



Tren Curah Hujan Ekstrem Pulau Sumatera Tahun 1981-2010

Trend of Extreme Precipitation over Sumatera Island for 1981-2010

Misnawati^{1*} dan Mega Perdanawanti²

¹Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi-Balitklimat, Bogor 16111

²Balai Besar Meteorologi dan Geofisika Wilayah II, Tangerang Selatan 15412

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 April 2019

Received in revised from 28 May 2019

Accepted 29 May 2019

doi: 10.29244/j.agromet.33.1.41-51

Keywords:

Climate extreme indices
Climatic trend
Mann-Kendall test
Trend analysis
Sumatera island

ABSTRACT

Extreme climate events have significant impacts on various sectors such as agriculture, ecosystem, health and energy. The issue would lead to economic losses as well as social problems. This study aims to investigate the trend of extreme precipitation in Sumatera Island based on observed data during 30-year period, 1981–2010. There are ten indices of climate extreme as defined by ETCCDMI, which were tested in this study, including PRCPTOT, SDII, CDD, CWD, R10, R50, R95p, R99p, Rx1day and Rx5day. Then, the trend was analyzed based on the Mann-Kendall statistic, performed on the time series of precipitation data. The result shows that there was positive trend of extreme precipitation found in most stations over Sumatera, either statistically significant or insignificant. In each extreme precipitation indices, the number of observed stations indicating the insignificant change is higher than the significant one. This research also found that some indices including SDII, Rx1day, R50, R95p and R99p, showed a significantly-positive trend followed by a higher intensity of wetter and heavier events of extreme precipitation over Sumatera. On the other hand, the wet spell (CWD) index shows a negative trend ($\alpha=0.05$).

PENDAHULUAN

Kejadian iklim ekstrem merupakan salah satu fenomena yang menyebabkan kerugian diberbagai sektor. Peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem berdampak signifikan terhadap sektor pertanian (Anyamba et al., 2014; Lesk et al., 2016), energi (Tarroja et al., 2016), ekosistem (Ummenhofer and Meehl, 2017), dan kesehatan manusia (Nairn and Fawcett, 2015). *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC, 2012) menyebutkan bahwa cuaca dan iklim ekstrim menyebabkan kejadian bencana meningkat 60 tahun terakhir mengakibatkan kerugian ekonomi yang besar di negara berkembang dan berpengaruh besar sektor sumber daya air, serta ketahanan pangan.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang sangat terpengaruh oleh kejadian iklim ekstrem, terutama Pulau Sumatera. Pulau Sumatera memiliki kondisi iklim yang dipengaruhi oleh kondisi variabilitas iklim global, seperti fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD), *Madden Julian Oscillation* (MJO), dan *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO) (As-

syakur et al., 2014; Marzuki et al., 2016). Hal tersebut menjadi alasan untuk memahami kondisi iklim ekstrem lebih jauh. Kombinasi El Nino di Samudera Pasifik dan IOD positif di Samudera Hindia menyebabkan Indonesia mengalami kemarau berkepanjangan (Lestari et al., 2018; Pan et al., 2018). Fenomena ENSO dan IOD berperan penting terhadap kondisi ekstrim curah hujan (Hidayat et al., 2016; Hoell and Cheng, 2018; Krishnaswamy et al., 2015), sehingga berdampak terhadap kondisi lingkungan (Felton and Smith, 2017; Leigh et al., 2015), dan sosial (Curtis et al., 2017) dari skala regional hingga global. Sehingga diasumsikan bahwa terdapat hubungan erat antara ENSO dan IOD terhadap kejadian curah hujan ekstrim.

Peningkatan kejadian cuaca/iklim ekstrim telah mendorong pengembangan penelitian terhadap kejadian cuaca atau iklim ekstrim. Organisasi internasional, seperti *Commission for Climatology* (CCI)/*World Climate Research Programme* (WCRP), *Climate Variability and Predict-ability* (CLIVAR) *project's Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), *Expert Team for Climate Change Detection*

* Corresponding author: mmisna84@gmail.com

and Indices (ETCCDI) telah mengembangkan 27 indeks iklim ekstrim berdasarkan data harian hujan dan suhu. Indeks iklim ekstrem tersebut terdiri dari 11 indeks ekstrem untuk curah hujan dan 16 indeks ekstrem suhu udara (Donat et al., 2013).

Kajian-kajian penggunaan indeks iklim untuk analisis kejadian ekstrim sudah banyak dilakukan, diantaranya, Keggenhoff et al. (2014) melakukan analisis tren terhadap curah hujan dan suhu ekstrem di Goergia, Yin and Sun (2018) menggunakan indeks iklim ekstrem untuk mengetahui karakteristik suhu dan curah hujan ekstrem di Cina, Klein Tank et al. (2006) menganalisis perubahan suhu dan curah hujan ekstrem di Asia Tengah dan Asia Selatan pada periode 1961-2000 dan 1901-2000 dengan menggunakan indeks iklim ekstrem, Brown et al. (2010) mengkaji perubahan iklim dengan menggunakan indeks iklim di daerah timur laut Amerika Serikat tahun 1870-2005, dan Zhang et al. (2011) menggunakan indeks iklim untuk monitoring perubahan ekstrim berdasarkan data curah hujan dan suhu. Penelitian ini bertujuan: (1) untuk mengkaji tren kejadian hujan ekstrem di Pulau Sumatera periode 1981-2010 berdasarkan indeks ekstrem untuk curah hujan yang dikembangkan oleh ETCCDMI menggunakan metode Mann-Kendall, dan (2) untuk menganalisis perubahan kondisi curah hujan di Pulau Sumatera pada periode tersebut. Hasil kajian ini diharapkan bisa memberikan informasi daerah-daerah yang memiliki kecenderungan terjadinya curah hujan ekstrem dan dapat dimanfaatkan sebagai informasi untuk peringatan dini dalam menghadapi kejadian ekstrem sehingga dapat meminimalisir kerugian yang ditimbulkan karena kejadian ekstrem tersebut.

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian observasi wilayah Sumatera sebanyak 39 stasiun tahun 1981-2010 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (Tabel 1).

Perhitungan Indeks Iklim

Perhitungan indeks iklim dilakukan dengan menggunakan *Software RCLimdex*, dan indeks iklim ekstrem yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 10 indeks yang dihitung berdasarkan nilai curah hujan harian. Masing-masing indeks diuraikan sebagai berikut:

1. *PRCPTOT* (Annual total wet-day precipitation)

Jumlah total curah hujan tahunan dengan curah hujan lebih atau sama dengan 1 mm. Perhitungan *PRCPTOT* disajikan pada Persamaan (1).

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij} \quad (1)$$

2. *Rx1day* (Max 1-day precipitation amount)

Jumlah maksimum curah hujan satu hari dalam 1 tahun (mm). Perhitungan *Rx1day* disajikan pada Persamaan (2).

$$Rx1day_j = \max(RR_{ij}) \quad (2)$$

3. *Rx5day* (Max 5-day precipitation amount)

Jumlah maksimum curah hujan lima hari berturut-turut dalam setahun (mm). Perhitungan *Rx5day* disajikan pada Persamaan (3).

$$Rx5day_j = \max(RR_{ij}) \quad (3)$$

4. *R10* (Number of heavy precipitation days)

Jumlah hari dalam setahun dengan curah hujan sama dengan atau lebih dari 10 mm per hari. Perhitungan *R10* disajikan pada Persamaan (4).

$$RR_{ij} \geq 10mm \quad (4)$$

5. *R50* (Number of days above nn mm)

Jumlah hari dalam setahun dengan curah hujan sama dengan nn mm per hari, nilai nn ditentukan oleh penggunaannya, dalam penelitian ini nn yang digunakan adalah 50 mm. Perhitungan *Rnn* disajikan pada Persamaan (5).

$$RR_{ij} \geq nn \text{ mm} \quad (5)$$

6. *CDD* (Consecutive Dry Days)

Jumlah maksimum hari kering berturut-turut atau nilai maksimum hari berturut-turut dengan curah hujan lebih kecil dari 1 mm dalam setahun, atau disebut deret hari kering (*dry spell*). Perhitungan *CDD* disajikan pada Persamaan (6).

$$RR_{ij} \geq 1 \text{ mm} \quad (6)$$

7. *CWD* (Consecutive Wet Days)

Jumlah maksimum hari hujan berturut-turut atau nilai maksimum hari berturut-turut dengan curah hujan lebih besar atau sama dengan 1 mm dalam 1 tahun, atau disebut deret hari hujan (*wet spell*). Perhitungan *CWD* disajikan pada Persamaan (7).

$$RR_{ij} \geq 1 \text{ mm} \quad (7)$$

8. *R95p* (Very Wet Days)

Jumlah total curah hujan tahunan dengan curah hujan di atas 95 persentil dalam satuan mm. Perhitungan *R95p* disajikan pada Persamaan (8).

$$R95_{pj} = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ dimana } RR_{wj} > RR_{wn}95 \quad (8)$$

9. *R99p* (Extremely Wet Days)

Jumlah total curah hujan tahunan dengan curah hujan di atas 99 persentil dalam satuan mm. Perhitungan *R99p* disajikan pada Persamaan (9).

Tabel 1 Daftar stasiun curah hujan Pulau Sumatera.

No	Stasiun	Provinsi	Lintang	Bujur	Elevasi (mdpl)
1	Maimun Saleh	Aceh	5.87	95.35	126
2	Indrapuri	Aceh	5.40	95.46	51
3	Iskandar Muda	Aceh	5.52	95.42	20
4	Malikul Saleh	Aceh	5.23	96.93	28
5	Tjut Nyak Dien	Aceh	4.05	96.25	3
6	Hanandjoedin	Bangka Belitung	-2.76	107.75	47
7	Depati Amir	Bangka Belitung	-2.17	106.13	33
8	Pilang	Bangka Belitung	-2.76	107.65	22
9	Fatmawati	Bengkulu	-3.88	102.33	16
10	Kepahiang	Bengkulu	-3.63	102.59	517
11	Pulau Baai	Bengkulu	-3.87	102.32	10
12	Depati Parbo	Jambi	-2.08	101.45	450
13	Sei Durian	Jambi	-1.60	103.49	34
14	Sultan Thaha	Jambi	-1.63	103.64	26
15	Dabo	Kep. Riau	-0.48	104.58	29
16	Hang Nadim	Kep. Riau	1.12	104.12	28
17	Kijang	Kep. Riau	0.92	104.53	18
18	R.H.Abdul Tanjung	Kep. Riau	1.03	103.38	1
19	Tarempa	Kep. Riau	3.20	106.25	2
20	Kotabumi	Lampung	-4.84	104.87	60
21	Masgar	Lampung	-5.17	105.18	71
22	Maritim Panjang	Lampung	-5.47	105.33	1
23	Radin Inten	Lampung	-5.27	105.18	81
24	Japura	Riau	0.33	102.32	19
25	Sltn.Syarif Kasim	Riau	0.47	101.43	27
26	Minangkabau	Sumatera Barat	-0.79	100.29	6
27	Sicincin	Sumatera Barat	-0.58	100.71	137
28	Silaing Bawah	Sumatera Barat	0.46	100.40	773
29	Teluk Bayur	Sumatera Barat	-1.00	100.37	2
30	Kenten	Sumatera Selatan	-3.00	104.70	8
31	SM Badaruddin II	Sumatera Selatan	-2.90	104.70	11
32	Aek Godang	Sumatera Utara	1.55	99.45	281
33	Belawan	Sumatera Utara	3.79	98.71	3
34	Binaka	Sumatera Utara	1.17	97.71	175
35	F.L.Tobing	Sumatera Utara	1.55	98.88	10
36	Kualanamu	Sumatera Utara	3.64	98.89	23
37	Parapat	Sumatera Utara	2.69	98.92	1061
38	Sampali	Sumatera Utara	3.62	98.78	25
39	Tuntungan	Sumatera Utara	3.50	98.56	86

$$R99_{pj} = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ dimana } RR_{wj} > RR_{wn}99 \quad (9)$$

10. SDII (Simple Daily Intensity Index)

Jumlah total curah hujan dalam setahun dibagi dengan jumlah hari hujan (W) dengan curah hujan sama dengan atau lebih besar dari 1 mm dengan satuan mm/hari. Perhitungan nilai SDII disajikan pada Persamaan (10).

$$SDII = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W} \quad (10)$$

Uji Statistik dengan Mann-Kendall Test

Mann-Kendall Test digunakan untuk melihat ada tidaknya kecenderungan pada suatu seri data yang

didasarkan atas rangking relatif dari data rentang waktu tersebut. Perhitungan tren indeks iklim ekstrem dilakukan pada masing-masing pos hujan untuk masing-masing indeks iklim ekstrem. Uji kecenderungan (tren) kenaikan atau penurunan curah hujan menggunakan uji statistik *Mann-Kendall* (Adeyeri et al., 2019) (Persamaan 11).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n Sgn(x_j - x_k) \quad (11)$$

Dimana x_j dan x_k adalah data terurut dengan panjang data sama dengan n. *Sgn* dihitung dengan Persamaan 12.

$$Sgn(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x_j > x_k \\ 0, & \text{jika } x_j = x_k \\ -1, & \text{jika } x_j < x_k \end{cases} \quad (12)$$

Dalam perhitungan dengan jumlah data 10 atau lebih digunakan statistik Z yang mengikuti standar distribusi normal (Persamaan 13).

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}}, & \text{jika } S > 0 \\ 0, & \text{jika } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}}, & \text{jika } S < 0 \end{cases} \quad (13)$$

Tingkat signifikansi dari tren diindikasikan dari nilai Z dan α . Nilai α yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0.05 (tingkat kepercayaan 95%). Bila nilai Z bernilai negatif menunjukkan adanya trend penurunan, sebaliknya bila nilai Z bernilai positif menunjukkan adanya tren kenaikan. Fungsi probabilitas untuk

distribusi normal dengan rata-rata 0 dan standar deviasi 1 disajikan pada Persamaan (14-15).

$$f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}} \quad (14)$$

$$pvalue = 1 - f(Z) \quad (15)$$

Tren ini signifikan secara statistik jika *p value* lebih kecil dari α , dan sebaliknya jika *pvalue* lebih besar dari α maka dapat dikatakan tidak ada tren.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tren perubahan curah hujan Pulau Sumatera tahun 1981-2010 menunjukkan jumlah stasiun yang mengalami tren secara positif maupun negatif serta jumlah stasiun dengan tren yang tidak signifikan untuk masing-masing indeks iklim serta jumlah stasiun (Tabel 2).

Table 2 Hasil Mann-Kendall Test curah hujan observasi (1981-2010). Tulisan tebal menunjukkan tren signifikan.

Stasiun	rx1day	rx5day	sdi	r10mm	r20mm	R50mm	cdd	cwd	r95p	r99p	prcptot
Maimun Saleh	-0.38	-1.13	-0.01	-0.15	-0.13	-0.05	-0.12	-0.15	-4.18	0.55	-9.18
Indrapuri	0.16	-0.98	0.10	-0.04	0.07	-0.02	0.19	-0.20	-4.32	-1.44	-3.63
Iskandar Muda	0.88	1.09	0.05	-0.10	0.08	0.05	-0.14	-0.06	2.90	3.36	1.07
Malikul Saleh	0.70	2.30	0.08	0.20	0.18	0.12	-0.77	0.08	7.63	2.57	10.86
Tjut Nyak Dien	0.44	0.53	0.06	0.33	0.41	0.14	-0.11	-0.10	1.13	2.19	16.43
Hanandjoedin	-0.88	0.00	-0.09	0.03	-0.15	-0.14	-0.03	0.03	-12.76	-6.60	-7.08
Depati Amir	1.61	-1.38	-0.02	-1.05	-0.52	-0.08	0.58	-0.46	-1.73	6.65	-27.66
Pilang	-0.15	-1.52	-0.06	-0.16	-0.04	-0.13	-0.17	0.10	-8.48	-2.07	-4.38
Fatmawati	-0.70	-0.34	0.06	0.00	0.07	0.06	0.19	-0.07	-4.89	-4.28	-1.11
Kepahiang	0.02	0.26	0.02	0.57	0.24	0.02	0.06	0.07	1.90	2.80	11.86
Pulau Baai	0.05	-0.43	0.02	-0.19	-0.05	0.01	0.15	-0.03	1.04	1.96	-7.00
Depati Parbo	0.33	0.17	-0.03	-0.70	-0.39	-0.03	0.18	-0.05	-7.28	-1.28	-19.38
Sei Durian	1.01	-1.45	0.15	-0.36	0.10	0.15	0.02	-0.29	10.44	2.64	-2.16
Sultan Thaha	-0.09	-1.55	0.09	0.07	0.37	0.06	-0.11	-0.09	3.58	0.05	7.80
Dabo	-0.18	-3.39	-0.14	-0.66	-0.23	-0.19	-0.03	-0.05	-9.95	-2.68	-23.80
Hang Nadim	3.61	2.28	0.10	-0.46	0.21	0.15	-0.04	-0.10	17.54	13.32	5.21
Kijang	-0.09	-0.77	0.09	0.28	0.33	0.14	0.03	-0.01	5.80	0.42	15.33
R.H.Abdul Tanjung	3.09	2.67	0.24	0.09	0.57	0.45	0.16	-0.16	34.42	10.87	26.90
Tarempa	3.38	-0.53	-0.23	-0.31	-0.27	-0.08	-0.49	0.02	2.27	11.66	-5.62
Kotabumi	0.94	1.51	0.08	-0.50	-0.06	0.11	0.16	-0.31	9.59	7.18	-9.46
Masgar	1.73	0.31	0.08	-0.46	0.07	0.16	0.44	-0.54	13.33	6.47	-5.81
Maritim Panjang	0.67	0.01	0.18	0.61	0.56	0.20	0.44	-0.14	18.13	9.23	21.09
Radin Inten	-0.15	-1.23	-0.07	-0.69	-0.23	0.05	0.11	0.05	3.70	-2.15	-9.41
Japura	-0.75	0.49	0.04	-0.08	0.10	0.04	0.04	-0.07	2.02	0.20	3.63
Sltn.Syarif Kasim	0.10	-0.68	0.10	0.54	0.45	0.30	-0.19	-0.12	15.14	2.04	29.54
Minangkabau	1.04	0.84	0.03	-0.33	-0.20	-0.12	0.11	-0.04	6.31	7.49	-7.03
Sicincin	-0.68	1.04	0.14	0.69	0.86	0.48	0.12	0.08	8.78	-8.54	32.23
Silaing Bawah	2.26	2.98	0.12	0.79	0.73	0.21	0.16	0.28	24.32	17.04	40.11
Teluk Bayur	3.73	3.84	0.05	-1.18	-0.56	-0.11	0.16	-0.02	27.87	29.83	-12.52
Kenten	0.70	1.83	0.03	0.06	0.01	0.13	0.02	-0.06	9.29	4.42	7.99
S.M Badaruddin II	0.48	0.08	0.06	0.36	0.25	0.08	-0.07	0.05	7.17	2.86	9.45
Aek Godang	0.20	0.21	0.11	-0.10	0.21	0.15	0.38	-0.05	9.17	3.63	0.06
Belawan	1.56	0.44	0.21	0.59	0.55	0.30	-0.06	0.04	16.96	7.83	32.36
Binaka	0.25	0.92	-0.02	0.11	-0.06	-0.04	0.01	0.00	-3.65	-0.98	-1.95
F.L.Tobing	2.71	5.14	0.08	0.10	0.22	0.24	-0.10	0.03	23.63	12.53	26.24
Kualanamu	0.11	0.94	-0.01	0.36	0.13	0.12	-0.15	-0.01	9.80	-0.34	11.87
Parapat	1.52	-0.51	-0.10	-1.02	-0.28	-0.21	0.07	-0.18	-7.38	1.25	-30.31
Sampali	1.09	1.06	0.07	0.13	0.25	0.11	0.06	-0.02	9.16	7.24	13.93
Tuntungan	1.77	1.90	0.17	1.13	0.89	0.26	-1.53	0.02	17.09	8.54	48.36

Tren positif menunjukkan terjadi peningkatan curah hujan sedangkan tren negatif menunjukkan terjadinya penurunan curah hujan. Rata-rata tren positif terjadi lebih banyak dibandingkan dengan tren negatif untuk masing-masing indeks iklim (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa pada periode 1981-2010, curah hujan cenderung mengalami peningkatan baik secara intensitas maupun tingkat kebasahan, artinya kondisi ekstrem curah hujan semakin meningkat. IPCC (2012) telah memberikan peringatan bahwa perubahan iklim berpotensi menyebabkan terjadinya perubahan frekuensi, luasan wilayah, durasi dan waktu terjadinya kejadian cuaca dan iklim ekstrem.

Variabilitas alami dari sistem iklim umumnya berperan penting dalam mempengaruhi frekuensi dan intensitas kejadian ekstrem. Peningkatan intensitas berkontribusi terhadap peningkatan curah hujan ekstrem di wilayah yang terpengaruh monsun dan tidak menutup kemungkinan cakupan wilayah yang terpengaruh semakin luas (IPCC, 2013; Surmaini and Faqih, 2016). Kejadian iklim ekstrem di Indonesia umumnya terkait dengan fenomena yang mempengaruhi variabilitas iklim seperti *Madden-Julian Oscillation* (MJO), *Boreal Summer Intraseasonal Oscillation* (BSISO), *Pacific Decadal Oscillation* (PDO) dan *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO), *Indian Ocean Dipole* (IOD).

Tren positif curah hujan ekstrem dialami oleh semua indeks iklim dengan indeks iklim yang paling banyak mengalami peningkatan adalah SDII (hujan rata-rata harian), yaitu sebanyak 13 stasiun diikuti oleh Rx1day (hujan maksimum 1 harian), R50 (hujan lebat ekstrem), R95p (hujan sangat basah) dan R99p (hujan ekstrem basah) sebanyak 11 stasiun, Sedangkan indeks iklim yang paling sedikit mengalami peningkatan adalah CWD yaitu sebanyak 1 stasiun. Hal ini berarti bahwa terjadi tren peningkatan untuk intensitas curah hujan per hari, curah hujan maksimum, hujan ekstrem

dan tingkat kebasahan hujan. Tren negatif paling banyak terjadi pada indeks CWD dan R10, berarti bahwa jumlah hari hujan akan semakin menurun, sedangkan hari tidak hujan akan semakin meningkat, penurunan juga terjadi pada curah hujan dengan intensitas 10 mm.

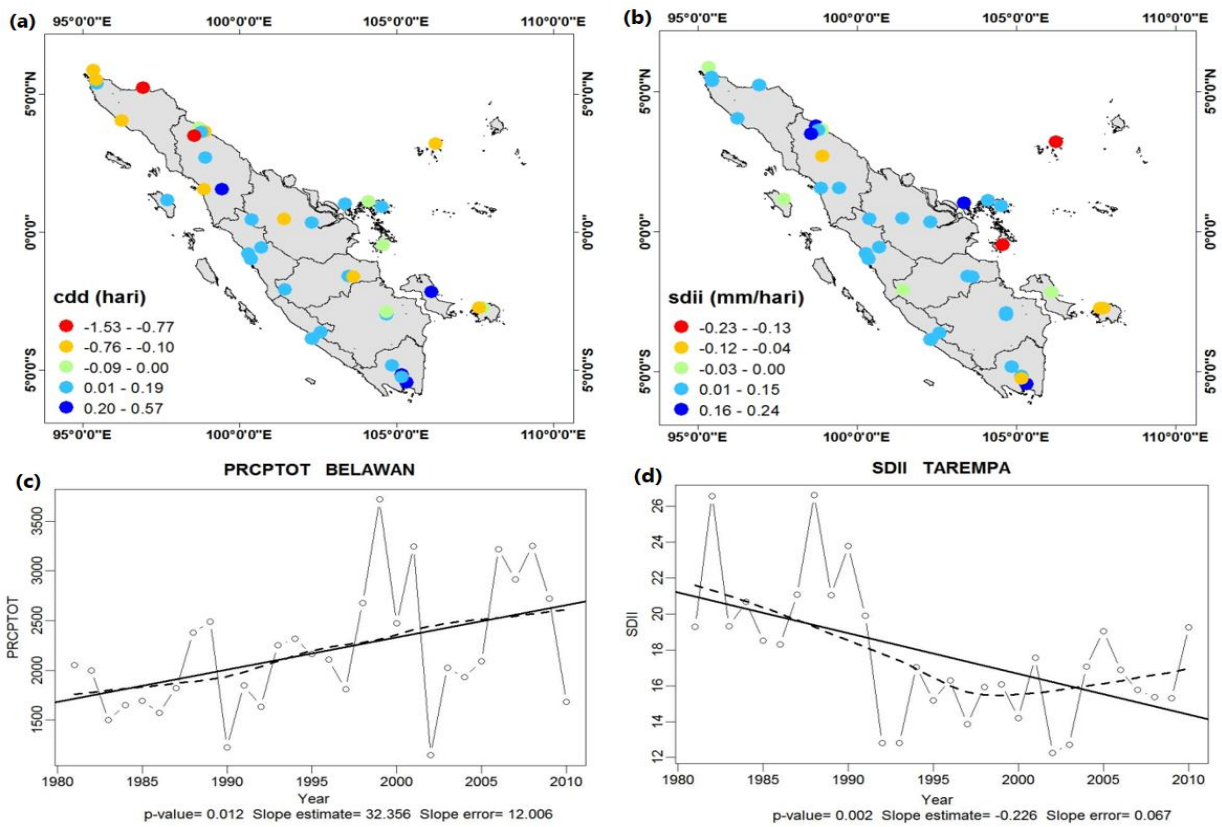
Gambar 1a dan 1b menunjukkan sebaran tren indeks iklim PRCPTOT dan SDII untuk masing-masing stasiun. Terlihat bahwa sebagian besar stasiun mengalami tren positif yang ditandai dengan bulatan warna biru. PRCPTOT mengalami peningkatan yang signifikan pada 6 stasiun dan penurunan pada 4 stasiun (Tabel 2 dan 3), sedangkan SDII juga mengalami tren positif disebagian besar stasiun di Sumatera. Tren peningkatan SDII terjadi pada 13 stasiun dan tren penurunan terjadi pada 3 stasiun (Tabel 2 dan 3).

Gambar 1c dan 1d menunjukkan contoh grafik tren positif dan tren negatif untuk PRCPTOT dan SDII. Gambar 1c merupakan grafik tren PRCPTOT untuk stasiun Belawan, pada gambar tersebut terlihat bahwa PRCPTOT memiliki nilai *slope estimate* 32.36, *slope error* 12.0 dan *pvalue* 0.012, jika absolut *slope estimate* lebih besar dari nilai *slope error* dan *pvalue* lebih kecil dari 0.05 maka bisa dikatakan bahwa PRCPTOT mengalami tren positif (peningkatan) yang signifikan pada level 95%. PRCPTOT mengalami peningkatan rata-rata sebesar 32.36 mm tiap tahun atau 323.6 tiap 10 tahun. Gambar 1d merupakan Sedangkan SDII memiliki nilai *slope estimate* -0.226, *slope error* 0.067 dan *pvalue* 0.002, hal ini berarti bahwa SDII mengalami tren negatif signifikan pada level 95% karena absolut *slope estimate* lebih besar dari *slope error* dan *pvalue* lebih kecil dari 0.05. SDII mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.226 tiap tahun atau 2.26 tiap 10 tahun.

Gambar 2a dan 2b menunjukkan tren masing-masing stasiun untuk hari hujan berturut-turut (CWD) dan hari tanpa hujan berturut (CDD). Terlihat bahwa

Tabel 3 Tren perubahan curah hujan ekstrem masing-masing indeks iklim ekstrem di Pulau Sumatera ($\alpha=0.05$).

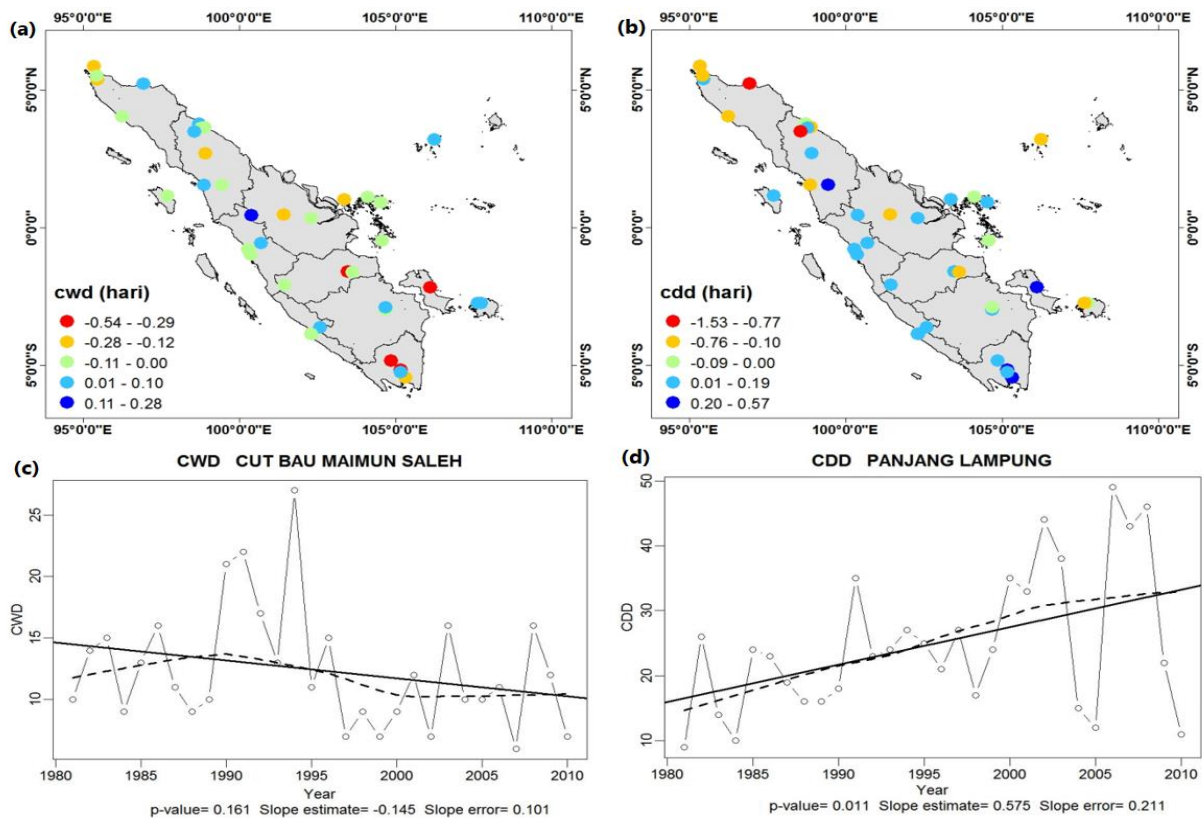
Indeks Iklim	Jumlah stasiun yang mengalami tren		
	signifikan (+)	signifikan (-)	tidak signifikan
Rx1day (mm)	11	0	28
Rx5day (mm)	2	1	36
SDII (mm/hari)	13	3	23
R10 (mm)	5	7	27
R20 (mm)	9	2	28
R50 (mm)	11	1	27
CDD (hari)	3	2	34
CWD (hari)	1	6	32
R95p (mm)	11	1	27
R99p (mm)	11	1	27
PRCPTOT (mm)	6	4	29



Gambar 1 Tren indeks curah hujan PRCPTOT dan SDII.

sebagian besar stasiun mengalami tren penurunan untuk CWD dan tren peningkatan untuk CDD. CWD memiliki tren positif signifikan sebanyak 1 stasiun dan tren signifikan negatif terjadi pada 6 stasiun, 34 stasiun

trennya tidak terjadi secara signifikan. Sedangkan CDD memiliki tren positif yang signifikan sebanyak 3 stasiun, tren negatif yang signifikan sebanyak 2 stasiun dan 32 stasiun trennya tidak signifikan (Tabel 3).



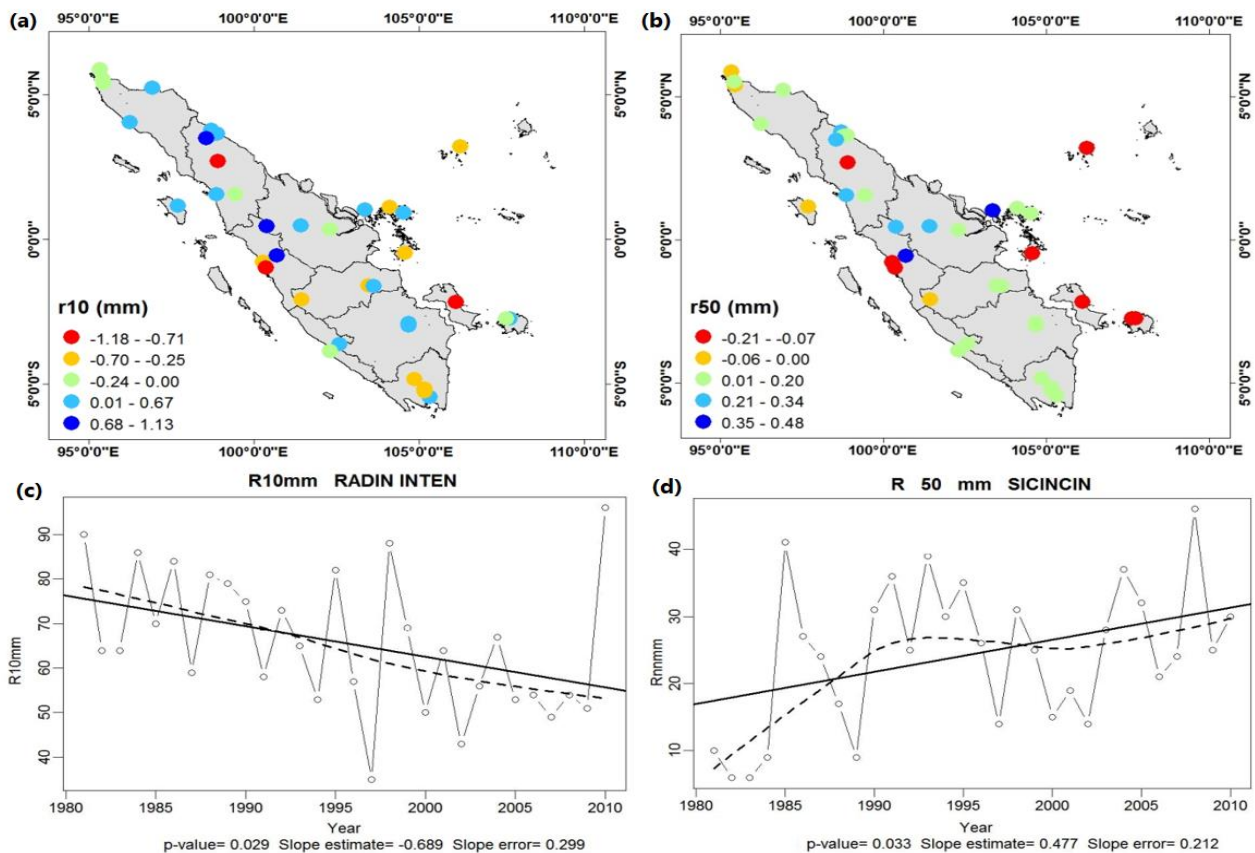
Gambar 2 Tren indeks curah hujan CDD dan CWD.

Gambar 2c dan 2d merupakan contoh grafik tren positif dan negatif untuk CWD dan CDD. Gambar 2c adalah grafik tren CWD stasiun Cut Ba'U Maimun Saleh, terlihat trennya mengalami penurunan karena memiliki nilai *slope estimate* negatif yaitu -0.145 dengan *slope error* 0.101 dan *pvalue* 0.161. Nilai absolut *slope estimate* CWD lebih besar dari *slope error* tetapi nilai *pvalue* nya lebih besar dari 0.05 sehingga CWD dapat dikatakan bahwa tren penurunan CWD tidak signifikan pada level 95%. CWD stasiun Cut Ba'U Maimun Saleh mengalami penurunan sebesar 0.145 hari tiap tahunnya atau 1.45 hari tiap 10 tahun.

Gambar 2d merupakan grafik tren CDD stasiun Panjang Lampung dimana terlihat terjadi tren peningkatan karena memiliki nilai *slope estimate* positif yaitu 0.575, nilai *slope error* 0.211 dan *pvalue* 0.011. Nilai absolut *slope estimate* CDD lebih besar dari *slope error* dan *pvalue* lebih kecil dari 0.05 sehingga bisa dikatakan bahwa CDD stasiun Panjang Lampung mengalami peningkatan yang signifikan pada tingkat kepercayaan 95% sebesar 0.575 tiap tahun atau 5.76 hari tiap 10 tahun. Peningkatan CDD yang signifikan tersebut mengindikasikan bahwa kejadian kekeringan semakin meningkat dan berakibat pada produksi yang berkurang bahkan kegagalan panen pada sistem pertanian.

Gambar 3a dan 3b menunjukkan tren hujan lebat (R10) dan hujan ekstrem lebat (R50) untuk masing-masing stasiun di Pulau Sumatera periode 1981-2010. Terlihat bahwa R10 dan R50 mengalami tren peningkatan dan penurunan. R10 memiliki tren signifikan positif sebanyak 5 stasiun, tren signifikan negatif sebanyak 7 stasiun dan sebanyak 27 stasiun mengalami tren yang tidak signifikan, sedangkan R50 memiliki 11 stasiun dengan tren signifikan positif dan 1 stasiun dengan tren signifikan negatif dan 27 stasiun tidak signifikan (Tabel 3).

Gambar 3c dan 3d merupakan contoh grafik tren R10 dan R50, terlihat bahwa R10 stasiun Raden Inten mengalami tren negatif dengan nilai *slope estimate* -0.689, *slope error* 0.299 dan *pvalue* 0.029, karena nilai absolut *slope estimate* lebih besar dari *slope error* dan *pvalue* lebih kecil dari 0.05 maka R10 stasiun Raden Inten mengalami penurunan tren yang signifikan dengan nilai penurunan 0.689 tiap tahunnya. Sedangkan R50 stasiun Sicincin terlihat mengalami tren positif yang signifikan pada tingkat kepercayaan 95% karena memiliki nilai absolut *slope estimate* (0.477) lebih besar dari nilai *slope error* (0.212) dan *pvalue* yang lebih kecil dari 0.05, yaitu 0.033. R50 mengalami peningkatan sebesar 0.477 mm tiap tahunnya atau 4.77 mm tiap 10 tahun. Hal ini berarti bahwa kejadian hujan lebat yang ekstrem semakin meningkat.



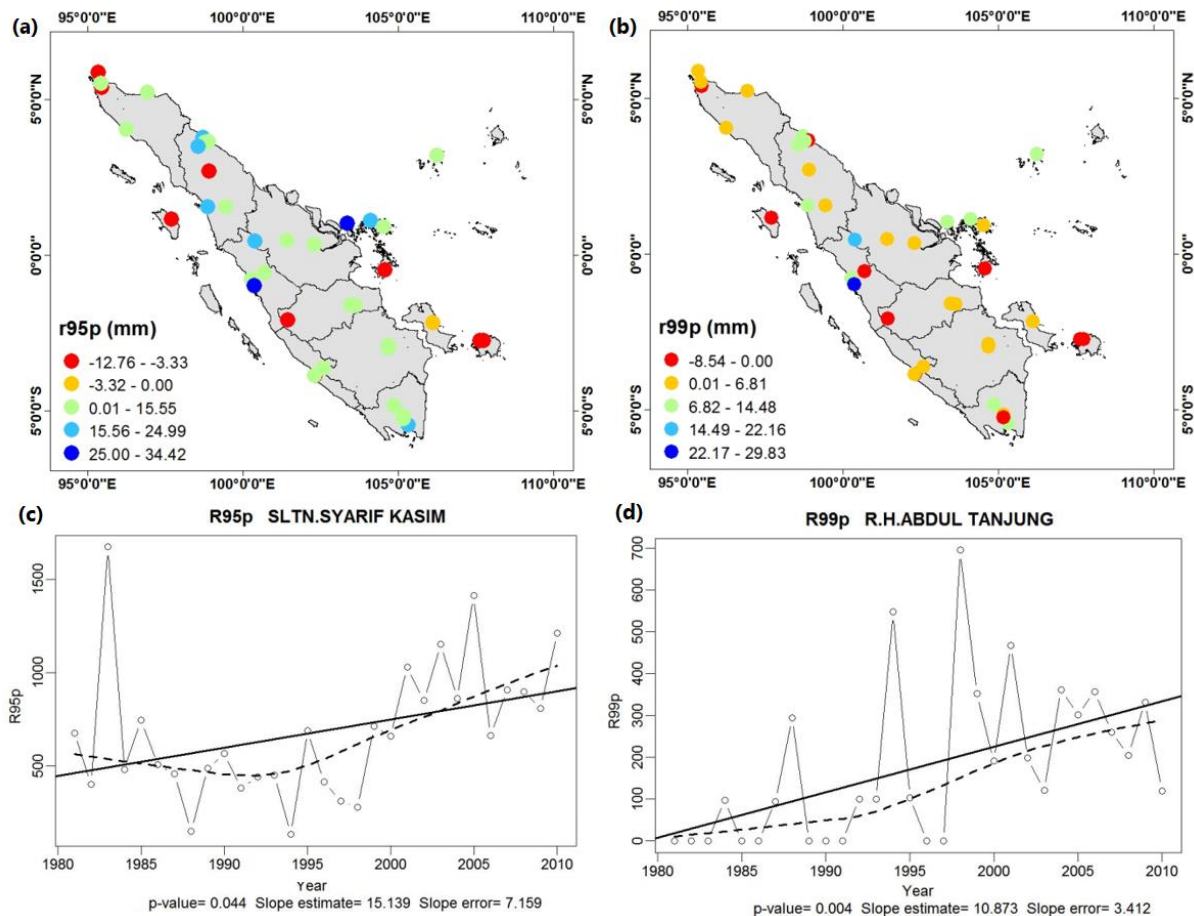
Gambar 3 Tren indeks curah hujan R10 dan R50.

Gambar 4a dan 4b menunjukkan tren R95p dan R99p pada masing-masing stasiun, terlihat bahwa sebagian besar stasiun mengalami tren positif, dimana terdapat 11 stasiun dengan tren positif yang signifikan, 1 stasiun dengan tren negatif yang signifikan dan 27 stasiun yang mengalami tren yang tidak signifikan baik untuk R95p dan R99p (Tabel 3).

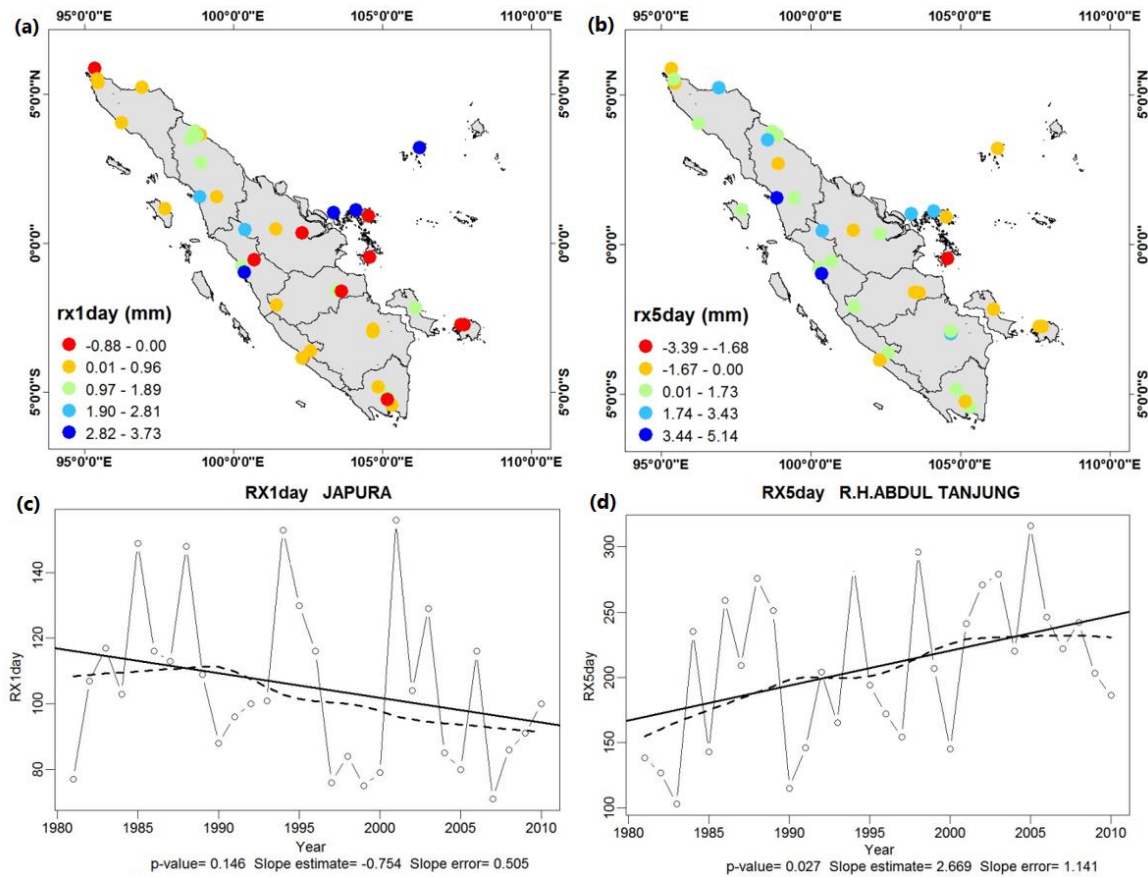
Gambar 4b dan 4c adalah contoh grafik tren untuk R95p dan R99p. R95p mengalami tren positif dengan nilai *slope estimate* 15.139, *slope error* 7.159 dan *pvalue* 0.044, berdasarkan nilai absolut *slope estimate* yang lebih besar dari *slope error* dan *pvalue* yang lebih kecil dari 0.05 dapat dikatakan bahwa R95p mengalami peningkatan nilai yang signifikan pada taraf kepercayaan 95% dengan nilai peningkatan 15.139 mm tiap tahun atau 150.139 mm tiap 10 tahun. R99p stasiun R.H Abdul Tanjung juga terlihat mengalami tren naik dengan nilai *slope estimate* 10.873, *slope error* 3.412 dan *pvalue* 0.04, hal ini berarti tren kenaikan nilainya terjadi secara signifikan karena *slope estimate*nya lebih besar dari *slope error* dan *pvalue* lebih kecil dari 0.05 dengan nilai peningkatan sebesar 10.873 mm tiap tahunnya atau 108.73 mm tiap 10 tahun. Tren positif pada indeks R95p dan R99p ini menunjukkan bahwa kejadian hujan dengan sifat sangat basah semakin meningkat.

Gambar 5a dan 5b merupakan tren Rx1day dan Rx5day untuk masing-masing stasiun di Sumatera, terlihat bahwa sebagian besar stasiun mengalami tren positif baik untuk Rx1day dan Rx5day. Rx1day dengan tren positif terjadi pada 11 stasiun dan 28 stasiun dengan tren yang tidak signifikan, sedangkan untuk Rx5day memiliki 2 stasiun dengan tren positif, 1 stasiun dengan tren negatif dan 36 stasiun dengan tren yang tidak signifikan (Tabel 3).

Gambar 5c dan 5d menunjukkan contoh grafik tren untuk Rx1day dan Rx5day, dimana Rx1day stasiun Japura terlihat mengalami tren turun dengan nilai *slope estimate* -0,754 *slope error* 0.505 dan *pvalue* 0.146, karena nilai *pvalue* Rx1day lebih besar dari 0.05, maka Rx1day stasiun Japura tidak signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan Rx5day stasiun R.H Abdul Tumbang terlihat mengalami tren positif dengan nilai *estimate slope* 2.609, *slope error* 1.141 dan *pvalue* 0.027. Nilai absolut Rx5day lebih besar dari *slope error* dan *pvalue* lebih kecil dari 0.05 sehingga bisa dikatakan bahwa Rx5day mengalami peningkatan signifikan pada tingkat kepercayaan 95% dengan nilai meningkat sebesar 2.609 mm tiap tahun atau 26.09 mm tiap 10 tahun.



Gambar 4 Tren indeks curah hujan R95p dan R99p.



Gambar 5 Tren indeks curah hujan Rx1day dan Rx5day.

KESIMPULAN

Analisis tren curah hujan ekstrem menggunakan 10 indeks iklim ekstrem (PRCPTOT, SDII, CDD, CWD, R10, R50, R95p, R99p, Rx1day dan Rx5day) pada 39 stasiun observasi curah hujan di Pulau Sumatera menunjukkan bahwa adanya perubahan tren curah hujan untuk masing-masing indeks iklim, sebagian besar stasiun mengalami tren kenaikan baik terjadi secara signifikan ataupun tidak signifikan. Stasiun curah hujan yang memiliki tren signifikan positif lebih banyak dibandingkan dengan stasiun curah hujan yang mengalami tren signifikan negatif pada tingkat kepercayaan 95%.

Indeks curah hujan ekstrem yang memiliki tren meningkat secara signifikan paling banyak adalah SDII yaitu sebanyak 13 stasiun, diikuti oleh Rx1day, R50, R95p dan R99p yaitu sebanyak 11 stasiun dan indeks dengan peningkatan tren paling sedikit adalah CWD yaitu sebanyak 1 stasiun. Sedangkan indeks curah hujan ekstrem dengan tren menurun secara signifikan paling banyak terjadi untuk R10, yaitu sebanyak 7 stasiun diikuti oleh CWD sebanyak 6 stasiun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Intensitas curah hujan harian rata-rata tahunan mengalami peningkatan yang ditunjukkan oleh tren positif SDII, curah hujan 1 harian

maksimum (Rx1day) curah hujan ekstrem lebat (R50), curah hujan sangat basah (R95p) dan curah hujan ekstrem basah (R99p) juga mengalami tren peningkatan, sedangkan hujan lebat dengan intensitas 10 mm (R10) dan hari hujan (CWD) mengalami penurunan. Hal ini bisa disimpulkan bahwa kondisi curah hujan semakin meningkat intensitasnya, semakin lebat dan basah tetapi jumlah hari hujan semakin menurun. Secara umum wilayah-wilayah yang mengalami tren peningkatan adalah stasiun R.H.Abdul Tanjung, Maritim Panjang, Silaing Bawah, Belawan dan Tuntungan.

Analisis tren curah hujan ekstrem yang dilakukan pada kajian ini hanya menggunakan data historis observasi tahun 1981-2010, sehingga kajian ini akan lebih baik jika untuk analisis selanjutnya juga menggunakan data proyeksi, supaya bisa melihat kemungkinan tren perubahan kejadian ekstrem ke depan.

DAFTAR PUSTAKA

Adeyeri, O.E., Lawin, A.E., Laux, P., Ishola, K.A., Ige, S.O., 2019. Analysis of climate extreme indices over the Komadugu-Yobe basin, Lake Chad region: Past and future occurrences. Weather and

- Climate Extremes 23, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100194>
- Anyamba, A., Small, J.L., Britch, S.C., Tucker, C.J., Pak, E.W., Reynolds, C.A., Crutchfield, J., Linthicum, K.J., 2014. Recent Weather Extremes and Impacts on Agricultural Production and Vector-Borne Disease Outbreak Patterns. *PLOS ONE* 9, e92538. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092538>
- As-syakur, Abd.R., Adnyana, I.W.S., Mahendra, M.S., Arthana, I.W., Merit, I.N., Kasa, I.W., Ekayanti, N.W., Nuarsa, I.W., Sunarta, I.N., 2014. Observation of spatial patterns on the rainfall response to ENSO and IOD over Indonesia using TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA). *International Journal of Climatology* 34, 3825–3839. <https://doi.org/10.1002/joc.3939>
- Brown, P.J., Bradley, R.S., Keimig, F.T., 2010. Changes in Extreme Climate Indices for the Northeastern United States, 1870–2005. *J. Climate* 23, 6555–6572. <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3363.1>
- Curtis, S., Fair, A., Wistow, J., Val, D.V., Oven, K., 2017. Impact of extreme weather events and climate change for health and social care systems. *Environmental Health* 16, 128. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0324-3>
- Donat, M.G., Alexander, L.V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R.J.H., Willett, K.M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein Tank, A.M.G., Kruger, A.C., Marengo, J., Peterson, T.C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A.S., Sekele, S.S., Srivastava, A.K., Trewin, B., Villarroel, C., Vincent, L.A., Zhai, P., Zhang, X., Kitching, S., 2013. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 118, 2098–2118. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50150>
- Felton, A.J., Smith, M.D., 2017. Integrating plant ecological responses to climate extremes from individual to ecosystem levels. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372, 20160142. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0142>
- Hidayat, R., Ando, K., Masumoto, Y., Luo, J., 2016. Interannual variability of rainfall over Indonesia: Impacts of ENSO and IOD and their predictability. Presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, p. 012043.
- Hoell, A., Cheng, L., 2018. Austral summer Southern Africa precipitation extremes forced by the El Niño-Southern oscillation and the subtropical Indian Ocean dipole. *Climate Dynamics* 50, 3219–3236. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3801-z>
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, United Kingdom (UK).
- IPCC, 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, United States of America.
- Keggenhoff, I., Elizbarashvili, M., Amiri-Farahani, A., King, L., 2014. Trends in daily temperature and precipitation extremes over Georgia, 1971–2010. *Weather and Climate Extremes* 4, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.05.001>
- Klein Tank, A.M.G., Peterson, T.C., Quadir, D.A., Dorji, S., Zou, X., Tang, H., Santhosh, K., Joshi, U.R., Jaswal, A.K., Kolli, R.K., Sikder, A.B., Deshpande, N.R., Revadekar, J.V., Yeleuova, K., Vandasheva, S., Faleyeva, M., Gomboluudev, P., Budhathoki, K.P., Hussain, A., Afzaal, M., Chandrapala, L., Anvar, H., Amanmurad, D., Asanova, V.S., Jones, P.D., New, M.G., Spektorman, T., 2006. Changes in daily temperature and precipitation extremes in central and south Asia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 111. <https://doi.org/10.1029/2005JD006316>
- Krishnaswamy, J., Vaidyanathan, S., Rajagopalan, B., Bonell, M., Sankaran, M., Bhalla, R., Badiger, S., 2015. Non-stationary and non-linear influence of ENSO and Indian Ocean Dipole on the variability of Indian monsoon rainfall and extreme rain events. *Climate Dynamics* 45, 175–184.
- Leigh, C., Bush, A., Harrison, E.T., Ho, S.S., Luke, L., Rolls, R.J., Ledger, M.E., 2015. Ecological effects of extreme climatic events on riverine ecosystems: insights from Australia. *Freshwater Biology* 60, 2620–2638. <https://doi.org/10.1111/fwb.12515>
- Lesk, C., Rowhani, P., Ramankutty, N., 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature* 529, 84.
- Lestari, D.O., Sutriyono, E., Sabaruddin, Iskandar, I., 2018. Severe Drought Event in Indonesia Following 2015/16 El Niño/positive Indian Dipole Events. *Journal of Physics: Conference Series* 1011, 012040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1011/1/012040>
- Marzuki, Hashiguchi, H., Kozu, T., Shimomai, T., Shibagaki, Y., Takahashi, Y., 2016. Precipitation

- microstructure in different Madden-Julian Oscillation phases over Sumatra. *Atmospheric Research* 168, 121–138. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.08.022>
- Nairn, R.J., Fawcett, J.R., 2015. The Excess Heat Factor: A Metric for Heatwave Intensity and Its Use in Classifying Heatwave Severity. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12. <https://doi.org/10.3390/ijerph120100227>
- Pan, X., Chin, M., Ichoku, C.M., Field, R.D., 2018. Connecting Indonesian Fires and Drought With the Type of El Niño and Phase of the Indian Ocean Dipole During 1979–2016. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 123, 7974–7988. <https://doi.org/10.1029/2018JD028402>
- Surmaini, E., Faqih, A., 2016. Kejadian iklim ekstrem dan dampaknya terhadap pertanian tanaman pangan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 10.
- Tarroja, B., AghaKouchak, A., Samuelsen, S., 2016. Quantifying climate change impacts on hydropower generation and implications on electric grid greenhouse gas emissions and operation. *Energy* 111, 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.131>
- Ummenhofer, C.C., Meehl, G.A., 2017. Extreme weather and climate events with ecological relevance: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372, 20160135. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0135>
- Yin, H., Sun, Y., 2018. Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 based on ETCCDI indices. *Advances in Climate Change Research* 9, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.01.001>
- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Tank, A.K., Peterson, T.C., Trewin, B., Zwiers, F.W., 2011. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2, 851–870. <https://doi.org/10.1002/wcc.147>