

Identifikasi Karakteristik Spasio-Temporal Hujan Ekstrem di Tanjungpinang Menggunakan *Google Earth Engine (GEE)*

Dian Kharisma Dewi^{*1}, Sigit Sutikno², Lita Darmayanti³

¹ Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru

^{2,3} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru

e-mail: ^{*}dian.kharisma1713@grad.unri.ac.id, ² sigit.sutikno@lecturer.unri.ac.id,

³lita.darmayanti@lecturer.unri.ac.id

Abstract

On early Januari 2021, Tanjungpinang was hit by floods due to extreme rainfall intensity, causing the affected communities to suffer material and non-material losses. The flood has occurred throughout 2011-2021. To minimize the impact of flood events, it is necessary to study the characteristics of rainfall both temporally and spatially. This is considered important because with this information the public can anticipate the impact of extreme rainfall at a certain time and location. This study aims to identify the spatio-temporal characteristics of extreme rainfall in Tanjungpinang City which often causes floods. However, to identify the characteristics of rainfall, long data is needed. This study uses CHIRPS (Climate Hazards InfraRed Precipitation with Station) satellite data because the rainfall observation data at the Raja Haji Fisabilillah station is not available for 2012. The identification results show that the correlation criterion (R) value between rainfall observation data and CHIRPS satellite data is 0.688. This value is interpreted as "strong" to be used as an alternative study data. GEE (Google Earth Engine) as a cloud-based platform is used to identify the spatial and temporal characteristics of extreme rainfall. From the results of temporal identification, it is known that extreme rainfall occurs in January, April and December. The results of spatial identification indicate that the area that has the highest average maximum rainfall is the Bukit Bestari District area of 156.60 mm/day. This can then be confirmed by looking at the documentation of flood events that often occur in the area.

Keywords— Tanjungpinang, Extreme Precipitation, Spatio-Temporal, CHIRPS, GEE

1. PENDAHULUAN

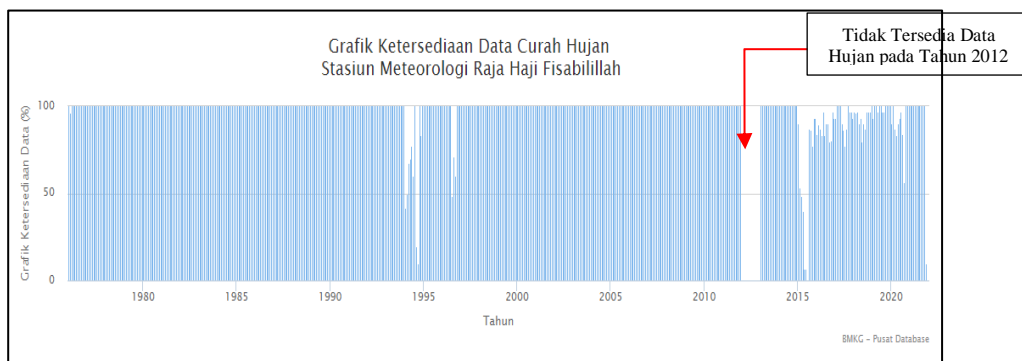
Perubahan iklim merupakan isu terkini yang menjadi perhatian dunia. Hal ini tidak terlepas dari bencana alam ekstrem yang terjadi belakangan ini. Kota Tanjungpinang sebagai Ibu Kota Provinsi Kepulauan Riau, tidak luput dari ancaman akibat perubahan iklim yang terjadi. Pada Januari 2021, Tanjungpinang dilanda banjir akibat intensitas hujan yang ekstrem. Dampak dari hujan ekstrem tersebut tampak pada Gambar 1. Akibat hujan ekstrem tersebut terjadi longsor serta banjir di beberapa titik di Kota Tanjungpinang. Menurut Abdellatif (2012) peristiwa ekstrem memiliki dampak yang lebih besar pada kehidupan masyarakat dan oleh karena itu, menurut

Sekaranom (2021) mengidentifikasi curah hujan ekstrem dan hubungannya dengan bencana sangat penting bagi penelitian-penelitian yang dilakukan.



Gambar 1 (a) Bencana Longsor dan (b) Banjir di Kota Tanjungpinang 2 Januari 2021
Sumber : <https://batam.tribunnews.com/>, diakses pada 10 Oktober 2021

Hal ini karena Indonesia adalah salah satu dari lima negara teratas di Asia Tenggara dengan jumlah penduduk tertinggi yang berpotensi terdampak banjir. Untuk melakukan kajian tersebut diperlukan data yang cukup, sesuai dengan tujuan kajian serta mampu untuk diuji kebenarannya. Menurut Andriawan (2021) kajian hidrologi membutuhkan setidaknya data curah harian maksimum untuk tiap stasiun pengamat hujan selama kurun waktu 10 tahun. Namun menurut Sutikno dkk. (2014) permasalahan umum yang seringkali dihadapi daerah-daerah di Indonesia adalah ketersediaan data yang sangat terbatas, sehingga metode analisis ini seringkali tidak bisa diimplementasikan. Seperti halnya Kota Tanjungpinang yang hanya memiliki 1 (satu) stasiun pengamat hujan milik BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika). Selain itu data pengukuran curah hujan yang tercatat pada stasiun Raja Haji Fisabilillah tidak lengkap seperti terlihat pada Gambar 2. Grafik tersebut menunjukkan bahwa, pada tahun 2012 data pengukuran curah hujan tidak tercatat sehingga sulit untuk menggunakan satu sumber data.



Gambar 2 Grafik Ketersediaan Data Curah Hujan Stasiun Meteorologi Raja Haji Fisabilillah
Sumber : <https://dataonline.bmkg.go.id/>, diakses pada 01 November 2021

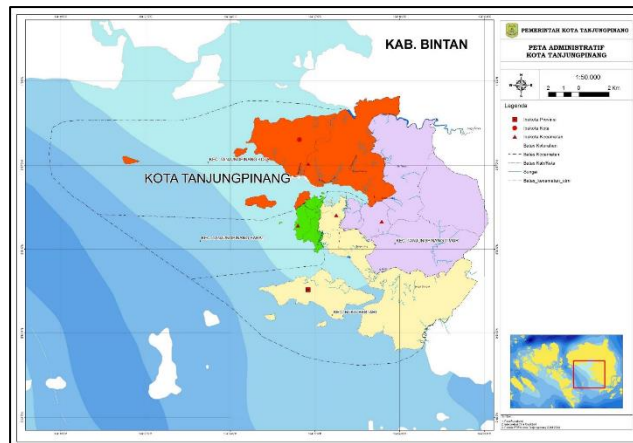
Tujuan dari kajian ini adalah untuk melihat karakteristik hujan baik secara temporal maupun spasial, dengan kondisi hanya ada 1 (satu) stasiun hujan maka untuk melihat sebaran spasial diperlukan sumber data lain untuk melakukan kajian serupa dengan *series* data yang cukup dan sesuai dengan rentang waktu yang diperlukan. Dengan berkembangnya teknologi penginderaan jauh, data satelit menjadi salah satu opsi yang dapat digunakan sebagai data dasar dalam kajian ini. Dalam Fadholi & Adzani (2018) kajian validasi data satelit terhadap pola-pola hujan yang ada di Indonesia dilakukan oleh Mamenu dkk (2014) dengan menggunakan data satelit *Tropical Rainfal Measuring Mission* (TRMM) dan Fitria dkk (2016) dengan menggunakan data *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP). Selain TRMM dan GSMaP, data satelit lain seperti *Climate Hazard Grup InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS) dapat menjadi solusi kajian curah hujan ekstrem dalam series panjang Funk dkk., (2014).

Kajian kelayakan penggunaan data satelit CHIRPS dilakukan oleh Katsanos (2016) dengan membandingkan data satelit CHIRPS terhadap data pengukuran hujan di wilayah Cyprus, wilayah yang berbatasan dengan bagian selatan dari Negara Turki dan bagian Timur dari Negara Suriah. Hasil menunjukkan korelasi yang baik antara nilai CHIRPS dan curah hujan yang tercatat. Penggunaan data satelit dalam sebuah kajian, tidak bisa dipisahkan dengan penggunaan platform SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk mengekstraksi informasi yang diperlukan. GEE (*Google Earth Engine*) menurut Tamiminia dkk., (2020) adalah *platform* pemrosesan geospasial berbasis *cloud* yang dapat digunakan untuk pemantauan dan analisis lingkungan skala besar. Menurut Moharrami dkk., (2021) *Google Earth Engine* menawarkan alat yang menarik untuk pemetaan banjir karena menghemat waktu dan mempercepat pemrosesan gambar. Kajian ini akan menggunakan data CHIRPS yang bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik spasio-temporal hujan ekstrem di Tanjungpinang dan diekstraksi menggunakan *platform* GEE (*Google Earth Engine*).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Kajian

Kota Tanjungpinang terletak di Provinsi Kepulauan Riau. Tanjungpinang yang merupakan Ibu Kota Provinsi Kepulauan Riau ini secara geografis berada pada 0°51' sampai 0°59' Lintang Utara dan 104°23' sampai 104°34' Bujur Timur. Gambar 3 menampilkan peta lokasi Kota Tanjungpinang sebagai lokasi kajian penelitian ini.



Gambar 3. Peta Lokasi Kota Tanjungpinang
 Sumber : Pemerintah Kota Tanjungpinang, 2019

Wilayah Kota Tanjungpinang memiliki luas sekitar 239,5 km² dan sebagiannya merupakan wilayah perairan laut. Kota Tanjungpinang dipilih sebagai lokasi kajian ini dengan pertimbangan kejadian banjir yang terjadi berulang kali dalam kurun waktu 10 tahun terakhir dan telah merugikan masyarakat secara materi maupun nonmateri. Hal ini didukung dengan data statistik bencana dari situs milik BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) yang ditabelkan dalam Tabel 1. Tahun kejadian dimulai sejak 2012 yaitu sejak terbentuknya BPBD Kota Tanjungpinang.

Tabel 1 Statistik Kejadian Banjir di Kota Tanjungpinang

Waktu		Jumlah	Korban					Kerusakan							
			Meninggal	Hilang	Terluka	Menderita	Mengungsi	Rumah	Pendidikan	Kesehatan	Peribadatan	Fasum	Perkantoran	Jembatan	Pabrik
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
2018	1	1													
2016	1						2								
2015	1							1							
2014	1														
2013	2					120	120	1							
2012	1						5								
Jumlah	7	1	0	0	0	120	127	2	0	0	0	0	0	0	0

Bidang Pengelolaan Data dan Sistem Informasi (PDSI),

Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan (Pusdatinkom),

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

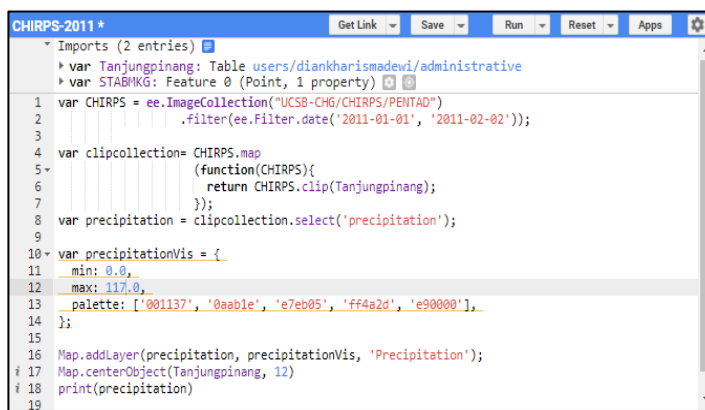
Sumber : <https://dibi.bnpb.go.id/xdibi> , diakses pada 10 Oktober 2022.

2.2 Tahapan Pengumpulan Data

Penggunaan platform GEE (*Google Earth Engine*) diambil dengan pertimbangan bukan hanya sebagai platform analisis, namun berfungsi sebagai platform pencarian data satelit sehingga penggunaan waktu untuk mencari dan memproses informasi serta gambar yang lebih efisien.

Kajian ini akan menggunakan data pengukuran hujan Kota Tanjungpinang yang diunduh melalui website resmi BMKG (Badan Klimatologi dan Geofisika) melalui tautan <https://dataonline.bmkg.go.id/>. Data yang diunduh berupa data curah hujan harian selama kurun waktu 2011-2020. Data satelit yang dipakai pada kajian ini adalah data *Climate Hazard Grup InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS). Funk dkk., (2015) dalam Cavalcante dkk., (2020) menyatakan seri data curah hujan CHIRPS dibuat dengan mengekstrak perkiraan curah hujan harian di atas piksel sesuai dengan lokasi setiap stasiun pengukur hujan berada. *Database* curah hujan CHIRPS merupakan kombinasi dari tiga informasi curah hujan yaitu klimatologi global, estimasi curah hujan berbasis satelit, dan curah hujan hasil pengukuran lapangan Fadholi dan Adzani (2018).

2.3 Tahapan Pengolahan Data



```
CHIRPS-2011 +
Imports (2 entries)
  var Tanjungpinang: Table users/diankharismadewi/administrative
  var STABMKG: Feature 0 (Point, 1 property)
1 var CHIRPS = ee.ImageCollection("UCSB-CHG/CHIRPS/PENTAD")
2   .filter(ee.Filter.date('2011-01-01', '2011-02-02'));
3
4 var clipcollection= CHIRPS.map
5- (function(CHIRPS){
6   return CHIRPS.clip(Tanjungpinang);
7 });
8 var precipitation = clipcollection.select('precipitation');
9
10 var precipitationVis = {
11   min: 0.0,
12   max: 117.0,
13   palette: ['001137', '0aable', 'e7eb05', 'ff4a2d', 'e90000'],
14 };
15
16 Map.addLayer(precipitation, precipitationVis, 'Precipitation');
17 Map.centerObject(Tanjungpinang, 12)
18 print(precipitation)
19
```

Gambar 4 Script pada Kolom Code Editor Google Earth Engine
Sumber : Hasil Analisis, 2021

Pengolahan data hujan CHIRPS pada *Google Earth Engine* dilakukan dengan memasukkan *script* pada kolom *code editor* seperti pada Gambar 4.

2.4 Interpretasi Data dan Pembahasan

Setelah data diekstraksi menggunakan *Google Earth Engine*, tahapan selanjutnya, data kemudian dianalisis untuk menentukan curah hujan harian maksimum perbulan selama kurun waktu tahun 2011-2020. Fungsi *inspector* digunakan untuk mengetahui sebaran hujan secara spasial. Sebaran spasial akan dibagi per masing-masing wilayah kecamatan yang ada di Kota Tanjungpinang yang terdiri dari wilayah Kecamatan Tanjungpinang Kota, Kecamatan Tanjungpinang Barat, Kecamatan Tanjungpinang Timur dan Kecamatan Bukit Bestari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Data CHIRPS dan Data Pengukuran BMKG

Melihat apakah penggunaan data CHIRPS dapat dipakai untuk mengidentifikasi karakteristik spasio-temporal hujan ekstrem di Kota Tanjungpinang, maka perlu dilakukan uji korelasi dengan membandingkan data CHIRPS dan data pengukuran lapangan. Asdak, 2007 menyatakan analisis korelasi ialah salah satu metode statistik yang biasa digunakan dalam mengetahui kuatnya hubungan antara dua variabel. Untuk menghitung koefisien korelasi dipakai persamaan (1) sebagai berikut :

$$R = \frac{N\sum_{i=1}^N P_i Q_i - \sum_{i=1}^N P_i \times \sum_{i=1}^N Q_i}{\sqrt{N\sum_{i=1}^N P_i^2 - (N\sum_{i=1}^N P_i)^2} \sqrt{N\sum_{i=1}^N Q_i^2 - (N\sum_{i=1}^N Q_i)^2}} \text{ Pers.(1)}$$

Keterangan:

P_i = data penakar hujan BMKG;

Q_i = data CHIRPS;

N = jumlah data.

Tabel 2 menampilkan perbedaan data antara data penakar hujan milik BMKG yang dipasang di stasiun Raja Haji Fisabilillah dan data perkiraan satelit CHIRPS. Data tahun 2012 tidak dimasukkan karena tidak ada data pengukuran hujan pada tahun tersebut. Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapat nilai R sebesar 0,688. Hasil tersebut jika diinterpretasikan sesuai dengan kriteria nilai koefisien korelasi pada Tabel 3 maka data CHIRPS dapat dipakai untuk mengidentifikasi karakteristik spasio-temporal hujan di Kota Tanjungpinang.

Tabel 2 Perbandingan Data Hujan Maksimum Tahunan BMKG dan CHIRPS

Tahun	Sumber Data Hujan	
	BMKG	CHIRPS
2011	235	252,47
2013	176,4	124,03
2014	105,6	157,85
2015	105,5	129,69
2016	148,2	133,34
2017	112,2	130,07
2018	108,1	110,07
2019	162,2	243,84
2020	153,8	145,75

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Tabel 3 Kriteria Nilai Koefisien Korelasi

R	Interpretasi
0-0,19	Sangat Rendah
0,20-0,39	Rendah
0,40-0,59	Sedang
0,60-0,79	Kuat
0,81-1,00	Sangat Kuat

Sumber : Jarwanti dkk., (2021)

Identifikasi Karakteristik Temporal

Menurut Sekaranom (2021) identifikasi peristiwa hujan ekstrem dianalisis menggunakan indeks yang dikembangkan oleh beberapa peneliti dan organisasi. Teknik dalam mengklasifikasikan frekuensi curah hujan ekstrem dibagi menjadi dua kelompok, yaitu menggunakan: (1) ambang batas tetap; (2) ambang batas spesifik lokasi (*site specific threshold*). BMKG (2021) menggunakan curah hujan harian 100 mm/hari sebagai indeks curah hujan ekstrem. Maka dalam kajian ini indeks curah hujan ekstrem yang digunakan adalah 100mm/hari. Berdasarkan hasil ekstraksi data CHIRPS dengan menggunakan *Google Earth Engine*, dengan titik koordinat sesuai dengan stasiun BMKG Raja Haji Fisabilillah maka data curah hujan harian maksimum perbulan selama 2011-2020 ditabelkan dalam Tabel 4. Selama 2011-2020 frekuensi kejadian curah hujan harian maksimum yang terjadi di Kota Tanjungpinang disajikan pada Tabel 5. Dengan menggunakan indeks curah hujan ekstrem sebesar 100mm/hari, maka didapatkan hasil identifikasi kejadian hujan ekstrem secara temporal selama 2011-2020 di wilayah Kota Tanjungpinang terdistribusi seperti yang ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 4 Distribusi Curah Hujan Maksimum Bulanan Berbasis Data CHIRPS Kota Tanjungpinang 2011-2020

Bulan	RR(mm/hari)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Januari	252,47	65,59	93,33	59,32	57,75	133,34	123,74	108,44	98,40	28,29
Februari	36,66	88,29	98,93	6,63	45,20	110,38	58,26	29,68	18,87	35,97
Maret	81,38	111,58	34,68	40,57	46,09	19,11	66,65	56,27	63,62	45,61
April	104,67	127,59	124,03	68,86	66,62	87,96	130,07	51,92	67,26	145,75
Mei	64,44	76,06	79,00	131,89	59,00	107,60	84,82	75,60	72,90	94,46
Juni	78,13	62,10	52,82	81,07	87,80	115,48	40,06	75,04	119,23	112,45
Juli	67,90	75,05	74,79	49,30	53,33	71,75	78,70	40,14	45,46	105,61
Agustus	71,39	37,31	49,37	105,12	46,47	72,60	65,02	40,19	42,12	35,09
September	55,48	64,72	116,49	59,40	25,50	61,72	57,76	81,98	33,27	84,97
Oktober	98,37	43,62	57,24	35,62	67,15	63,62	86,12	87,08	67,83	73,39
November	98,85	90,50	106,34	96,68	63,22	98,76	81,80	73,59	78,54	117,08
Desember	182,57	107,22	107,58	157,85	129,69	76,16	90,39	110,07	243,84	64,45

Sumber : Hasil Analisis Data CHIRPS, 2021

Tabel 5 Frekuensi Curah Hujan harian Maksimum Kota Tanjungpinang 2011-2020

Interval kelas curah hujan (mm/hari)	Frekuensi Kejadian
7-37	12
38-68	42
69-99	38
100-130	20
131-161	5

162-192	1
193-223	0
224-254	2

Sumber : Hasil Analisis Data CHIRPS,2021

Tabel 6 Distribusi Curah Hujan Ekstrem Kota Tanjungpinang 2011-2020

Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm/hari)
2011	Januari	26	252,47
2012	April	11	127,59
2013	April	6	124,03
2014	Desember	26	157,85
2015	Desember	11	129,69
2016	Januari	1	133,34
2017	April	21	130,07
2018	Desember	11	110,07
2019	Desember	6	243,84
2020	April	26	145,75

Sumber : Hasil Analisis Data CHIRPS,2021

Berdasarkan Tabel 6, maka diketahui bahwa curah hujan ekstrem di Kota Tanjungpinang terjadi pada bulan Januari, April dan Desember.

Identifikasi Karakteristik Spasial

Karakteristik spasial dari curah hujan ekstrem yang dikaji merupakan sebaran wilayah di mana intensitas hujan ekstrem terjadi. Pada kajian ini, sebaran curah hujan ekstrem tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan hubungan waktu kejadian, titik lokasi serta curah hujan yang terjadi dan ditabelkan dalam Tabel 7.

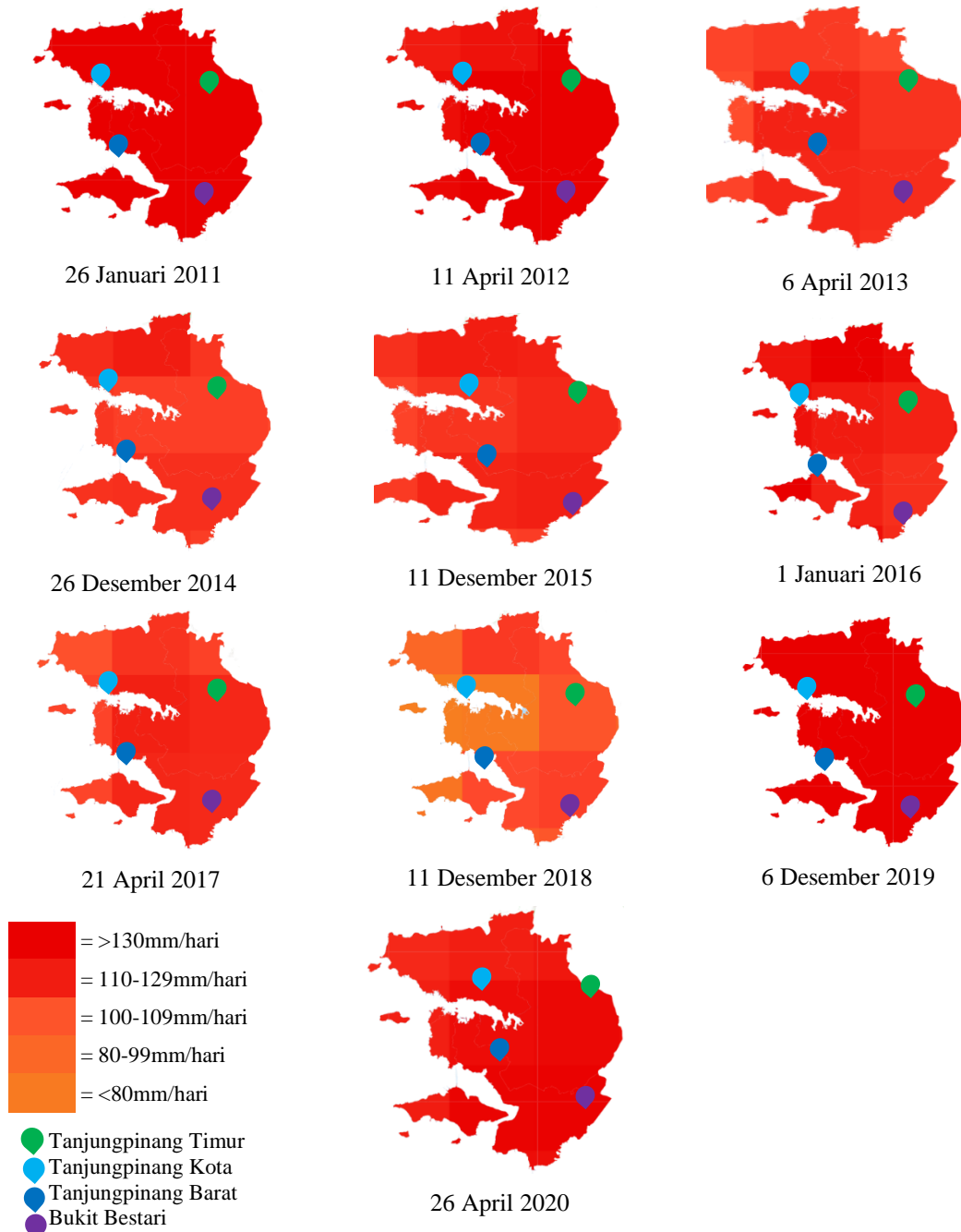
Tabel 7 Sebaran Spasial Hujan Ekstrem di Kota Tanjungpinang 2011-2020

Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm/hari)			
		Tanjungpinang Kota	Tanjungpinang Barat	Tanjungpinang Timur	Bukit Bestari
2011	Januari	275,15	345,64	252,47	229,31
2012	April	115,81	106,8	127,59	134,24
2013	April	132,72	112,02	124,03	127,7
2014	Desember	157,8	163,18	157,85	168,19
2015	Desember	123,82	116,53	129,69	134,36
2016	Januari	136,54	141,72	133,34	126,33
2017	April	133,83	115,9	130,07	129,27
2018	Desember	101,38	100,44	110,07	117,83
2019	Desember	229,5	211,02	243,84	249,99
2020	April	143,69	134,06	145,75	148,77
Rata-Rata		155,02	154,73	155,47	156,60

Sumber : Hasil Analisis Data CHIRPS,2021

Gambar 5 menampilkan hasil identifikasi wilayah sebaran hujan ekstrem secara spasial yang terjadi di Kota Tanjungpinang selama tahun 2011-2020. Tanggal kejadian pada Gambar 5

diambil dari hujan maksimum yang terjadi pada tahun tersebut. Sehingga, tanggal kejadian banjir untuk setiap tahun berbeda-beda.



Gambar 5 Sebaran Spasial Berdasarkan Curah Hujan di Kota Tanjungpinang 2011-2020

Sumber : Hasil Analisis Data CHIRPS,2021

Tabel 7 diketahui bahwa wilayah yang memiliki potensi curah hujan ekstrem paling tinggi berada di Kecamatan Bukit Bestari dengan data curah hujan maksimum rata-rata sebesar 156,6

mm/hari. Hal ini dapat dikonfirmasi dengan dokumentasi kejadian banjir yang terjadi di wilayah Kecamatan Bukit Bestari seperti tampak pada Gambar 6.



(a) (b) (c)

Gambar 6 Kejadian Banjir di Wilayah Kecamatan Bukit Bestari

(a) Jalan Ir, Sutami (b) Jalan Sei Jang (c) Jalan Pemuda

Sumber : <https://batam.tribunnews.com/>, diakses pada 10 Oktober 2021

5. KESIMPULAN

Identifikasi karakteristik hujan ekstrem yang terjadi di Kota Tanjungpinang menggunakan data satelit CHIRPS sebagai pembanding data pengukuran yang diekstraksi menggunakan GEE memperlihatkan bahwa karakteristik hujan ekstrem di Kota Tanjungpinang secara temporal terjadi pada bulan Januari, April dan Desember. Hasil identifikasi karakteristik spasial hujan ekstrem yang memiliki curah hujan ekstrem paling tinggi terjadi di wilayah Kecamatan Bukit Bestari. Hasil kajian yang telah dilaksanakan, diketahui bahwa data satelit CHIRPS dan platform GEE dapat digunakan sebagai alternatif data dan platform untuk mengekstraksi data, jika data pengukuran hujan yang ada pada stasiun pengukuran hujan tidak lengkap dan proses ekstraksi di platform lain tidak dapat dipakai. Hasil ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi *stakeholders* dalam membuat kebijakan mitigasi bencana yang terkait dengan hujan ekstrem seperti banjir dan tanah longsor yang terjadi di Kota Tanjungpinang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdellatif, Mawada, William Atherton, and Rafid Alkhaddar. 2012. "Climate Change Impacts on the Extreme Rainfall for Selected Sites in North Western England" *Open Journal of Modern Hydrology* 02(03):49–58. doi: 10.4236/ojmh.2012.23007.
- [2] Andriawan, Aan, 2021, "Kajian Hidrologi Pada Sistem Pengendalian Banjir." 07:1–7.
- [3] C. Asdak, "Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai." Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2007.
- [4] Cavalcante, Rosane Barbosa Lopes, Douglas Batista da Silva Ferreira, Paulo Rógenes Monteiro Pontes, Renata Gonçalves Tedeschi, Cláudia Priscila Wanzeler da Costa, and Everaldo Barreiros de Souza. 2020. "Evaluation of Extreme Rainfall Indices from CHIRPS Precipitation Estimates over the Brazilian Amazonia," *Atmospheric Research* 238(January):104879. doi: 10.1016/j.atmosres. 2020.104879.

-
- [5] Fadholi, Akhmad, and Rizki Adzani. 2018. "Analisis Frekuensi Curah Hujan Ekstrem Kepulauan Bangka Belitung Berbasis Data Climate Hazard Group Infra-Red Precipitation With Station (CHIRPS)." *Jurnal Pendidikan Geografi* 18(1):22–32.
- [6] Fitria, M, Sugiato, Y., Sulistyowati, R. (2016). Validasi Data Curah Hujan *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) Pada Tiga Pola Hujan Di Indonesia. Scientific Repository IPB.
- [7] Funk, C., P.J, Peterson, M.F, Landsfeld, D.H, Pedreros, J.P, Verdin, J.D, Rowland, B.E, Romero, G.J, Husak, J.C, Michaelsen, and A.P, Verdin. 2014. "A Quasi-Global Precipitation Time Series for Drought Monitoring," *U.S. Geological Survey Data Series* 832(January):4. doi: 10.3133/ds832.
- [8] Jarwanti, Dieta Putri, Ery Suhartanto, and Jadfian Sidqi Fidari. 2021. "Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Dengan Data Pos Penakar Hujan Di DAS Grindulu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur" *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air* 1(2):772–85, doi: 10.21776/ub.jtresda. 2021.001.02.36.
- [9] Katsanos, Dimitrios, Adrianos Retalis, and Silas Michaelides. 2016. "Validation of a High-Resolution Precipitation Database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-Year Period," *Atmospheric Research* 169:459–64. doi: 10.1016/j.atmosres.2015.05.015.
- [10] Mamenun, M., Pawitan, A., Sophaheluwakan, A. (2014). Validasi dan Koreksi Data Satelit TRMM Pada Tiga Pola Hujan Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 15: 13-23.
- [11] Moharrami, Meysam, Mohammad Javanbakht, and Sara Attarchi, 2021, "Automatic Flood Detection Using Sentinel-1 Images on the Google Earth Engine," *Environmental Monitoring and Assessment* 193(5). doi: 10.1007/s10661-021-09037-7.
- [12] Sutikno, Sigit, Manyuk Fauzi, and Hamiduddin, 2014, "Pemodelan Hidrologi Hujan-Aliran Dengan Menggunakan Data Satelit," *Seminar Nasional Teknik Sipil X-2014* (February 2014):721, doi: 10.13140/RG.2.1.3991.5046.
- [13] A. B. Sekaranom, Kejadian Hujan Ekstrem Wilayah Tropis, H. Prasetyo, Ed., Sleman, D.I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2021.
- [14] Tamiminia, Haifa, Bahram Salehi, Masoud Mahdianpari, Lindi Quackenbush, Sarina Adeli, and Brian Brisco, 2020, "Google Earth Engine for Geo-Big Data Applications: A Meta-Analysis and Systematic Review," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 164(May):152–70. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001.