



PROGRAM STUDI METEOROLOGI  
FAKULTAS ILMU TEKNOLOGI DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG  
2023

# **ANALISIS STATISTIK KONDISI ATMOSFER YANG MENDUKUNG HUJAN EKSTREM PEMICU BANJIR BANDANG DI SUMATRA (STUDI KASUS : BANJIR BANDANG TAHUN 2011-2021)**

**Nurul Nabila Fadiyah**

**12819051**

Dosen Pembimbing :

**Dr. Edi Riawan, S.Si., M.T**

# ***Outline Presentasi***

**01.**

Pendahuluan

**02.**

Kajian Pustaka

**03.**

Data dan Metode

**04.**

Hasil dan Pembahasan

**05.**

Kesimpulan





# “ **PENDAHULUAN**

# Latar Belakang

## Rumusan Masalah

## Tujuan

Selama 4 tahun terakhir, terdapat

**5.627**  
kejadian banjir



Salah satu penyebabnya yaitu **curah hujan**



Banjir bandang, terjadi di wilayah terpencil yang memiliki ukuran Daerah Aliran Sungai yang kecil **<100.000 ha** (Kementerian Kehutanan, 2013)



Kondisi atmosfer yang berasosiasi dengan curah hujan konvektif :

- (1) ketidakstabilan yang cukup,
- (2) kelembapan yang tinggi,
- (3) gerakan badai yang lambat (Van Delden, 2001; Doswel dkk., 1996; Markowski dan Richardson, 2010, Taszarek dkk., 2021 dalam Meyer dkk., 2022).



Curah hujan yang tinggi disebabkan adanya **ketidakstabilan atmosfer.**



Banjir bandang, didefinisikan sebagai banjir secara tiba-tiba di daerah **tangkapan yang kecil** (kurang dari  $1000 \text{ km}^2$ ) dan biasanya terjadi dalam **waktu 6 jam** (Carmen dkk., 2016)



### “**luar Indonesia**

Meyer dkk., (2022) menggunakan data radar dan ERA5 untuk menentukan parameter atmosfer pemicu curah hujan ekstrem dan banjir bandang.

### “**Indonesia**

Ismail (2017) menggunakan data ERA-Interm Reanalysis dan data udara atas untuk mengetahui kondisi atmosfer saat terjadi hujan lebat di Biak

Nurrohman dan Tjasyono (2016) analisis mengenai indeks stabilitas atmosfer terhadap hujan lebat di Makassar

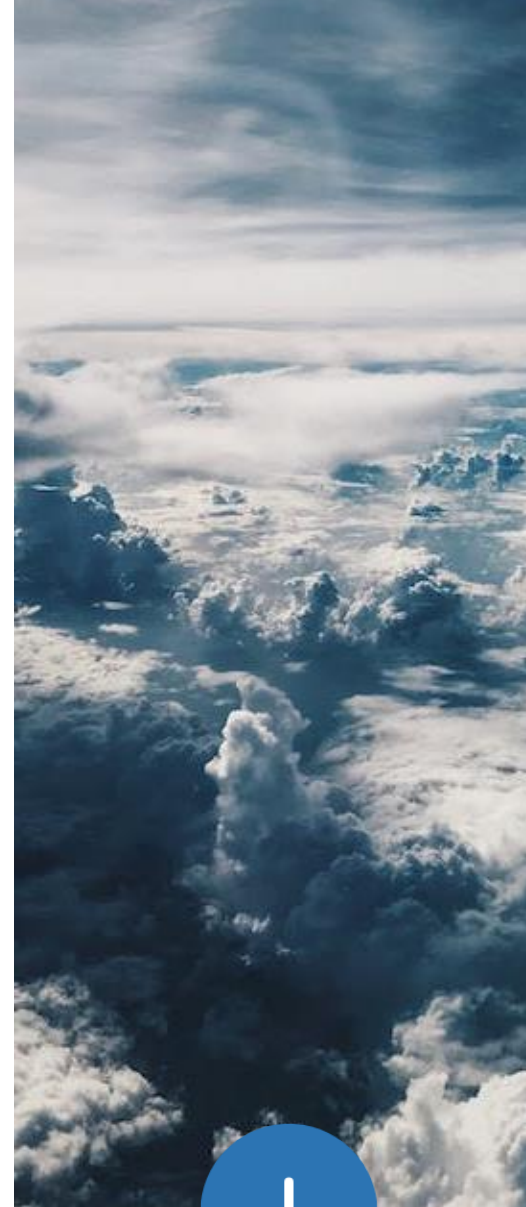


## “Rumusan Masalah

Langkah mitigasi yang ada selama ini masih terbatas pada kejadian banjir tertentu saja. Hal tersebut menjadi rumusan masalah bagaimana kondisi atmosfer yang selama ini terjadi saat banjir bandang secara keseluruhan di wilayah Sumatra.

## “Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengidentifikasi dan menganalisis parameter atmosfer yang terjadi ketika curah hujan ekstrem dan banjir bandang di Sumatra pada tahun 2011-2021.

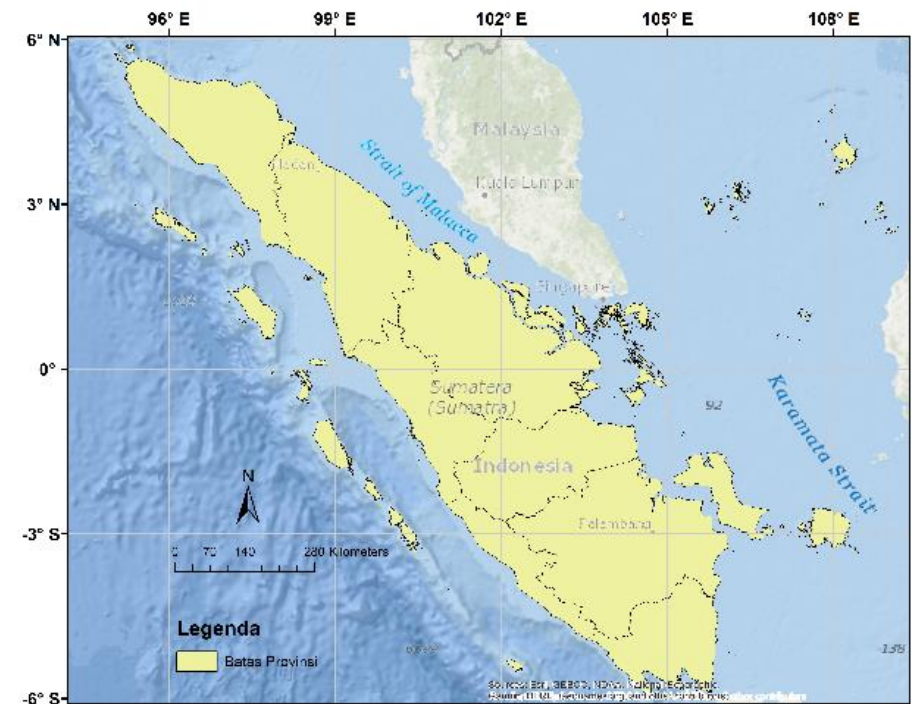


## Rumusan Masalah

## Tujuan

## Batasan Masalah

1. Curah hujan ekstrem pada penelitian ini didefinisikan berdasarkan perhitungan statistik curah hujan harian.
2. Parameter proksi yang dianalisis dalam penelitian ini adalah kondisi atmosfer yang telah muncul dalam penelitian sebelumnya mengenai hujan ekstrem pemicu banjir bandang yaitu (Meyer dkk., 2022):
  - Ketidakstabilan (CAPE, CIN, K-Indeks)
  - Kelembapan (jumlah total uap air, kelembapan spesifik, kelembapan relatif)
  - Gerakan badai (komponen angin zonal dan meridional)





# **“ KAJIAN PUSTAKA**



# Banjir Bandang

## Curah Hujan Ekstrem

Banjir bandang didefinisikan sebagai banjir **berdurasi pendek** dengan **debit yang tinggi**. Dibandingkan dengan banjir biasanya banjir bandang lebih sulit diprediksi dan terjadi dalam waktu kurang dari 6 jam dari peristiwa penyebab (E Gaume dan Borga, 2008; Eric Gaume dkk., 2009; Marchi dkk., 2010)

Beberapa faktor utama yang menyebabkan banjir bandang memiliki durasi yang pendek yaitu: curah hujan dengan **intensitas tinggi**, lereng yang **curam**, permukaan **kedap air**, pelepasan air secara **tiba-tiba** (Molinari dkk, 2008; Georgakakos, 1986)

Peristiwa curah hujan ekstrem adalah jumlah curah hujan yang jarang atau tidak biasa secara statistik yang dapat mengubah struktur ekosistem dan/atau berfungsi baik di luar batas dari apa yang dianggap normal (Reichstein dkk., 2013).

Sebagaimana di *official website* BMKG, ambang batas nilai yang digunakan untuk menentukan **intensitas curah hujan ekstrem** adalah lebih dari 150 mm/hari.





## Penentuan CH Ekstrem

## Kondisi Atmosfer yang Berasosiasi dengan CH Ekstrem

Zwiers dan Wehner, (2013) menentukan nilai curah hujan ekstrem dengan mengambil nilai *annual maxima* curah hujan harian.

Siswanto dkk., (2017) menentukan nilai curah hujan ekstrem di Jakarta dengan periode ulang tertentu dengan mem-*fitting* curah hujan harian maksimum pada setiap tahun GEV (*Generalized Extreme Value*).

Aprianda, (2022) juga menggunakan data *annual maxima* pada GEV untuk menentukan nilai curah hujan ekstrem.

Penelitian lain mengenai kondisi atmosfer yang berasosiasi dengan hujan ekstrem telah dilakukan oleh Meyer dkk., (2022). Pada penelitian tersebut kondisi atmosfer yang terkait dengan hujan konvektif sebagai berikut:

- ✓ Ketidakstabilan (CAPE, CIN, K index)
- ✓ Kelembapan (Jumlah total uap air, kelembapan spesifik, kelembapan relatif)
- ✓ Pergerakan angin (kecepatan angin, *low level wind shear*, dan *deep layer wind shear*)



# **“ DATA DAN METODE**

# Data

# Metode

## Banjir Bandang



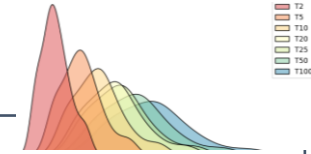
Data banjir bandang merupakan data yang diperoleh dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Dengan data tersebut berisi tanggal, jam kejadian, durasi hujan, lokasi beserta lintang dan bujur, jumlah korban, dan kerugian dengan periode data yang digunakan dari tahun 2011-2021.

## Digital Elevation Model



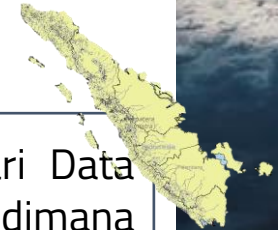
Data DEM yang digunakan berasal dari DEMNAS dimana berisi data seluruh daerah kajian aliran sungai yang ada di Pulau Sumatra dengan resolusi 8 m dan telah diproyeksi dengan *world Mercator* dan di-*resample* menjadi 250 m. Data ini dapat diakses di <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/demnas>.

## Curah Hujan



Data curah hujan menggunakan data dari satelit GPM (Global Precipitation Measurement) level 3 dengan tipe GPM-IMERG Final Run dengan resolusi temporal 30 menit serta resolusi spasial 0,1 x 0,1 lintang dan bujur dari tahun 2000-2021. Data GPM ini dapat diakses di <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets>.

## Bahaya Banjir Bandang



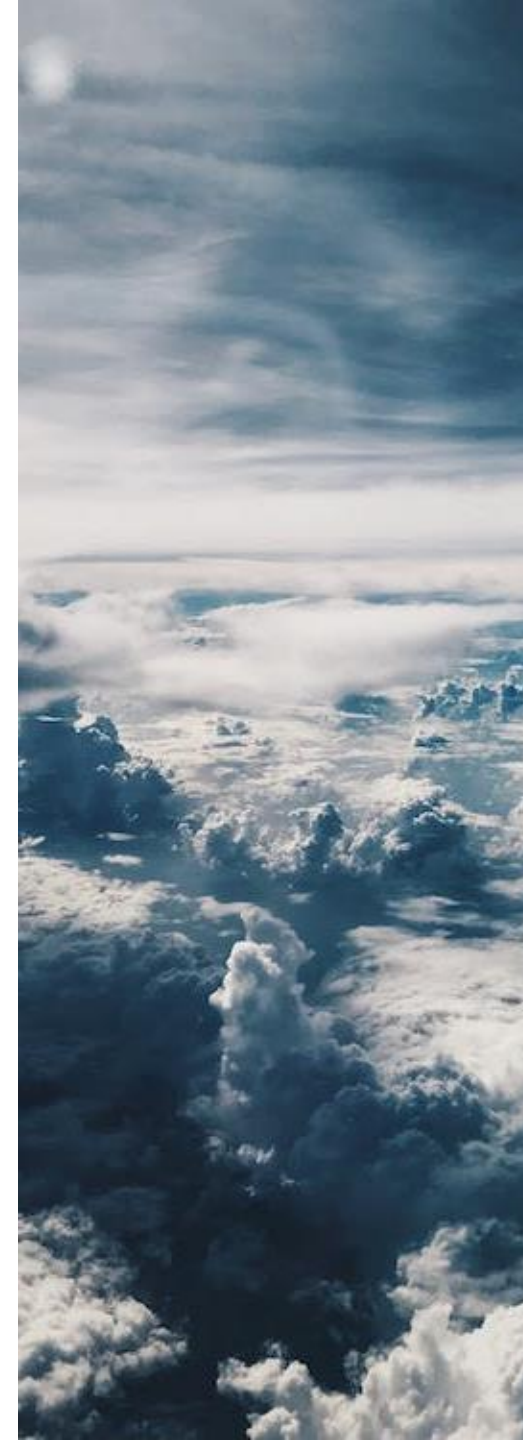
Data bahaya banjir bandang ini diperoleh dari Data Informasi Bencana di Indonesia (DIBI) BNPB dimana data ini berbentuk spasial dengan tersebar lokasi kejadian bencana banjir bandang yang telah dipetakan oleh BNPB. Data ini dapat diakses di [https://inarisk1.bnpb.go.id:6443/arcgis/rest/services/inaRISK/INDEKS\\_BAHAYA\\_BANJIR\\_BANDANG/ImageServer](https://inarisk1.bnpb.go.id:6443/arcgis/rest/services/inaRISK/INDEKS_BAHAYA_BANJIR_BANDANG/ImageServer)

# Data

# Metode

## ECMWF Reanalysis Version 5 (ERA5)

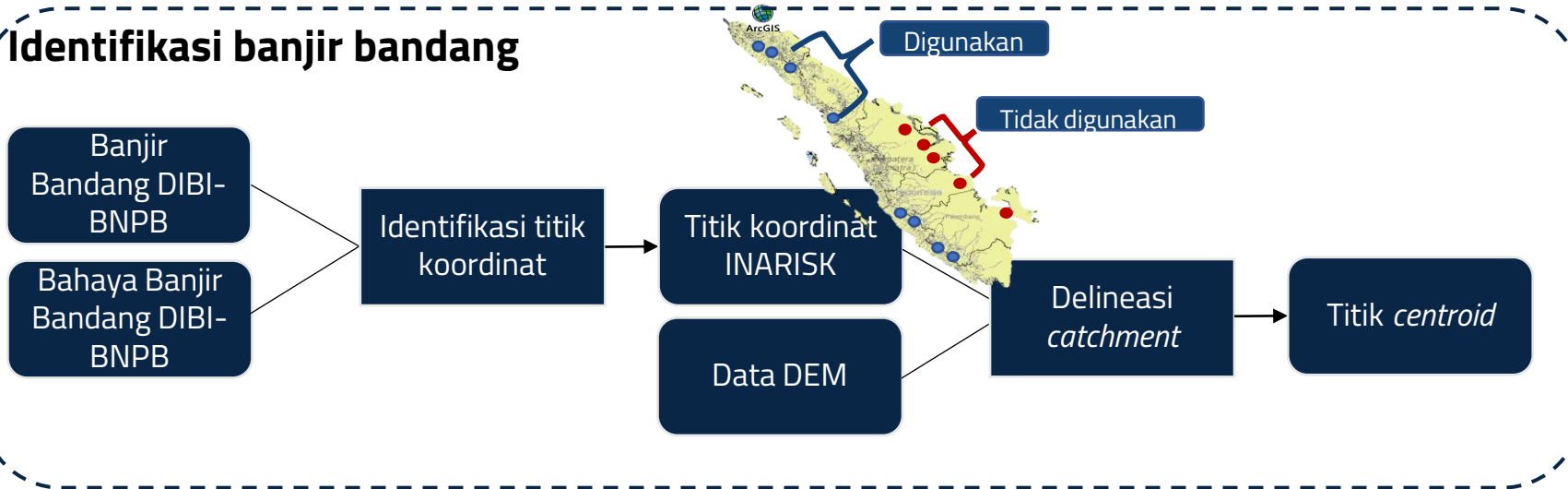
Proksi	Parameter	Satuan	Level	Sumber Data
Ketidakstabilan	Convective Available Potential Energy (CAPE)	$J\ kg^{-1}$	Single	Hersbach dkk., 2023b
	Convective Inhibition (CIN)	$J\ kg^{-1}$	Single	
	K-Index	$^{\circ}C$	Single	
Kelembapan	Jumlah total uap air	$kg\ m^{-2}$	Single	Hersbach dkk., 2023b
	Kelembapan Spesifik	$kg\ kg^{-1}$	700 hPa	Hersbach dkk., 2023a
	Kelembapan Relatif	%		
Pergerakan badai	Angin U dan Angin V	$m\ s^{-1}$	500, 700, 850, 1000 hPa	Hersbach dkk., 2023a



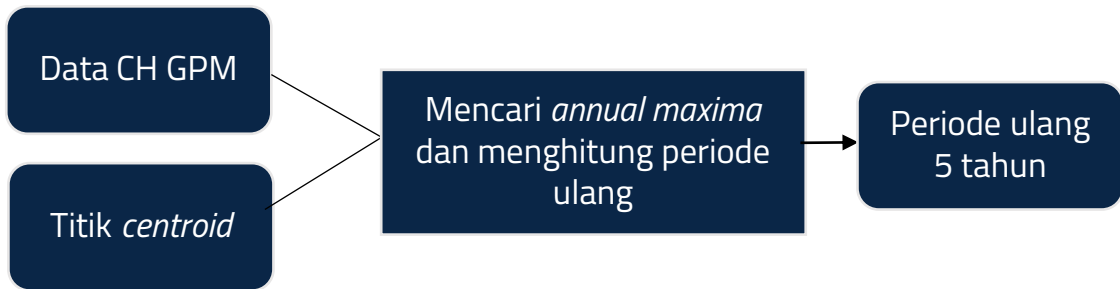
# Data

# Metode

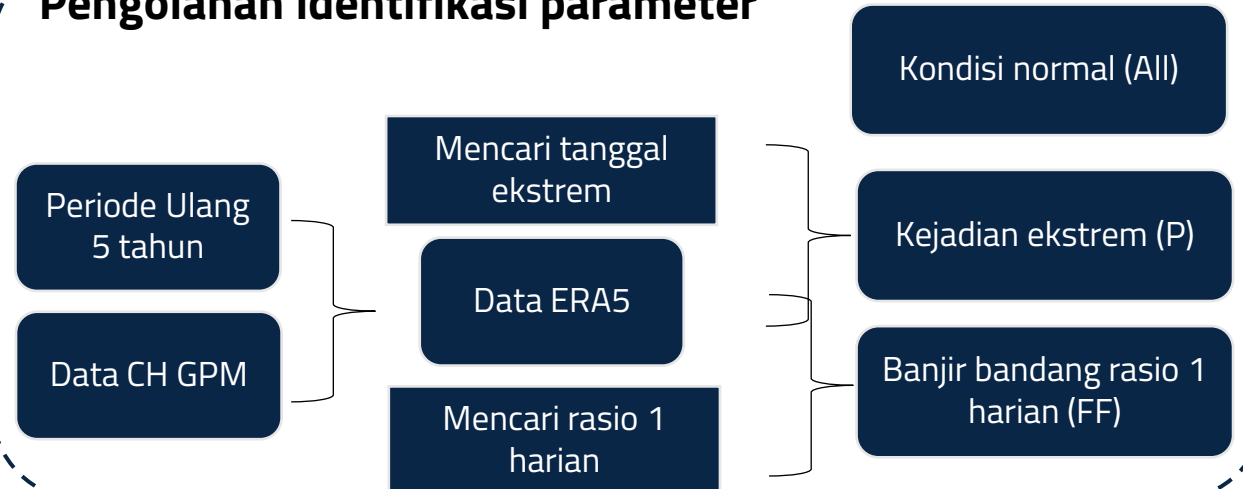
## Identifikasi banjir bandang



## Curah hujan ekstrem



## Pengolahan identifikasi parameter

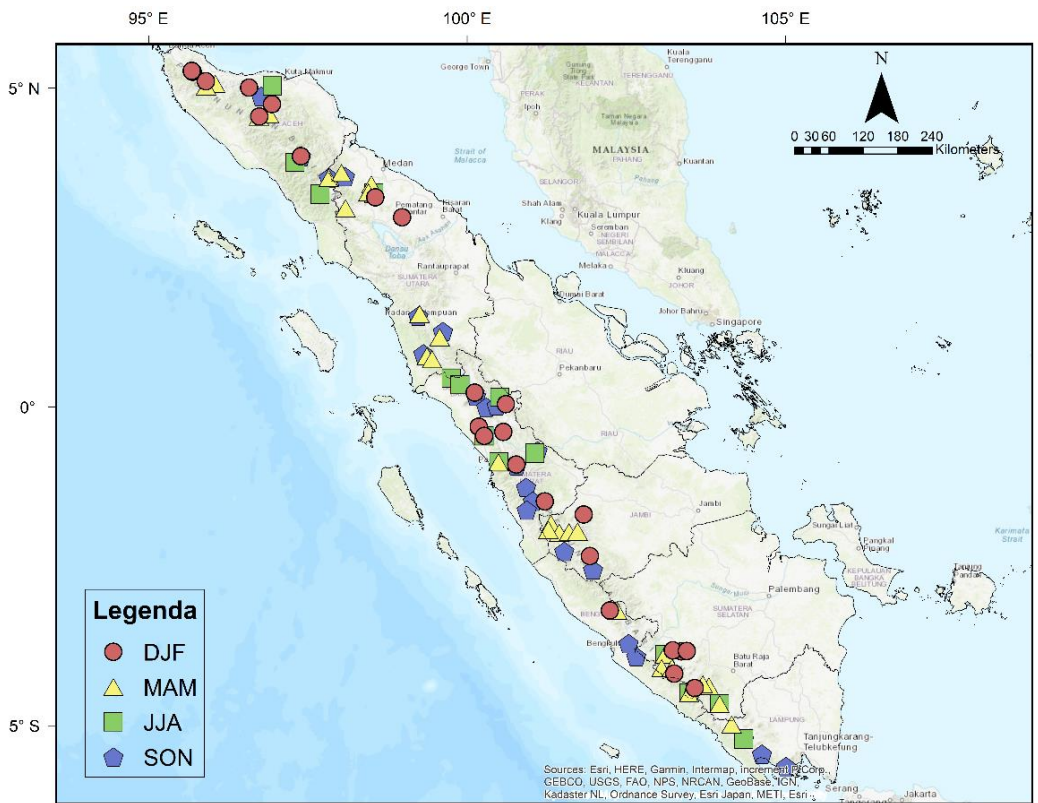






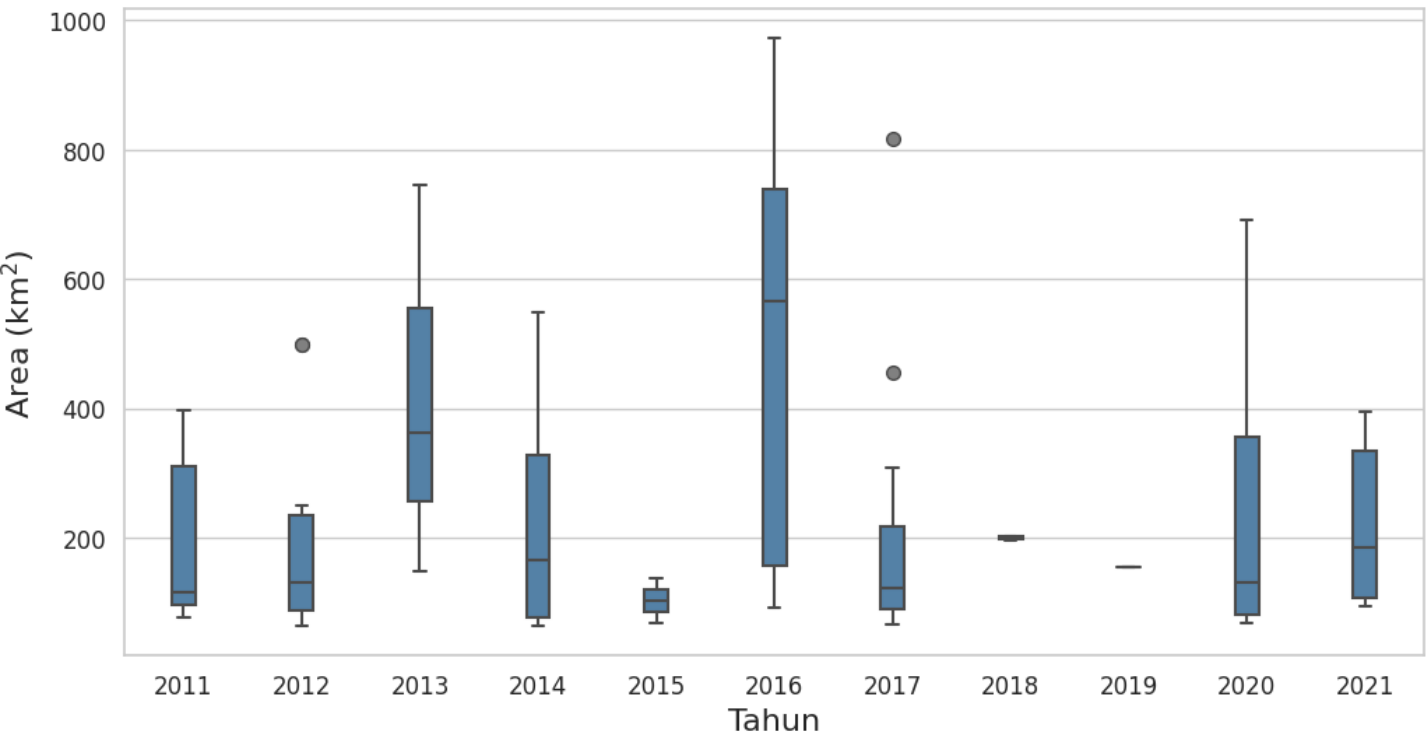
**“HASIL DAN  
PEMBAHASAN**

# Kejadian Banjir Bandang di Sumatra 2011-2021



Gambar 4.1 Lokasi kejadian banjir bandang di 93 titik centroid di Pulau Sumatra tahun 2011-2021 yang dikelompokkan berdasarkan musim (Lingkaran: DJF, Segitiga: MAM, Persegi: JJA, Pentagon: SON)

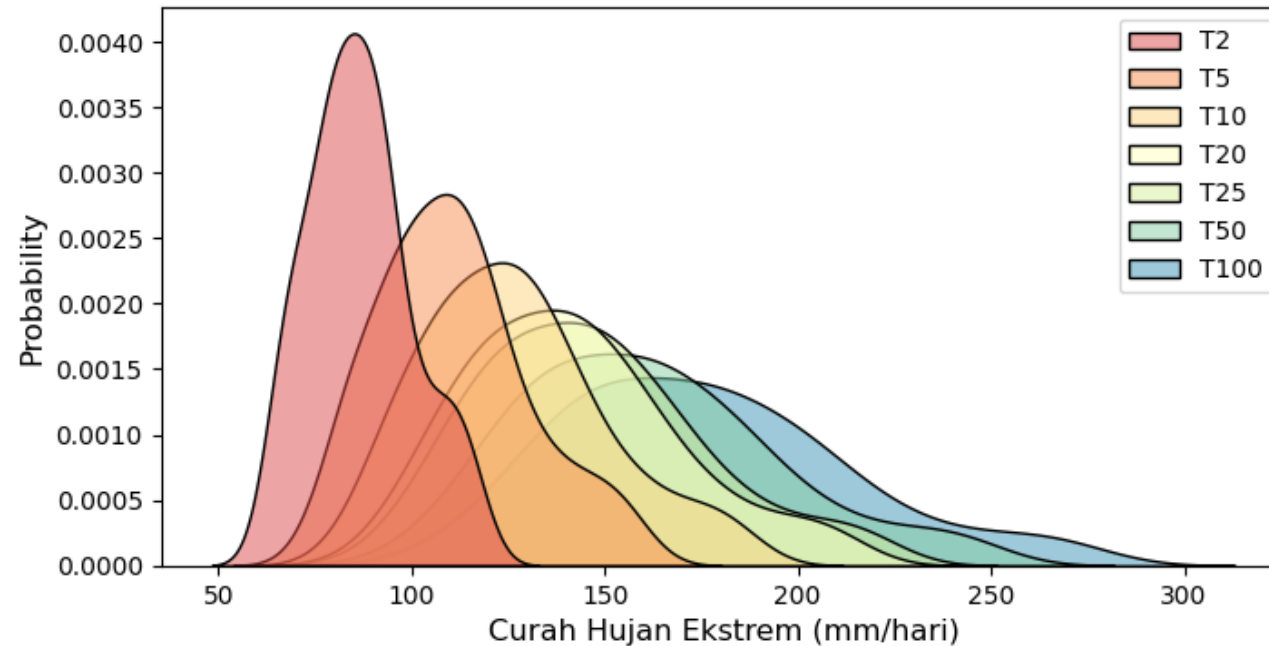
Musim	Jumlah Kejadian Banjir Bandang
DJF	26
MAM	29
JJA	14
SON	24



Gambar 4.3 Luas area *catchment* kejadian banjir bandang di Sumatra tahun 2011- 2021

Luas Area <i>Catchment</i> (km <sup>2</sup> )	
Minimum	63.7
Maksimum	971.8
Standar Deviasi	222.4
Rata-Rata	259.7
Median	155.1

# Karakteristik Curah Hujan Ekstrem di Sumatra 2011-2021



Gambar 4.4 Kurva PDF nilai curah hujan ekstrem periode ulang (T) 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun di 93 titik *centroid*.

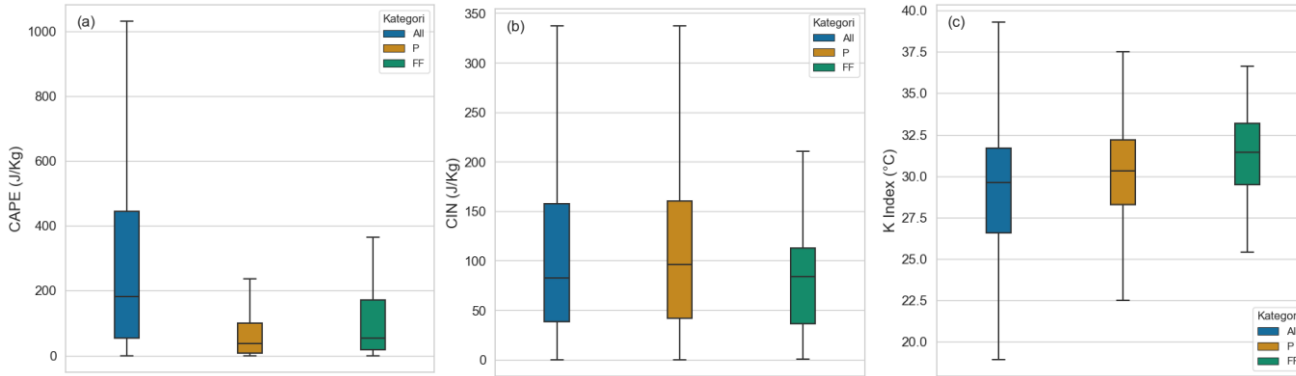
	T2	T5	T10	T20	T25	T50	T100
Min	64.47	77.25	85.0	92.42	94.78	102.04	109.25
Maks	116.81	156.76	183.21	208.58	216.63	242.06	268.41
Std	13.29	19.29	23.45	27.51	28.81	32.82	36.83
Mean	86.74	110.61	126.41	141.56	146.37	161.18	175.89
Median	85.68	109.90	125.36	139.77	144.23	157.97	171.60

Semakin curam untuk periode yang kecil dan landai untuk periode ulang yang lebih besar. Kurva yang lebih landai untuk periode ulang yang besar menunjukkan nilai yang lebih bervariasi dibandingkan dengan kurva yang curam

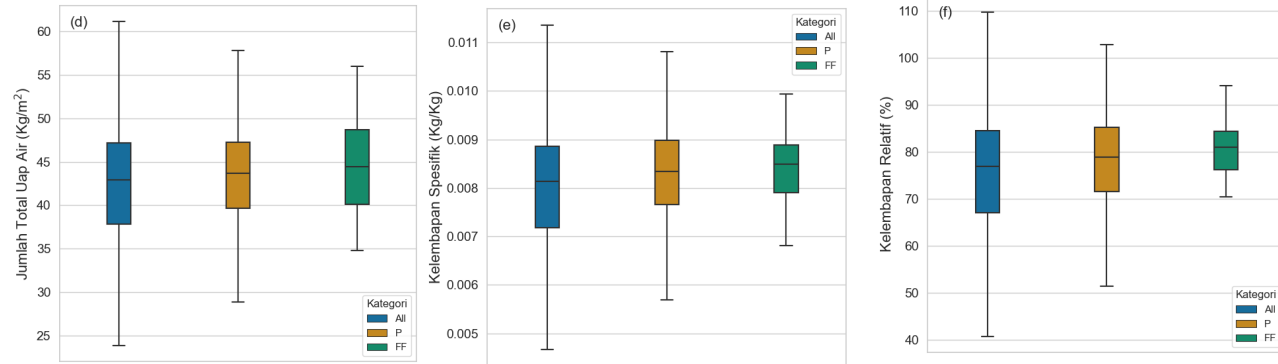
# Identifikasi Kondisi Atmosfer Yang Memicu Curah Hujan Ekstrem dan Banjir Bandang



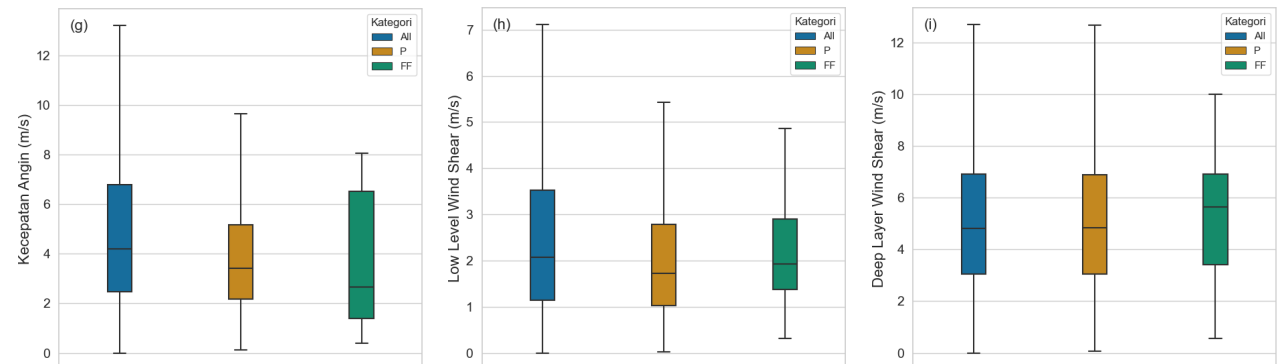
Ketidakstabilan



Kelembapan



Gerakan Badai



Gambar 4.7 Nilai parameter atmosfer untuk seluruh waktu (All) berwarna biru, ketika curah hujan ekstrem periode ulang 5 tahun (P) berwarna kuning, dan kejadian banjir bandang rasio 1 harian (FF) berwarna hijau.

- **Parameter ketidakstabilan** (CAPE dan CIN) terjadi di bawah nilai kuartil kondisi normal
- **Parameter ketidakstabilan** (K indeks) terjadi di atas nilai kuartil kondisi normal
- **Parameter kelembapan** (Jumlah total uap air, k.relative, dan k.spesifik) terjadi di atas nilai kuartil kondisi normal
- **Parameter pergerakan *thunderstorm*** terjadi di bawah nilai kondisi normal

# Identifikasi Kondisi Atmosfer Yang Memicu Curah Hujan Ekstrem dan Banjir Bandang



Nilai ambang batas ditentukan berdasarkan kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang berdasarkan kuartil atas/bawah dari rentang kejadian selama curah hujan ekstrem, termasuk semua kategori P baik yang terkait banjir atau tidak.

Ketidakstabilan			Kelembapan			Pergerakan Angin		
CAPE	CIN	Kindeks	TCWV	q	RH	WS700hPa	LLS	DLS
$\leq 99.88$	$\leq 160.1$	$\geq 28.3$	$\geq 39.66$	$\geq 0.007$	$\geq 71.48$	$\leq 5.17$	$\leq 2.78$	$\leq 6.89$
$J\ kg^{-1}$	$J\ kg^{-1}$	$^{\circ}C$	$kg\ m^{-2}$	$kg\ kg^{-1}$	%	$m\ s^{-1}$	$m\ s^{-1}$	$m\ s^{-1}$

Parameter :

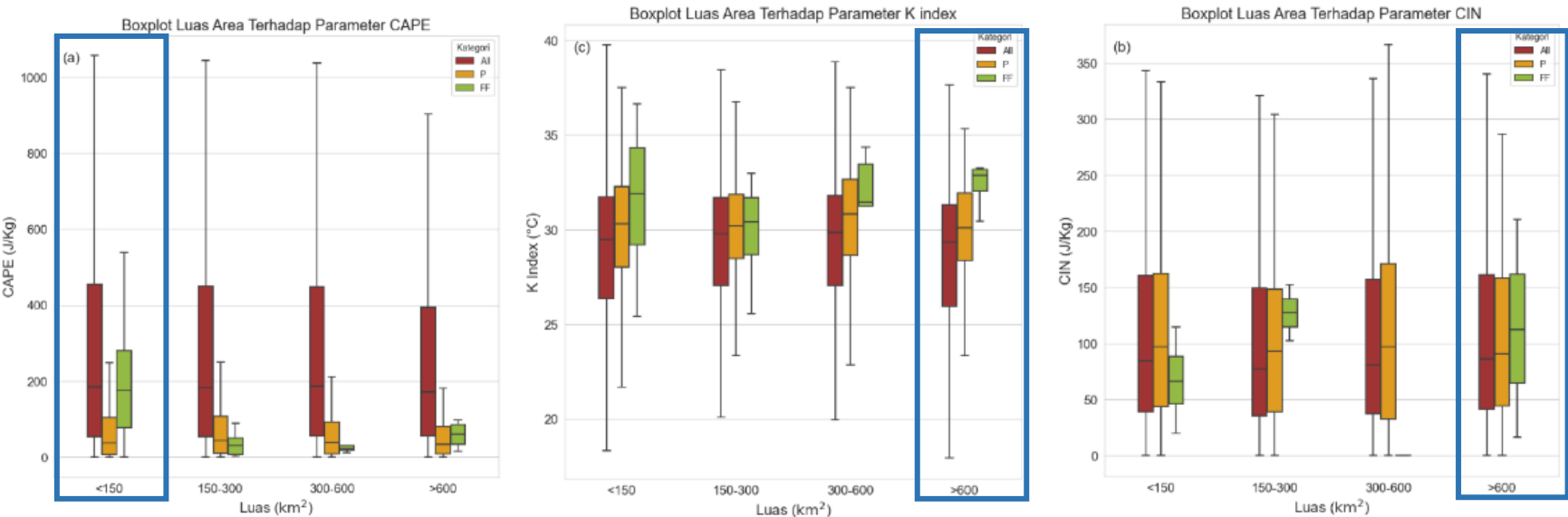
K-Indeks dan Jumlah Total Uap Air. Hal tersebut diambil berdasarkan 50% kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang serta mengesampingkan kejadian normal.



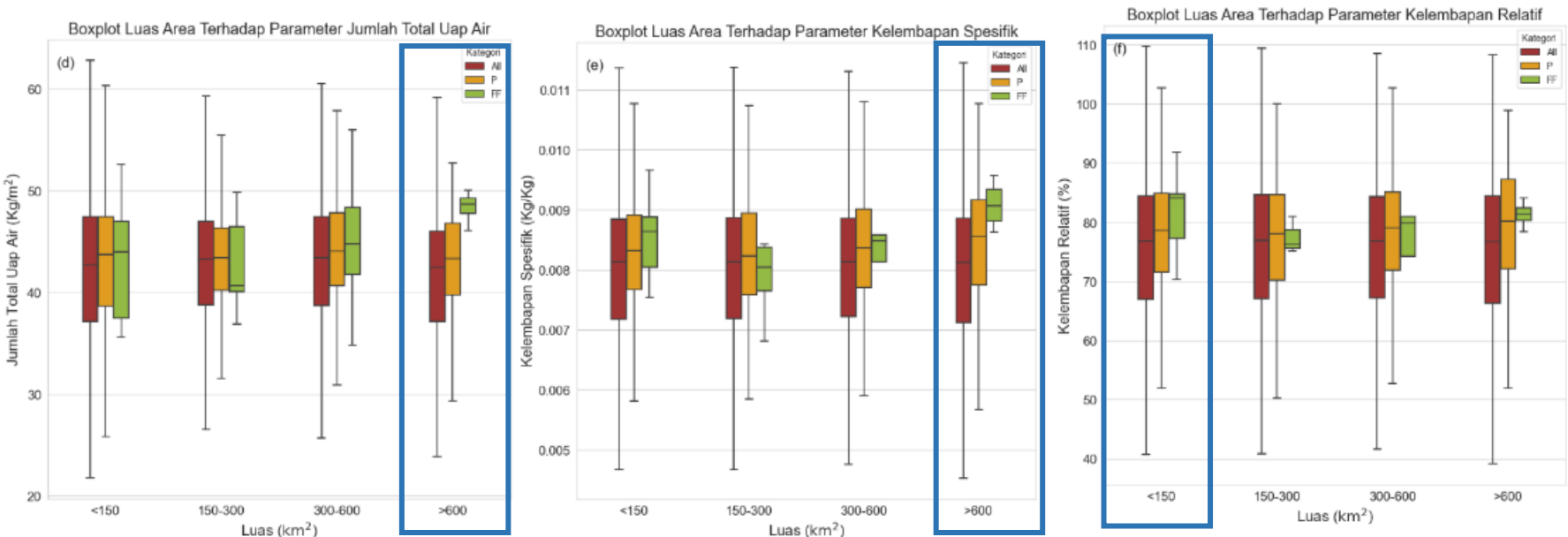
# Identifikasi Kondisi Atmosfer Yang Memicu Curah Hujan Ekstrem dan Banjir Bandang



Ketidakstabilan



Kelembapan

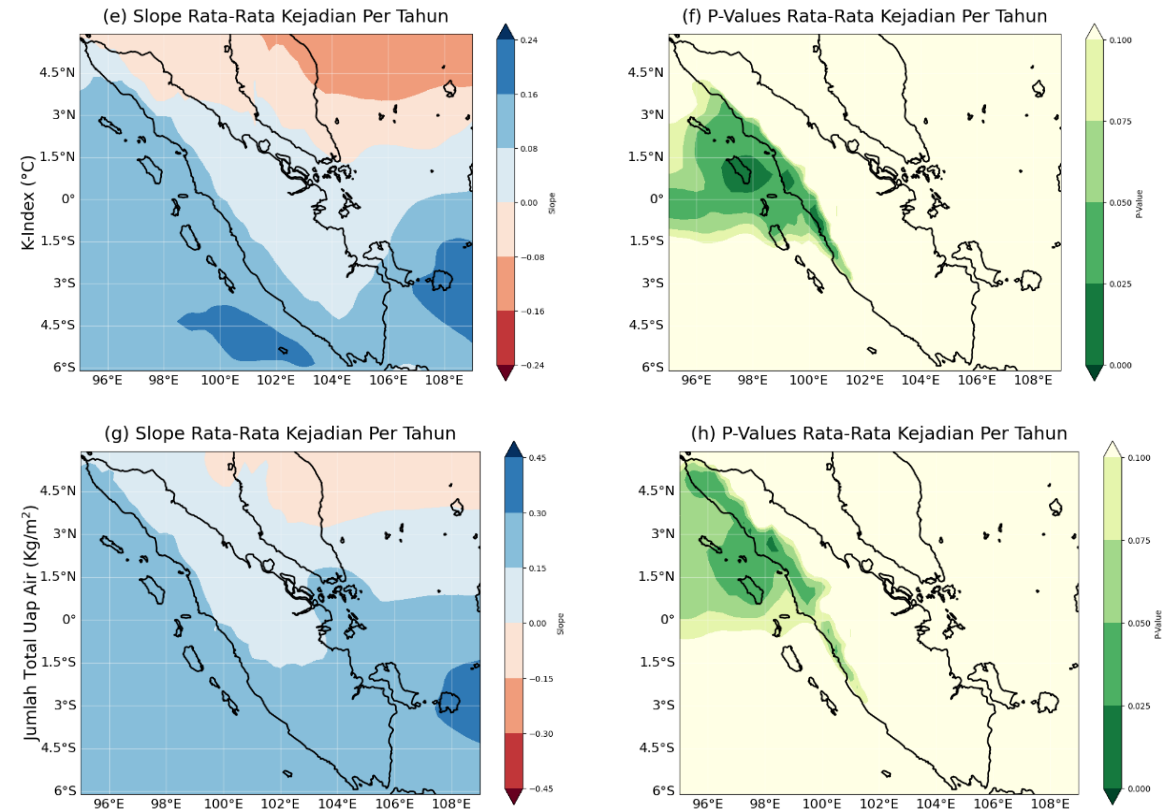


Gambar 4.8 Hubungan luas *catchment* dalam satuan ( km<sup>2</sup> ) dengan parameter atmosfer di Sumatra Tahun 2011-2021. Kategori All ditunjukkan dengan warna merah, kategori P ditunjukkan dengan warna kuning sedangkan kategori FF ditunjukkan dengan warna hijau

# Diskusi



- Penelitian ini di wilayah Sumatra ( $5.9^{\circ}\text{N}$ –  $6.1^{\circ}\text{S}$  and  $95^{\circ}\text{E}$ –  $109^{\circ}\text{E}$ ) didapatkan dari parameter yang terlihat kontras perbedaannya yaitu K-Indeks dan Jumlah Total Uap Air.
- K-Indeks memiliki kemampuan spesial dalam memprediksi potensi curah hujan lebat (Funk, 1991 dalam Junker dkk., 1999). Nilai K-indeks yang tinggi menunjukkan kondisi atmosfer yang tidak stabil sehingga semakin tinggi potensi untuk terjadinya badai konvektif. K-Indeks juga memiliki kelebihan karena dalam formulanya memperhitungkan profil suhu atmosfer di berbagai tingkat.
- Menurut Champion, (2019), dalam penelitiannya tentang skala sinoptik dari curah hujan ekstrem di United Kingdom menghasilkan bahwa jumlah total uap air merupakan salah satu prediktor banjir bandang. Total Column Water Vapor (TCWV) merupakan jumlah total uap air yang berasal dari permukaan hingga puncak atmosfer sehingga semakin tinggi kandungan uap air maka semakin banyak air yang tersedia untuk pertumbuhan badai konvektif.



Gambar 4.9 Analisis tren dari parameter atmosfer di Sumatra tahun 2011-2021 di kolom pertama (a,c,e,g,i,k,m,o,q) merupakan nilai rata-rata kemiringan/*slope* per tahun dari setiap parameter atmosfer sedangkan kolom kedua (b,d,f,h,j,l,m,p,r).

K-Indeks terjadi peningkatan sebesar  $0.08$ - $0.16$   $^{\circ}\text{C}$  per tahunnya di Sumatra bagian barat dengan signifikan (Gambar 4.9f)

Jumlah total uap air : terjadi peningkatan sebesar  $0.3$ -  $1.15$   $\text{kg}/\text{m}^2$  per tahun terutama di bagian utara Sumatra dengan signifikan (Gambar 4.9h)



## Kesimpulan

1. Teridentifikasi 93 kejadian banjir bandang di Sumatra tahun 2011-2021 yang umumnya terjadi pada periode musim MAM (Maret-April-Mei) dengan banjir bandang rata-rata luas daerah tangkapan air sebesar  $259 \text{ km}^2$ .
2. Penelitian ini menemukan bahwa parameter K-Indeks ( $\geq 28.32 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dan Jumlah Total Uap Air ( $\geq 39.66 \text{ kg m}^{-2}$ ) sebagai parameter pemicu hujan ekstrem dan banjir bandang di Sumatra tahun 2011-2021. Peranan parameter atmosfer ini teridentifikasi dengan baik di luasan daerah tangkapan air  $> 600 \text{ km}^2$ .

## Saran

1. Penelitian ini menggunakan data parameter atmosfer dari ERA5 yang masih kasar temporalnya dan data satelit GPM yang berbeda resolusinya, sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai hal tersebut. Peningkatan frekuensi kejadian curah hujan ekstrem tidak dapat didukung dengan *database* dan analisis yang tersedia untuk diperlukan analisis yang lebih rinci dengan data yang memiliki resolusi temporal 30 menit.

# Daftar Pustaka



- Ã, F. M. (2008): Partial identification of probability distributions with misclassified data, **144**, 81–117. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.12.003>
- American Meteorological Society (AMS). (2020): Climatology. Glossary of Meteorology. Diakses pada 27 Maret 2023, dari laman [https://glossary.ametsoc.org/wiki/Convective\\_available\\_potential\\_energy](https://glossary.ametsoc.org/wiki/Convective_available_potential_energy).
- American Meteorological Society (AMS). (2020): Climatology. Glossary of Meteorology. Diakses pada 27 Maret 2023, dari laman [https://glossary.ametsoc.org/wiki/Convective\\_inhibition](https://glossary.ametsoc.org/wiki/Convective_inhibition).
- Adi, S., and Thamrin, J. M. H. (2013): Characterization Of Flash Flood Disaster In Indonesia Karakterisasi Bencana Banjir Bandang Di Indonesia, **15**(1), 42–51.
- Alam, A., Emura, K., Farnham, C., and Yuan, J. (2018): Best-Fit Probability Distributions and Return Periods for Maximum Monthly Rainfall in Bangladesh. <https://doi.org/10.3390/cli6010009>
- Budiarti, M., Muslim, M., and Ilhamsyah, Y. (2012): Studi Indeks Stabilitas Udara Terhadap Prediksi Kejadian Badai Guntur (Thunderstorm) Di Wilayah Stasiun Meteorologi Cengkareng Banten, *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, **13**(2), 111–117. <https://doi.org/10.31172/jmg.v13i2.125>
- Carmen, M., Marcos, R., Turco, M., and Gilabert, J. (2016): Trends in flash flood events versus convective precipitation in the Mediterranean region : The case of Catalonia, *Journal of Hydrology*, **541**(June 2000), 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.05.040>
- Champion, A. J. (2019): Synoptic-Scale Precursors of Extreme U.K Summer 3-Hourly Rainfall. <https://doi.org/10.1029/2018JD029664>
- Gaume, E, and Borga, M. (2008): Post-flood field investigations inupland catchments aftermajor flash floods: proposal ofamethodologyand illustrations. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2008.00023.x>
- Gaume, Eric, Bain, V., Bernardara, P., Newinger, O., Barbuc, M., Bateman, A., Blöschl, G., Borga, M., Dumitrescu, A., Daliakopoulos, I., Garcia, J., Irimescu, A., Kohnova, S., Koutroulis, A., Marchi, L., Matreata, S., Medina, V., Preciso, E., Sempere-torres, D., Stancalie, G., Szolgay, J., Tsanis, I., Velasco, D., and Viglione, A. (2009): A compilation of data on European flash floods, **367**, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028>
- Georgakakos, K. P. (1986): A Generalized Stochastic Hydrometeorological Model for Flood and Flash-Flood Forecasting 2. Case Studies, **22**(13), 2096–2106.
- Immanuel, N. (2018): Tribunnews.com dengan judul Banjir Bandang dan Longsor Landa Tujuh Kabupaten di Sumatra Barat , 12 Oktober 2018, retrieved from internet:<http://www.tribunnews.com/regional/2018/10/12/banjir-bandang-dan-longsor-landa-tujuh-kabupaten-di-sumatra-barat>.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Andr s, H., Mu os-Sabater, J., . . . Th paut, J.-N. (2023a). ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present. *Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)*. doi:10.24381/cds.bd0915c6
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Andr s, H., Mu os-Sabater, J., . . . Th paut, J.-N. (2023b). ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. *Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)*. doi:10.24381/cds.adbb2d47
- Institute of Mathematical Statistics is collaborating with JSTOR to digitize, preserve, and extend access to The Annals of Mathematical Statistics.   www.jstor.org. (n.d.): .
- Ismail, P. (2017): Atmospheric conditions analysis of the heavy rain phenomenon in Biak ( case study 4-5 December Atmospheric conditions analysis of the heavy rain phenomenon in Biak ( case study 4-5 December 2014 ), (December 2014). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- Junker, N. W., Schneider, R. S., and Fauver, S. L. (1999): A study of heavy rainfall events during the great midwest flood of 1993, *Weather and Forecasting*, **14**(5), 701–712. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1999\)014<0701:ASOHRE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1999)014<0701:ASOHRE>2.0.CO;2)

# Daftar Pustaka



- Maddox, R. A., Chappell, C. F., and Hoxit, L. R. (1978): Synoptic and Meso-a Scale Aspects of Flash Flood Events, **61**(11), 115–123.
- Marchi, L., Borga, M., Preciso, E., and Gaume, E. (2010): Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management, *Journal of Hydrology*, **394**(1–2), 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.017>
- Meyer, J., Neuper, M., Mathias, L., Zehe, E., and Pfister, L. (2022): Atmospheric conditions favouring extreme precipitation and flash floods in temperate regions of Europe, *Hydrology and Earth System Sciences*, **26**(23), 6163–6183. <https://doi.org/10.5194/hess-26-6163-2022>
- Modrick, T. M., and Georgakakos, K. P. (2015): Journal of Hydrology : Regional Studies The character and causes of flash flood occurrence changes in mountainous small basins of Southern California under projected climatic change, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **3**, 312–336. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.02.003>
- Nurrohman, F., and Tjasyono, B. (2016): Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Wilayah Makassar, **3**(2), 18–24.
- Půčik, T., Groenemeijer, P., Rýva, D., and Kolář, M. (2015): Proximity Soundings of Severe and Nonsevere Thunderstorms in Central Europe. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-15-0104.1>
- Reichstein, M., Bahn, M., Ciais, P., Frank, D., Mahecha, M. D., Seneviratne, S. I., Zscheischler, J., Beer, C., Buchmann, N., Frank, D. C., Papale, D., Rammig, A., and Smith, P. (2013): Climate extremes and the carbon cycle, *Nature*, **500**(7462), 287–295. <https://doi.org/10.1038/nature12350>
- Schrier, G. Van Der, Jan, G., Oldenborgh, V., and Hurk, B. Van Den (2017): A very unusual precipitation event associated with the 2015 floods in Jakarta : an analysis of the meteorological factors A very unusual precipitation event associated with the 2015 floods in Jakarta : an analysis of the meteorological factors, *Weather and Climate Extremes*, **16**(June), 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.03.003>
- Service, N. W. (2010): *Hazards Associated with Deep Moist Convection*.
- Severe, N. (1996): Flash Flood Forecasting : An Ingredients-Based Methodology, (December 96), 560–581.
- Triyoza Aprianda (2022): Perhitungan Penentuan Ambang Batas Nilai Curah Hujan Ekstrem Di Indonesia, **12816037**.
- Widodo, S., and Hasan, S. (2008): *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara*.
- Yang, L., Smith, J., Baeck, M. L., Smith, B., Tian, F., and Niyogi, D. (2016): Journal of Geophysical Research : Atmospheres, 3139–3152. <https://doi.org/10.1002/2015JD024478>.Received
- Zwiers, V. V. K. F. W., and Wehner, X. Z. M. (2013): Changes in temperature and precipitation extremes in the CMIP5 ensemble, 345–357. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0705-8>



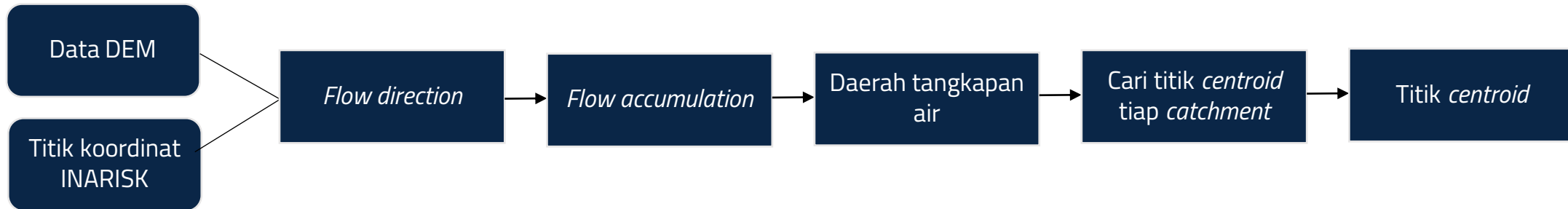


**“  
THANK YOU**

# Data

# Metode

## Delineasi *catchment*



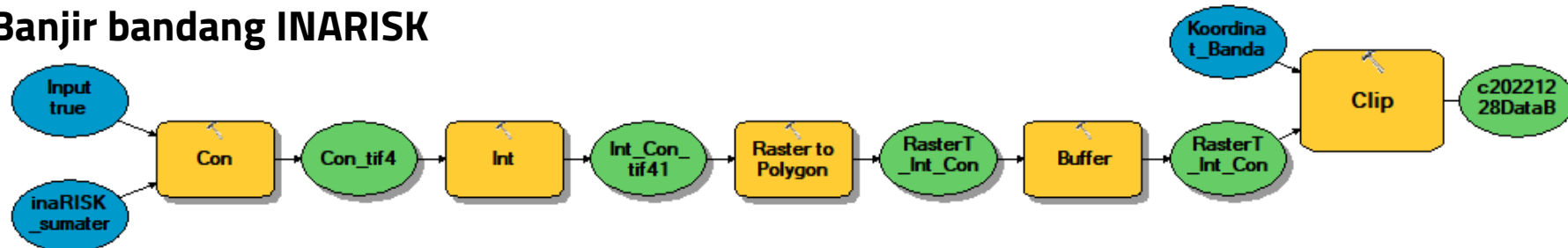
*Flow direction*

mengacu pada arah aliran air, ditentukan berdasarkan perbedaan elevasi

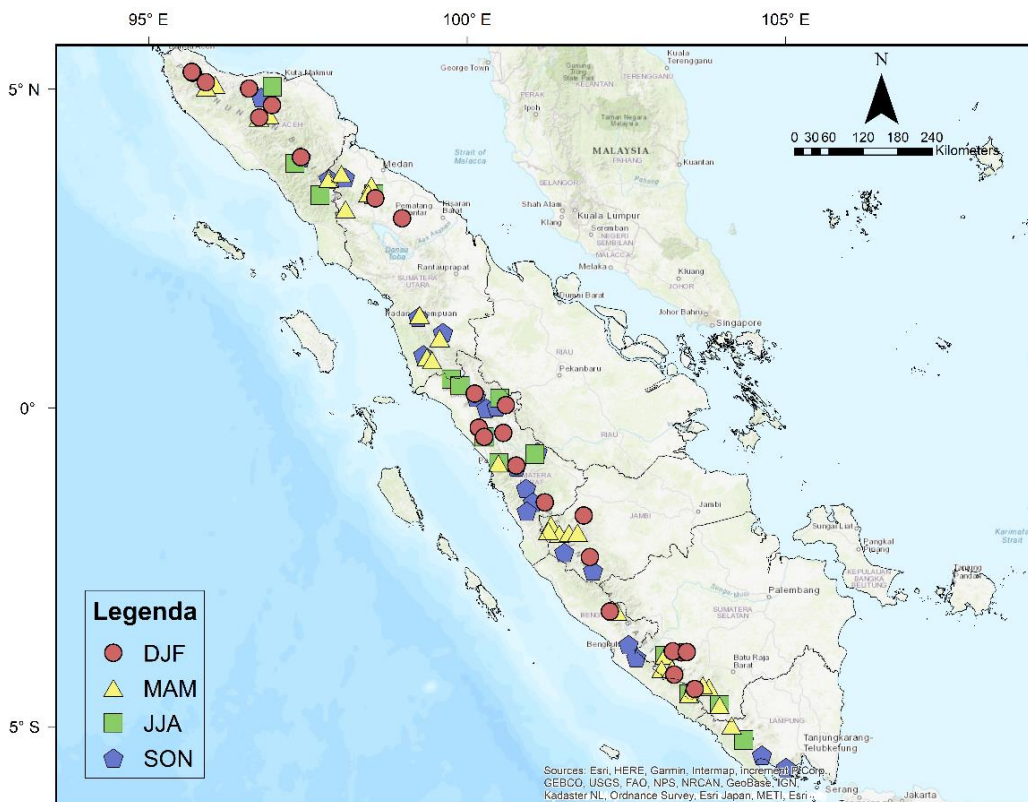
*Flow accumulation*

mengacu pada jumlah air yang mengalir, menghitung jumlah total aliran air yang melewati setiap piksel

## Banjir bandang INARISK



# Kejadian Banjir Bandang di Sumatra 2011-2021



Lokasi kejadian banjir bandang di 93 titik *centroid* di Pulau Sumatra tahun 2011-2021 yang dikelompokkan berdasarkan musim.

Musim	Jumlah Kejadian Banjir Bandang
DJF	26
MAM	29
JJA	14
SON	24

Kejadian banjir bandang paling banyak di tahun **2020** yakni 20 kejadian.

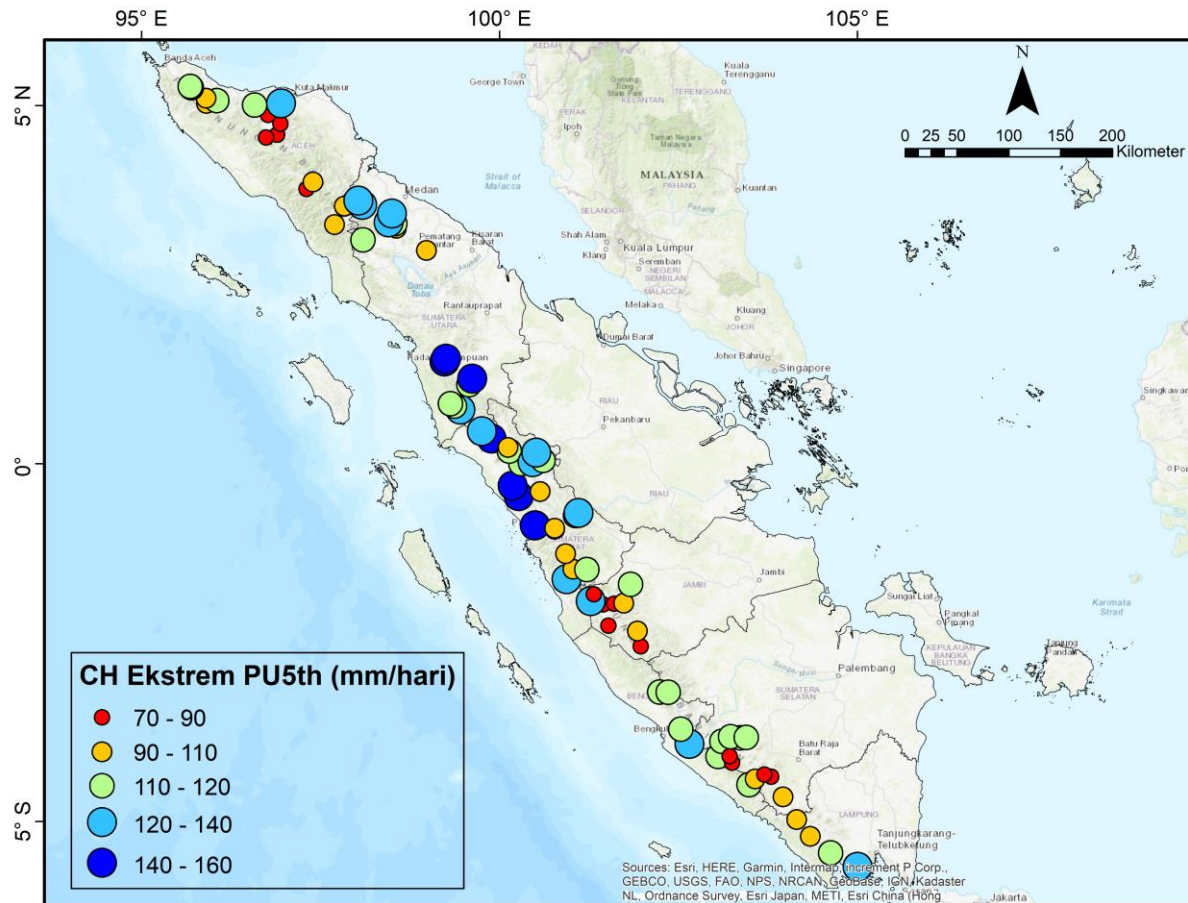


Gambar 4.2 Jumlah kejadian banjir bandang di Sumatra Tahun 2011- 2021.

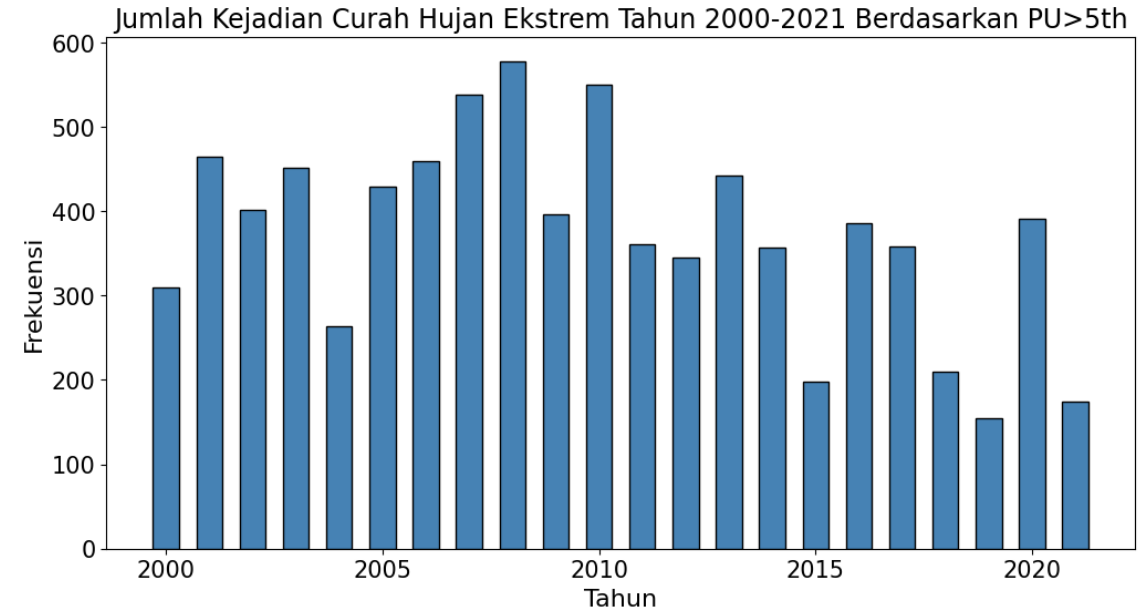
Gambar 4.1 Lokasi kejadian banjir bandang di 93 titik centroid di Pulau Sumatra tahun 2011-2021 yang dikelompokkan berdasarkan musim (Lingkaran: DJF, Segitiga: MAM, Persegi: JJA, Pentagon: SON)

Jumlah kejadian banjir bandang yang terbanyak terjadi di bulan **MAM** (Maret-April-Mei)

# Karakteristik Curah Hujan Ekstrem di Sumatra 2011-2021



Gambar 4.5 Zonasi nilai curah hujan ekstrem periode ulang 5 tahun di wilayah Sumatra

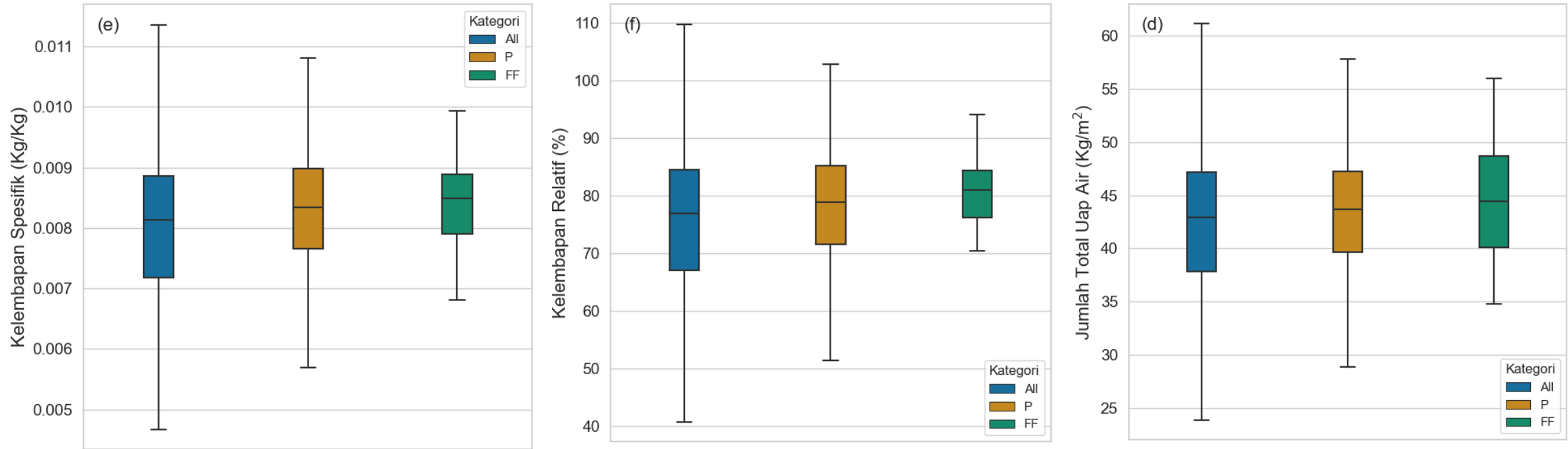


Gambar 4.6 Jumlah kejadian curah hujan ekstrem periode ulang 5 tahun di 93 titik centroid.

Nilai curah hujan berdasarkan periode ulang 5 tahun di 93 titik *centroid* yang memiliki rentang 70-160 mm/hari

Adanya penurunan jumlah kejadian curah hujan ekstrem di 93 titik *centroid*. Pada variasi *interannual* yang tinggi yakni di tahun 2020 ketika curah hujan ekstrem dengan periode ulang 5 tahun. Mirip dengan banyaknya kejadian banjir bandang seperti di Gambar 4.2

# Identifikasi Kondisi Atmosfer Yang Memicu Curah Hujan Ekstrem dan Banjir Bandang



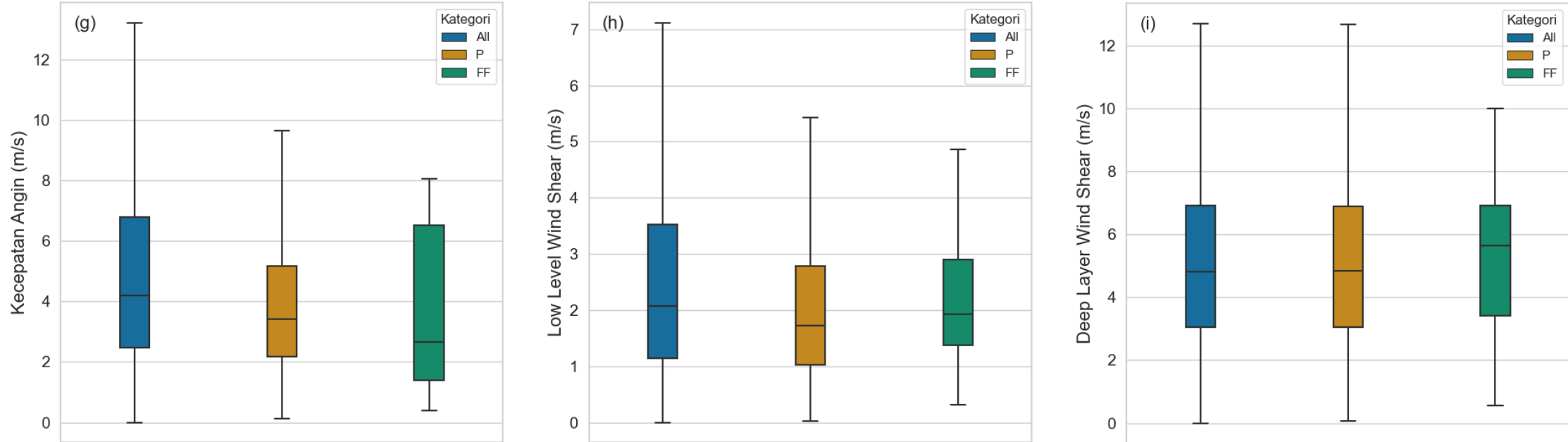
Gambar 4.7 Nilai parameter atmosfer untuk seluruh waktu (All) berwarna biru, ketika curah hujan ekstrem periode ulang 5 tahun (P) berwarna kuning, dan kejadian banjir bandang rasio 1 harian (FF) berwarna hijau.

- K.Spesifik : kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang terjadi di atas nilai kuartil pada kategori normal (All)
- K.Relatif : kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang terjadi di atas nilai kuartil pada kategori normal (All)
- Jumlah Total Uap air : kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang terjadi di atas nilai kuartil pada kategori normal (All).

Secara umum parameter kelembapan terjadi di atas persentil normal (All)



# Identifikasi Kondisi Atmosfer Yang Memicu Curah Hujan Ekstrem dan Banjir Bandang

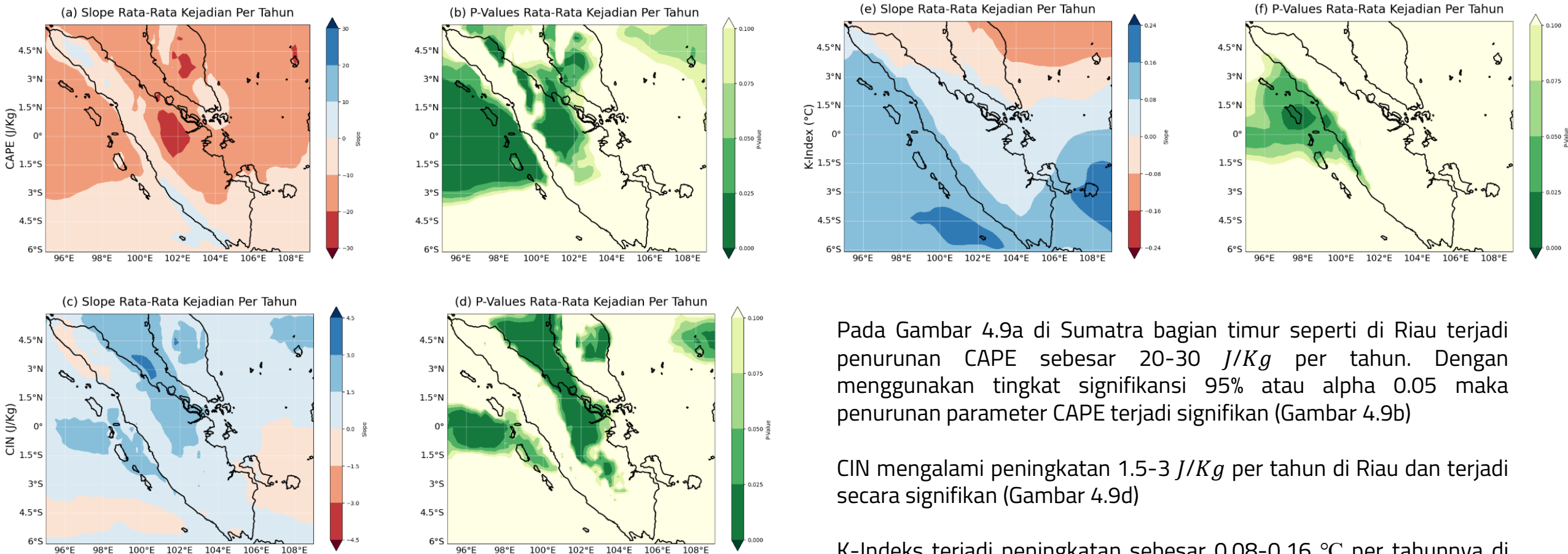


Gambar 4.7 Nilai parameter atmosfer untuk seluruh waktu (All) berwarna biru, ketika curah hujan ekstrem periode ulang 5 tahun (P) berwarna kuning, dan kejadian banjir bandang rasio 1 harian (FF) berwarna hijau.

- $Windspeed_{700hPa}$  : kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang terjadi di bawah nilai kuartil pada kategori normal (All)
- $Low\ level\ wind\ shear$  : kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang terjadi di bawah nilai kuartil pada kategori normal (All)
- $Deep\ layer\ wind\ shear$  : kejadian curah hujan ekstrem dan banjir bandang terjadi di bawah nilai kuartil pada kategori normal (All).

Secara umum parameter pergerakan *thunderstorm* terjadi di bawah persentil normal (All)

# Diskusi



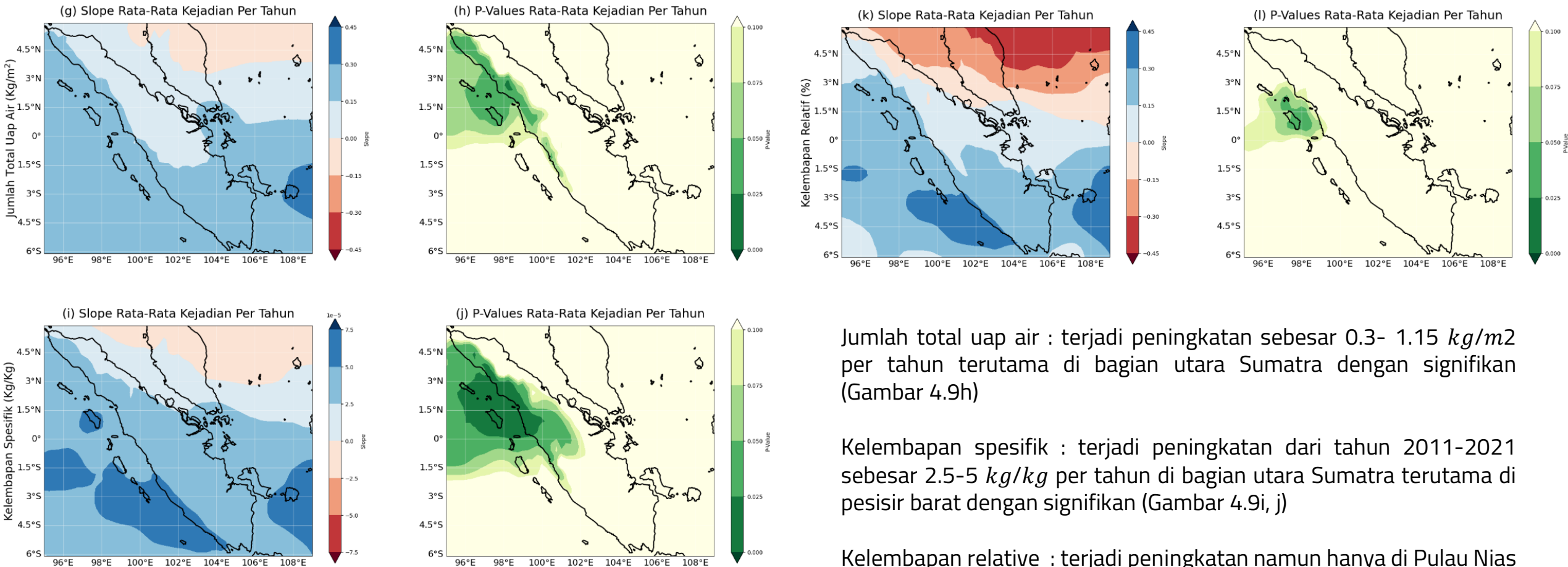
Pada Gambar 4.9a di Sumatra bagian timur seperti di Riau terjadi penurunan CAPE sebesar 20-30  $J/Kg$  per tahun. Dengan menggunakan tingkat signifikansi 95% atau alpha 0.05 maka penurunan parameter CAPE terjadi signifikan (Gambar 4.9b)

CIN mengalami peningkatan 1.5-3  $J/Kg$  per tahun di Riau dan terjadi secara signifikan (Gambar 4.9d)

K-Indeks terjadi peningkatan sebesar 0.08-0.16  $^{\circ}C$  per tahunnya di Sumatra bagian barat dengan signifikan (Gambar 4.9f)

Gambar 4.9 Analisis tren dari parameter atmosfer di Sumatra tahun 2011-2021 di kolom pertama (a,c,e,g,i,k,m,o,q) merupakan nilai rata-rata kemiringan/*slope* per tahun dari setiap parameter atmosfer sedangkan kolom kedua (b,d,f,h,j,l,m,p,r).

# Diskusi



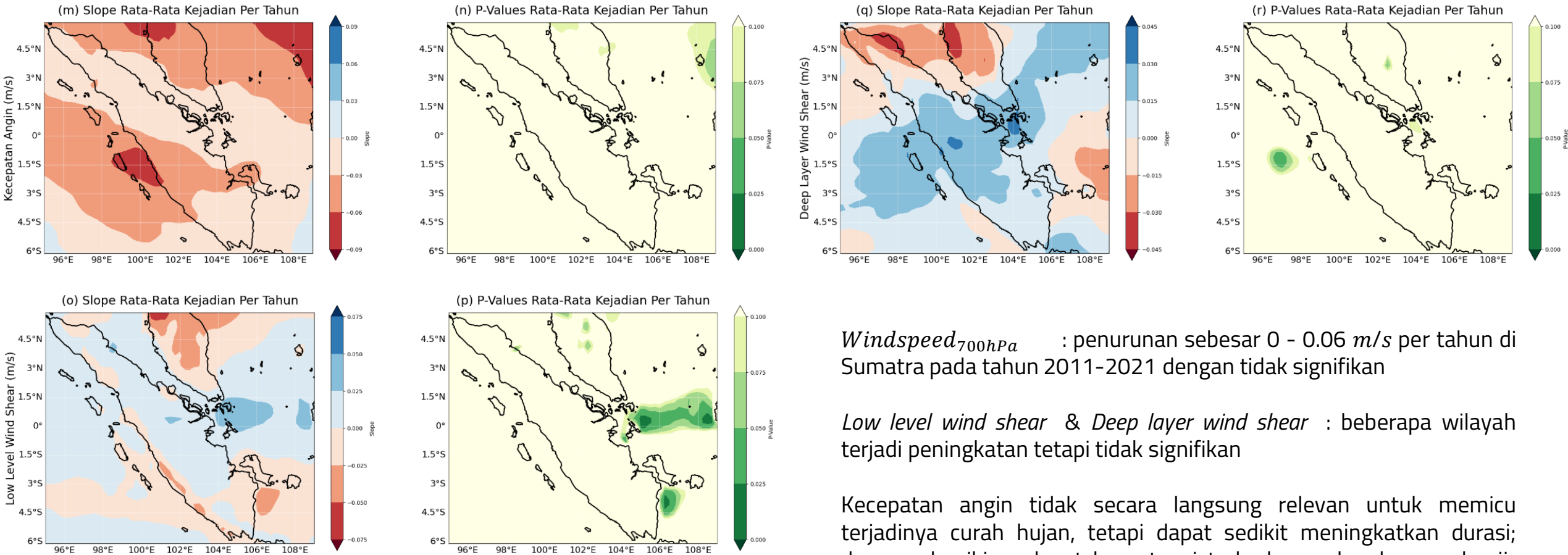
Jumlah total uap air : terjadi peningkatan sebesar 0.3- 1.15  $kg/m^2$  per tahun terutama di bagian utara Sumatra dengan signifikan (Gambar 4.9h)

Kelembapan spesifik : terjadi peningkatan dari tahun 2011-2021 sebesar 2.5-5  $kg/kg$  per tahun di bagian utara Sumatra terutama di pesisir barat dengan signifikan (Gambar 4.9i, j)

Kelembapan relative : terjadi peningkatan namun hanya di Pulau Nias dengan signifikan yakni sebesar 0.15-0.3% per tahun (Gambar 4.9k, l)

Gambar 4.9 Analisis tren dari parameter atmosfer di Sumatra tahun 2011-2021 di kolom pertama (a,c,e,g,i,k,m,o,q) merupakan nilai rata-rata kemiringan/*slope* per tahun dari setiap parameter atmosfer sedangkan kolom kedua (b,d,f,h,j,l,m,p,r).

# Diskusi



*Windspeed<sub>700hPa</sub>* : penurunan sebesar 0 - 0.06 *m/s* per tahun di Sumatra pada tahun 2011-2021 dengan tidak signifikan

*Low level wind shear & Deep layer wind shear* : beberapa wilayah terjadi peningkatan tetapi tidak signifikan

Kecepatan angin tidak secara langsung relevan untuk memicu terjadinya curah hujan, tetapi dapat sedikit meningkatkan durasi; dengan demikian, dapat berpotensi terhadap perkembangan banjir bandang

Gambar 4.9 Analisis tren dari parameter atmosfer di Sumatra tahun 2011-2021 di kolom pertama (a,c,e,g,i,k,m,o,q) merupakan nilai rata-rata kemiringan/*slope* per tahun dari setiap parameter atmosfer sedangkan kolom kedua (b,d,f,h,j,l,m,p,r).

