel 4 (*Skew-T Mastery, n.d.*).

Tabel 1. Nilai klasifikasi indeks CAPE

Nilai CAPE	Kondisi Stabilitas
0	Stabil
0-1000	Sedikit tidak stabil
1000-2500	Cukup tidak stabil
2500-3500	Sangat tidak stabil
3500 or greater	Tidak stabil ekstrem

Indeks K digunakan untuk mengidentifikasi kejadian konvektif dan potensi hujan lebat. Indeks K menggunakan parameter kelembaban udara dan suhu di paras tekanan 850, 700, dan 500 mb. Kemudian juga menggunakan parameter suhu titik embun pada paras tekanan 850 dan 700 mb (*Skew-T Mastery, n.d.*).

$$K \text{ index} = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700})$$

Keterangan :

- Td850 : Suhu titik embun (°C) 850 mb
- T850 : Suhu (°C) 850 mb
- T500 : Suhu (°C) 500 mb
- Td700 : Suhu titik embun (°C) 700 mb
- T700 : Suhu (°C) 700 mb

Indeks K memiliki nilai klasifikasi untuk menjadi indikasi kejadian konveksi seperti pada Tabel 2 (*Skew-T Mastery, n.d.*).

Tabel 2. Nilai klasifikasi indeks K

KI	Potensi Badai
< 20	Potensi Rendah
> 35	Potensi Tinggi

Indeks TT digunakan untuk mengidentifikasi cuaca buruk dengan menggunakan parameter suhu dan suhu titik embun pada paras ketinggian 850 mb serta parameter suhu pada ketinggian 500 mb (*Skew-T Mastery, n.d.*).

$$TT = (T_{850} + T_{d850}) - (2 * T_{500})$$

Keterangan :

- Td850 : Suhu titik embun (°C) 850 mb
- T850 : Suhu (°C) 850 mb
- T500 : Suhu (°C) 500 mb

Indeks TT memiliki nilai klasifikasi untuk menjadi indikasi kejadian konveksi seperti pada Tabel 3 (*Skew-T Mastery, n.d.*).

Tabel 3. Nilai klasifikasi indeks TT

TT	Kejadian
44	Thunderstorm
50	Kemungkinan badai buruk
>55	Badai buruk

Data indeks yang diperoleh dari situs reanalisis Era-5 ECMWF kemudian diregresikan dan dikorelasikan terhadap data suhu puncak awan time series dengan perangkat lunak Minitab19 Statistic untuk melihat keterkaitan nilai indeks dari dua produk tersebut. Korelasi rank spearman digunakan untuk mencari hubungan atau menguji tingkat signifikansi asosiatif bila variabel yang digunakan adalah data berjenis nonparameter (Suharto, 2016). Korelasi rank spearman menggunakan persamaan berikut : (Sugiyono, 2019):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N}$$

Penafsiran nilai korelasi rank Spearman menggunakan klasifikasi dari Dancey, dkk seperti terlihat pada tabel berikut: (Reidy J, 2004) :

Tabel 4. Interpretasi Korelasi Rank Spearman

Spearman r	Correlation
>0.70	Hubungan Sangat Kuat
0.40-0.69	Hubungan Kuat
0.30-0.39	Hubungan Menengah
0.20-0.29	Hubungan Lemah
0.01-0.19	Tidak Ada Hubungan

Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas dengan variabel bebas tunggal. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu perubahan regresi linier untuk populasi adalah

$$Y = a + bx$$

Dengan :

Y = Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan

X = Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.

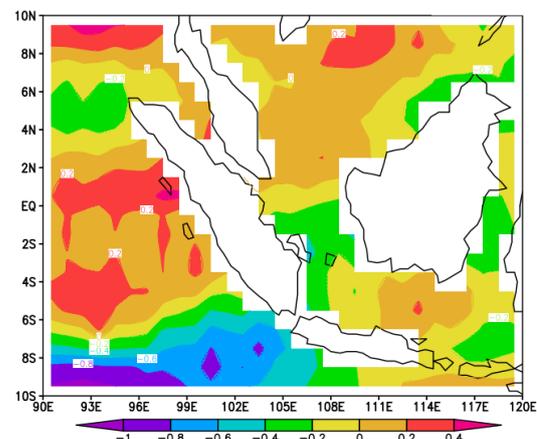
a = Parameter intercept

b = Parameter koefisien regresi variabel bebas

Persamaan model regresi sederhana hanya memungkinkan bila pengaruh yang ada itu hanya dari independent variabel (variabel bebas) terhadap dependent variabel (variabel tak bebas). Jadi harga b merupakan fungsi dari koefisien korelasi. Bila koefisien korelasi tinggi, maka harga b juga besar, sebaliknya bila koefisien korelasi negatif maka harga b juga negatif, dan sebaliknya bila koefisien korelasi positif maka harga b juga positif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kondisi Umum Atmosfer Suhu Muka Laut

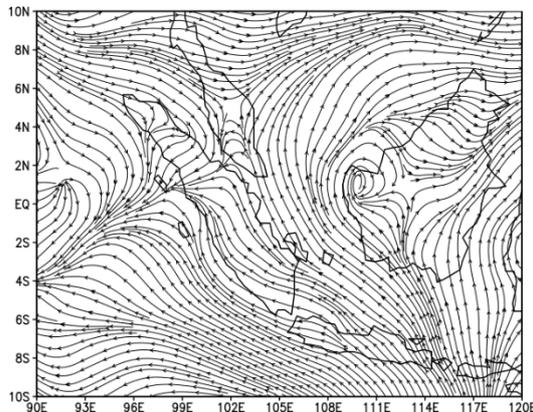


Gambar 1. Peta Suhu Muka Laut Indonesia Bagian Barat

Pada gambar 1 merupakan peta spasial dari anomali suhu muka laut di perairan Indonesia barat. Terdapat anomali suhu muka laut yang cukup tinggi di perairan Selat Andaman hingga lebih dari 0.4°C dan perairan pantai barat sumatera dengan kisaran 0.2^o – 0.4^oC. anomali suhu muka laut yang lebih tinggi juga terdapat di perairan

laut china selatan dengan interval yang rendah yaitu dari $0^{\circ} - 0.2^{\circ}\text{C}$.

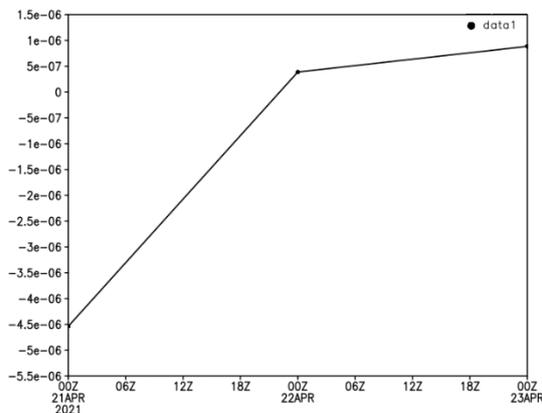
Kondisi Angin



Gambar 2. Peta Streamline

Pada gambar 2 dijelaskan mengenai kondisi streamline angin di wilayah Indonesia barat dengan dominan terbentuk adanya system udara konfluen yang terbentuk di wilayah Provinsi Riau dan wilayah semenanjung Malaya. Sistem udara konfluen merupakan peristiwa yang memicu terbentuknya konvergensi udara di permukaan yang memungkinkan terbentuknya awan konvektif dengan lebih cepat.

Nilai Divergensi

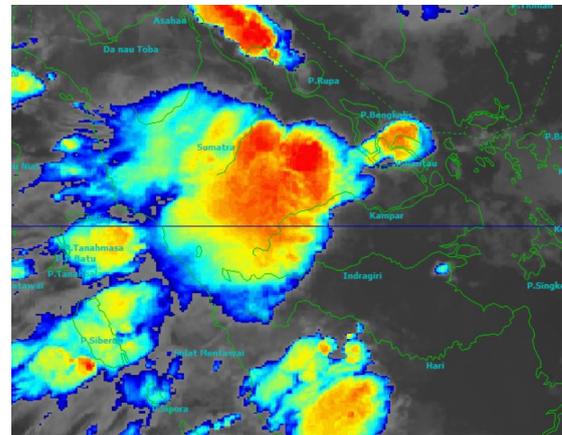


Gambar 3. Grafik Temporal Divergensi Pekanbaru

Pada gambar 3 merupakan kondisi profil divergensi secara temporal di wilayah Kota Pekanbaru. Terlihat adanya nilai divergensi yang negatif dari pukul 00Z 21 April hingga 00Z 22 April 2021. Hal ini sejalan dengan adanya sistem konfluen udara pada gambar 2 yang membawa uap air akibat tingginya suhu muka laut pada gambar 1 di perairan

teluk Andaman pesisir barat Myanmar dan Thailand. Nilai divergensi yang negatif tersebut mengindikasikan peristiwa konvergensi yang terbentuk sebagai pemicu munculnya awan pembentuk hujan lebat di Kota Pekanbaru pada waktu penelitian.

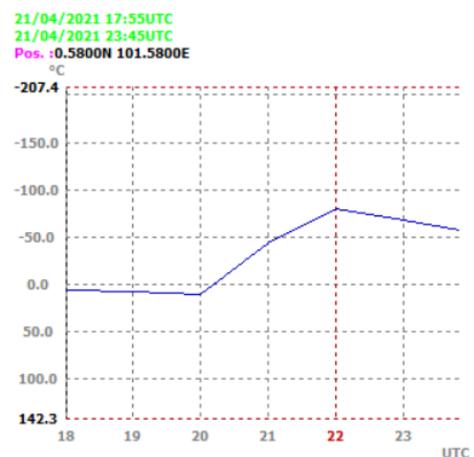
Analisis Citra Himawari-8



Gambar 4. Citra RGB Himawari-8 IR

Pada gambar 4 merupakan kenampakan citra awan cumulonimbus yang terbentuk di wilayah Provinsi Riau pada kondisi matang di pukul 23Z. Skema warna RGB pada citra IR yang dipilih sangat menjelaskan sebaran puncak awan yang memiliki suhu dibawah 0°C . Secara umum melalui gambar 4 terlihat adanya awan cumulonimbus yang terbentuk hampir menyeluruh di Provinsi Riau yang sejalan dengan analisis divergensi di Gambar 3 dan sangat koheren secara visual dengan analisis streamline di gambar 2.

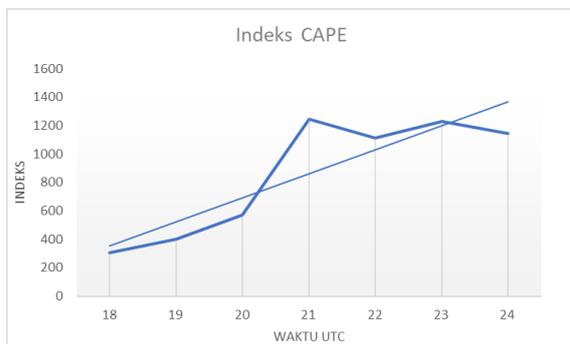
Analisis Suhu Puncak Awan



Gambar 5. Grafik Suhu Puncak Awan

Pada gambar 5 merupakan tampilan grafik temporal dari suhu puncak awan di Kota Pekanbaru yang tercatat dari pukul 18Z – 24Z tanggal 21 April 2021. Diperlihatkan pada gambar tersebut jika suhu puncak awan masih belum berada di ambang lebih kecil dari 0 derajat pada pukul 18Z, 19Z dan 20Z. Penurunan suhu puncak awan secara tiba-tiba terjadi di pukul 21Z hingga 22Z dan kemudian terjadi penurunan kembali di 23Z hingga 24Z.

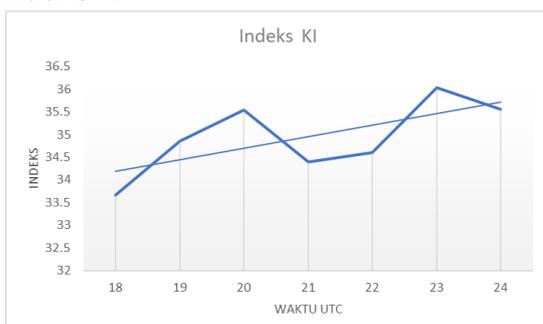
Indeks Stabilitas Indeks CAPE



Gambar 6. Diagram Indeks CAPE

Pada gambar 6 merupakan kondisi temporal dari indeks CAPE yang menunjukkan adanya trend positif dan peningkatan nilai indeks selama waktu kejadian penelitian. Pola nilai CAPE sekilas terlihat mirip dengan pola suhu puncak awan yang menunjukkan adanya peningkatan nilai cukup signifikan di pukul 20Z hingga 21Z dan terjadi penurunan di pukul 23Z hingga 24Z. Interpretasi nilai indeks CAPE yang disesuaikan dengan tabel 1 menunjukkan adanya kondisi cukup tidak stabil dari pukul 21Z dengan nilai sekitar 1243 J/kg dan cukup stabil di angka lebih dari 1000 J/kg hingga pukul 24Z.

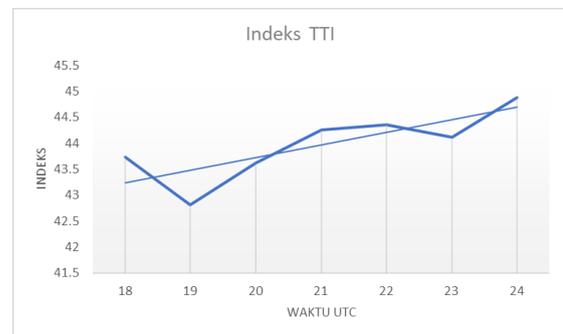
Indeks K



Gambar 7. Diagram Indeks K

Pada gambar 7 menunjukkan kondisi temporal dari indeks K yang juga menunjukkan adanya trend positif seperti di Indeks CAPE pada gambar 6. Nilai Indeks K lebih bervariasi dengan adanya kenaikan di pukul 20Z kemudian turun di pukul 21Z dan naik kembali di 23Z dengan diakhiri adanya penurunan nilai indeks K di pukul 24Z. Interpretasi nilai indeks K sesuai dengan tabel 2 menunjukkan jika secara rata-rata lebih dari 35 yang menandakan kondisi cuaca buruk dengan potensi yang lebih besar dan hal ini sesuai dengan tampilan citra awan cumulonimbus pada gambar 4

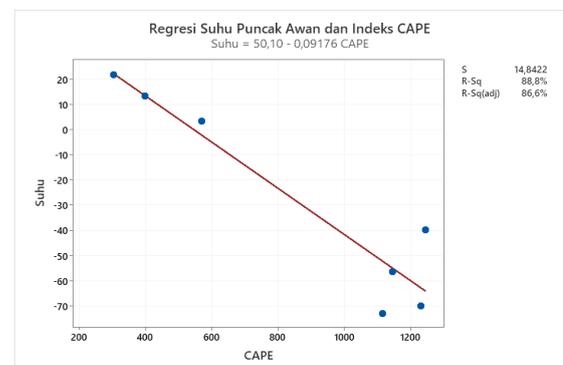
Indeks TT



Gambar 8. Diagram Indeks TT

Pada gambar 8 ditunjukkan adanya trend positif pada indeks TT sebagaimana pada 2 indeks sebelumnya. Nilai indeks TT bervariasi di angka 43.5 hingga 45 dan diinterpretasikan sesuai dengan tabel 3 dengan nilai ambang lebih dari 44 yang menandakan potensi kejadian thunderstorm yang tidak stabil.

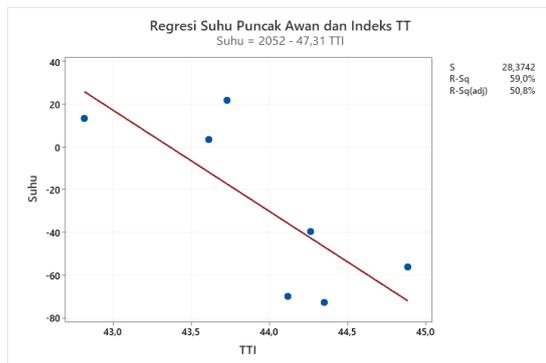
Regresi Suhu Puncak Awan & CAPE



Gambar 9. Regresi Suhu Puncak Awan dan Indeks CAPE

Selanjutnya, data suhu puncak awan diregresikan dengan data indeks stabilitas yang pertama yaitu indeks CAPE. Persamaan yang diperoleh pada saat kejadian adalah $Suhu = 50.1 - 0.0917 CAPE$ dengan garis regresi memiliki pola gradien negatif. Hasil R-sq juga ditunjukkan berada di angka yang cukup tinggi hingga 88.8% yang menandakan perubahan suhu puncak awan dipengaruhi hingga 88.8% oleh perubahan indeks CAPE dan sisanya oleh factor tidak terduga lainnya.

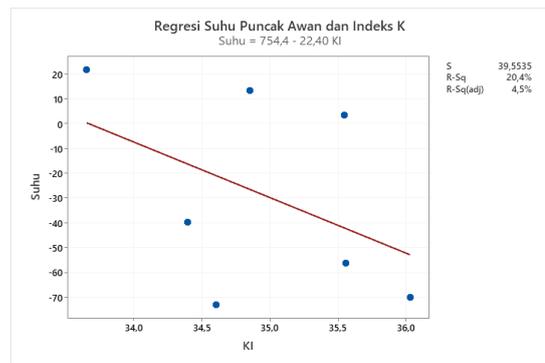
Regresi Suhu Puncak Awan & TTI



Gambar 10. Regresi Suhu Puncak Awan dan Indeks TT

Pada gambar 10 menjelaskan regresi data suhu puncak awan dengan data indeks stabilitas kedua yaitu indeks TT. Persamaan yang diperoleh pada saat kejadian adalah $Suhu = 2052 - 47.31TT$ dengan garis regresi memiliki pola gradien negatif. Hasil R-sq yang ditunjukkan berada di angka yang cukup rendah yaitu 59% yang menandakan perubahan suhu puncak awan hanya dipengaruhi sekitar 60% oleh indeks TT dan sisanya oleh factor tidak terduga lainnya.

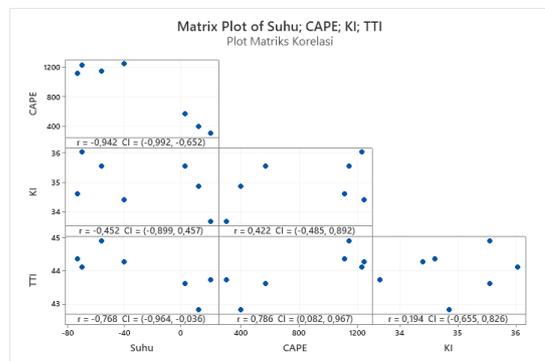
Regresi Suhu Puncak Awan & KI



Gambar 11. Regresi Suhu Puncak Awan dan Indeks K

Pada gambar 11 menjelaskan regresi data suhu puncak awan dengan data indeks stabilitas kedua yaitu indeks TT. Persamaan yang diperoleh pada saat kejadian adalah $Suhu = 754.4 - 22.4KI$ dengan garis regresi memiliki pola gradien negatif. Hasil R-sq yang ditunjukkan berada di angka yang sangat rendah yaitu 20.4% yang menandakan perubahan suhu puncak awan hanya dipengaruhi sekitar 20% oleh indeks K dan sisanya oleh factor tidak terduga lainnya dengan persentase sangat besar .

Korelasi Indeks Stabilitas



Gambar 12. Plot Matriks Korelasi Spearman Indeks Stabilitas

Setelah melalui uji regresi, selanjutnya adalah analisis korelasi rank spearman pada kesemua variabel data penelitian yaitu suhu puncak awan dan data indeks Stabilitas Atmosfer CAPE, KI dan TTI. Hasil korelasi ditampilkan pada gambar 12 dengan visualisasi plot matriks. Ditunjukkan jika secara umum hasil korelasi bernilai negatif hal ini bisa di interpretasi jika kenaikan indeks stabilitas selaras dengan penurunan suhu puncak awan. Secara khusus, nilai

korelasi yang terbaik sesuai dengan tabel 4 adalah pada indeks CAPE dan indeks TT. Hasil korelasi indeks CAPE dan suhu puncak awan adalah -0.94 dan hasil korelasi indeks TT dengan suhu puncak awan adalah -0.748. Keduanya bisa dimaknai sebagai hasil dengan hubungan sangat kuat. Hasil korelasi terendah terdapat di indeks K dengan hasil -0.4 walaupun tetap menunjukkan interpretasi nilai hubungan yang kuat antara suhu puncak awan dan perubahan indeks K.

KESIMPULAN

Metode korelasi rank spearman dan metode regresi linear sederhana digunakan untuk menganalisis hubungan suhu puncak awan dan indeks stabilitas atmosfer dengan hasil menunjukkan secara individu, indeks CAPE sangat menjelaskan perubahan suhu puncak awan dengan lebih baik daripada indeks TT & Indeks K serta perubahan kenaikan nilai indeks stabilitas selaras dengan penurunan suhu puncak awan. Sehingga data indeks stabilitas bisa dijadikan acuan dalam mengestimasi suhu puncak awan dalam kasus trend data positif atau tahap pertumbuhan awan cumulonimbus. Kondisi banjir di pekanbaru sendiri disebabkan oleh kondisi curah hujan tinggi yang diakibatkan oleh adanya konfluen udara dari barat dan barat laut yang membawa uap air dari perairan pantai barat sumatera.

DAFTAR PUSTAKA

- Muzaki, N. H., Diniyati, E., Pratama, R. R., & Mulya, A. (2021). Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat dan Angin Kencang di Probolinggo Berdasarkan Citra Satelit dan Citra Radar. *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 5(2), 142–156. <https://doi.org/10.24198/jiif.v5i2.31333>
- Reidy J, D. C. (2004). *Statistics without maths for psychology: Using SPSS for windows*. Prentice-Hall.
- Showalter, A. K. (1953). A Stability Index for Thunderstorm Forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 34(6), 250–252. <https://doi.org/10.1175/1520-0477-34.6.250>
- Skew-T Mastery. (n.d.). Retrieved September 30, 2021, from <http://tornado.sfsu.edu/geosciences/classes/m201/buoyancy/SkewTMastery/mesoprim/skewt/index.htm>
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Alfabeta.
- Suharto, S. (2016). HUBUNGAN DAYA TANGGAP TERHADAP LOYALITAS PELANGGAN (Studi Kasus Pada Nasabah Tabungan Supa PT. BPR Sumber Pangasean Bandar Jaya). *Akuisisi: Jurnal Akuntansi*, 12(1). <https://doi.org/10.24127/akuisisi.v12i1.91>
- Tjasyono, B. (2012). *Meteorologi Indonesia (Vol. 1)*. BMKG.