

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA02

ANALISIS PETA KERAPATAN PETIR TIPE *CLOUD TO GROUND* (CG) DI WILAYAH KOTA MANADO MENGGUNAKAN METODE *INVERSE DISTANCE WEIGHTING* (IDW) TAHUN 2023

Haifany^{1,a)}, Agus Setyo Budi^{1,b)}, Wahyudi Nasrul Pratama^{2,c)}¹Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta²Pusat Seismologi Teknik, Geopotensial, dan Tanda Waktu (PSGT), BMKG Email:^{a)}haifanyalkatiri@gmail.com, ^{b)}agussb@unj.ac.id, ^{c)}wahyudi.nasrul@bmkg.go.id

Abstrak.

Indonesia, yang terletak di sepanjang garis khatulistiwa, mengalami frekuensi sambaran petir yang tinggi. Posisi geografisnya membuat kepulauan ini rentan terhadap kondisi atmosfer yang mendukung pembentukan petir. Fenomena petir dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan, kebakaran hutan, bahkan cedera atau kematian jika tidak diwaspadai dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk membuat peta kerapatan sambaran petir jenis *Cloud to Ground* (CG) di wilayah Manado pada tahun 2023. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kecamatan-kecamatan yang memiliki tingkat kerapatan petir paling tinggi di wilayah Kota Manado. Data yang digunakan yaitu batas wilayah Kota Manado yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan data rekaman sambaran petir Kota Manado Selama Tahun 2023 yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Metode yang digunakan yaitu interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW) menggunakan aplikasi QGIS dan Analisis Nexstorm. Dari hasil peta kerapatan yang dibuat dengan *grid* 1 km x 1 km, Kota Manado memiliki tingkat kerapatan petir yang sangat rendah karena didominasi oleh warna Hijau Muda (1-2). Kecamatan yang memiliki kerapatan petir paling tinggi yaitu Wanea dan Malalayang yang didominasi oleh warna Oranye (4-5) dan Merah (>5-9) dengan tingkat kerapatan petir sebesar masing-masing 67.133758 (banyak petir/km²) dan 51.1682243 (banyak petir/km²), sedangkan Kecamatan dengan kerapatan petir terendah yaitu Mapanget dengan tingkat kerapatan petir sebesar 6.33165829 (banyak petir/km²). Jumlah petir tertinggi terjadi pada bulan Mei sebanyak 869 sambaran dan paling sedikit terjadi pada bulan Februari sebanyak 15 sambaran.

Kata Kunci: Peta Kerapatan Petir; *Cloud to Ground* (CG), Kota Manado, *Inverse Distance Weighting* (IDW), Analisis Nexstorm.

Abstract.

Indonesia, located along the equator, experiences a high frequency of lightning strikes. Its geographical position makes the archipelago vulnerable to atmospheric conditions that favor the formation of lightning. The phenomenon of lightning can cause damage to buildings, forest fires, even injury or death if not properly alerted. This research aims to create a map of the density of *Cloud to Ground* (CG) lightning strikes in the Manado region in 2023. In addition, this research also aims to determine the sub-districts that have the highest lightning density in the Manado City area. The data used is the Manado City boundary obtained from the Badan Pusat Statistik (BPS) and Manado City lightning strike record data during 2023 obtained from the Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). The method used is *Inverse Distance Weighting* (IDW) interpolation using QGIS application and Nexstorm Analysis. From the results of the density map made with a 1 km x 1 km grid, Manado City has a very low lightning density level because it is dominated by the color Light Green (1-2). Sub-districts that have the highest lightning density are Wanea and Malalayang which are dominated by Orange (4-5) and Red (>5-9) colors with lightning density levels of 67.133758 (many lightning/km²) and 51.1682243 (many lightning/km²) respectively, while the sub-district with the lowest lightning density is Mapanget with a lightning density level of 6.33165829 (many lightning/km²). The highest number of lightning strikes occurred in May with 869 strikes and the least occurred in February with 15 strikes.

Keywords: *Lightning Density Map, Cloud to Ground (CG), Manado City, Inverse Distance Weighting (IDW), Nexstorm Analysis.*

PENDAHULUAN

Indonesia, dengan letak geografisnya di sepanjang garis khatulistiwa, mengalami frekuensi sambaran petir yang lebih tinggi dibandingkan dengan negara lain [1]. Posisi geografis ini mengekspos kepulauan ini pada kondisi atmosfer yang mendukung pembentukan petir [2]. Petir adalah peristiwa pelepasan muatan listrik di udara, yang terjadi di antara awan dengan awan, antara pusat-pusat muatan di dalam awan tersebut, dan antara awan dengan tanah [3]. Fenomena petir di Indonesia cukup umum terjadi, terutama selama musim hujan dan di daerah tropis [4]. Fenomena petir dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan, kebakaran hutan, bahkan cedera atau kematian jika tidak diwaspadai dengan baik [5]. Kota Manado merupakan Ibu Kota Provinsi Sulawesi Utara yang terletak di ujung pulau dan menjadi kota terbesar di Sulawesi Utara dengan jumlah penduduk Tahun 2016 berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) berjumlah 427.906 jiwa [6]. Besarnya jumlah penduduk di Kota Manado menyebabkan kepadatan penduduk menjadi cukup tinggi. Dengan luas wilayah 157,26 Km², kepadatan penduduknya mencapai 2.721 Jiwa/Km² [7]. Salah satu jenis petir yang paling umum terjadi adalah petir dari awan ke tanah (*Cloud to Ground / CG*) [8]. Petir jenis ini adalah yang paling berbahaya dan merusak karena petir jenis CG adalah jenis petir yang langsung bersinggungan dengan aktivitas manusia [9]. Pengamatan petir oleh BMKG dilakukan pertama kali pada tahun 2008 menggunakan *Lightning Detector* bertipe LD-250 yang dianalisa menggunakan *software* LD-2000. Kemudian pada tahun 2019 *software* diperbaharui menggunakan *software* Nexstorm [10].

Terdapat banyak metode yang bisa diterapkan untuk membuat peta penyebaran sambaran petir di suatu wilayah, salah satunya yaitu metode interpolasi *Inverse Distance Weighting (IDW)*. Metode *Inverse Distance Weighting (IDW)* adalah sebuah pendekatan dalam interpolasi yang mengasumsikan bahwa pengaruh setiap titik data input berkurang secara lokal seiring dengan peningkatan jaraknya dari titik interpolasi yang dituju [11]. Meskipun beberapa teknologi deteksi petir telah dikembangkan, namun penggunaannya masih terbatas dan tidak merata, terutama di wilayah yang rawan terhadap fenomena petir, keterbatasan dalam akses dan pemahaman tentang implikasi data yang diperoleh dari alat deteksi petir menjadi faktor penghambat dalam penggunaannya yang efektif. Penelitian bertujuan untuk menganalisis peta kerapatan sambaran petir wilayah Kota Manado menggunakan metode *Inverse Distance Weighting (IDW)* serta menentukan kecamatan yang paling rentan sambaran petir di Kota Manado.

METODOLOGI

Wilayah fokus penelitian peta kerapatan sambaran petir ini yaitu di Kota Manado sepanjang tahun 2023. Dalam penelitian ini, data yang digunakan yaitu batas wilayah kota manado yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan data rekaman sambaran petir Kota Manado tahun 2023 dalam format .db3 yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimtologi dan Geofisika (BMKG). Metode yang diterapkan untuk membuat visualisasi kerapatan petir yaitu *Inverse Distance Weighting* (IDW). Pada Metode interpolasi IDW, menggunakan fungsi umum pembobotan yaitu *inverse* dari kuadrat jarak, dan persamaan ini diterapkan dalam metode *Inverse Distance Weighting* yang dirumuskan dengan:

$$Z^* = \sum_{i=0}^N \omega_i Z_i \quad (1)$$

Dengan $Z_i = (i = 1, 2, 3, \dots, N)$ merupakan nilai ketinggian data yang ingin ditoleransi sejumlah N titik, dan bobot (weight) ω_i yang dirumuskan dengan:

$$\omega_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=0}^n h_j^{-p}} \quad (2)$$

p adalah bilangan *real* positif arbitrer yang disebut parameter *power* (biasanya $p = 2$) dan h_j merupakan jarak dari titik dispersi ke titik interpolasi, yang dijabarkan sebagai:

$$(h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (3)$$

(x, y) adalah koordinat titik interpolasi dan (x_i, y_i) adalah koordinat untuk setiap titik dispersi. Fungsi peubah *weight* bervariasi untuk nilai kesatuan pada titik dispersi sampai pada nilai yang mendekati nol dimana jarak ke titik dispersi meningkat. Fungsi berat adalah dinormalisasikan dengan jumlah dari bobot unit [12].

Proses pengolahan data diawali dengan mengolah data rekaman sambaran petir dari BMKG untuk memperoleh hasil analisa dan hasil export di aplikasi Analisis Nexstorm, lalu data-data hasil Analisa Kota Manado diolah dan ditautkan dengan visualisasi peta manado untuk mendapatkan peta kerapatan petir selama tahun 2023 dengan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) di *software* QGIS. Selanjutnya hasil *export* banyak petir per bulan diolah dan ditautkan dengan peta per kecamatan di *software* QGIS. Untuk menambahkan data penunjang analisis,

data banyaknya sambaran petir per bulan Kota Manado sepanjang tahun 2023 disajikan dalam bentuk grafik. Hasil peta penyebaran sambaran petir dan grafik banyaknya petir per bulan dianalisis untuk mengetahui daerah kecamatan yang menjadi wilayah paling rawan sambaran petir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kejadian sambaran petir yang terjadi di Kota Manado sepanjang tahun 2023 direkam oleh alat *Lightning Detector* (LD). Adapun jenis petir yang diperoleh yaitu tipe *Cloud to Ground* (CG). Jumlah sambaran petir yang terjadi di Kota Manado sepanjang tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.

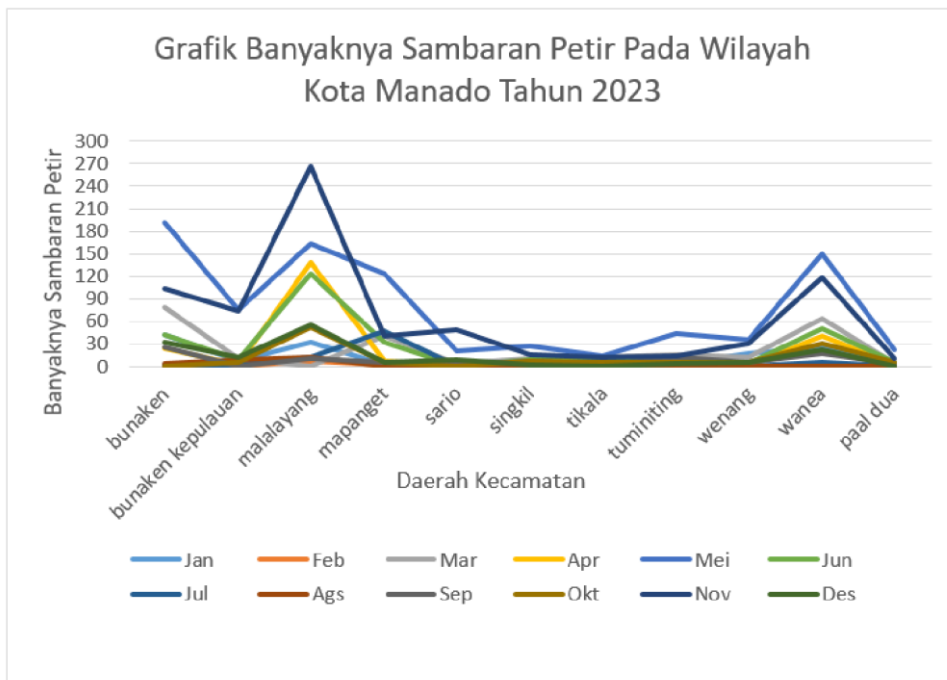
TABEL 1. Banyak Petir di Kota Manado Per Kecamatan Tahun 2023

No.	Nama Kecamatan	Banyak sambaran petir
1.	Bunaken	549
2.	Bunaken Kepulauan	211
3.	Malalayang	876
4.	Mapanget	315
5.	Sario	88
6.	Singkil	88
7.	Tikala	68
8.	Tuminting	104
9.	Wenang	116
10.	Wanea	527
11.	Paal Dua	54
Total		2996

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa jumlah sambaran petir maksimum terjadi di kecamatan Malalayang sebanyak 876 kali sambaran. Sedangkan jumlah sambaran petir minimum terjadi di kecamatan Paal Dua yaitu 54 kali sambaran.

TABEL 2. Banyak Petir di Kota Manado Per Bulan Tahun 2023

No.	Bulan	Banyak sambaran petir
1.	Januari	132
2.	Februari	15
3.	Maret	252
4.	April	222
5.	Mei	869
6.	Juni	294
7.	Juli	81
8.	Agustus	27
9.	September	94
10.	Oktober	121
11.	November	736
12.	Desember	153
Total		2996



GAMBAR 1. Grafik Banyaknya Sambaran Petir Pada Wilayah Kota Manado Tahun 2023

Berdasarkan Tabel 2, dapat disajikan grafik banyaknya sambaran petir pada wilayah Kota Manado tahun 2023 (Gambar 1). Pada grafik jumlah sambaran petir kota Manado pada tahun 2023, menunjukkan bahwa sambaran petir terbanyak terjadi di bulan Mei yaitu 869 kali sambaran, sedangkan jumlah petir paling sedikit terjadi pada bulan Februari yaitu 15 kali sambaran. Kecamatan yang paling rentan terhadap petir yaitu Malalayang dengan sambaran petir sebanyak 876 sambaran petir, sedangkan Kecamatan yang memiliki jumlah sambaran paling rendah yaitu Sario dan Singkil yaitu sebanyak 88 sambaran petir.

TABEL 3. Luas wilayah per kecamatan Kota Manado (2023)

No.	Kecamatan	Luas wilayah (km ² /sq.km)
1.	Bunaken	36,19
2.	Bunaken Kepulauan	16,85
3.	Malalayang	17,12
4.	Mapanget	49,75
5.	Sario	1,75
6.	Singkil	4,68
7.	Tikala	7,10
8.	Tuminting	4,31
9.	Wenang	3,64
10.	Wanea	7,85
11.	Paal Dua	8,02

TABEL 4. Kerapatan Petir Kota Manado Per Kecamatan Tahun 2023

No.	Kecamatan	Kerapatan Petir (banyak petir/km ²)
1.	Bunaken	15.1699364
2.	Bunaken Kepulauan	12.5222552
3.	Malalayang	51.1682243
4.	Mapanget	6.33165829
5.	Sario	50.2857143
6.	Singkil	18.8034188
7.	Tikala	9.57746479
8.	Tuminting	24.1299304

9.	Wenang	31.8681319
10.	Wanea	67.133758
11.	Paal Dua	6.73316708

Berdasarkan hasil perhitungan manual luas wilayah terhadap banyak petir (kerapatan), kecamatan Wanea menjadi Kecamatan yang memiliki kerapatan petir paling tinggi yaitu 67.133758 banyak petir/km², sedangkan kecamatan yang memiliki tingkat kerapatan paling rendah yaitu kecamatan Mapanget dengan 6.33165829 banyak petir/km². Dapat dianalisis bahwa luas wilayah menjadi salah satu faktor yang memengaruhi tingkat kerapatan sambaran petir. Semakin banyak sambaran petir dan semakin kecil luas wilayah, maka semakin tinggi Tingkat kerapatan sambaran petir. Walaupun banyak sambaran terjadi paling banyak di Kecamatan Malalayang sebesar 876 kali sambaran, namun tingkat kerapatan petirnya lebih kecil dibandingkan kecamatan Wanea dengan luas wilayah setengahnya dari luas wilayah Malalayang, hal itulah yang menyebabkan Kecamatan Wanea memiliki tingkat kerapatan petir paling tinggi.

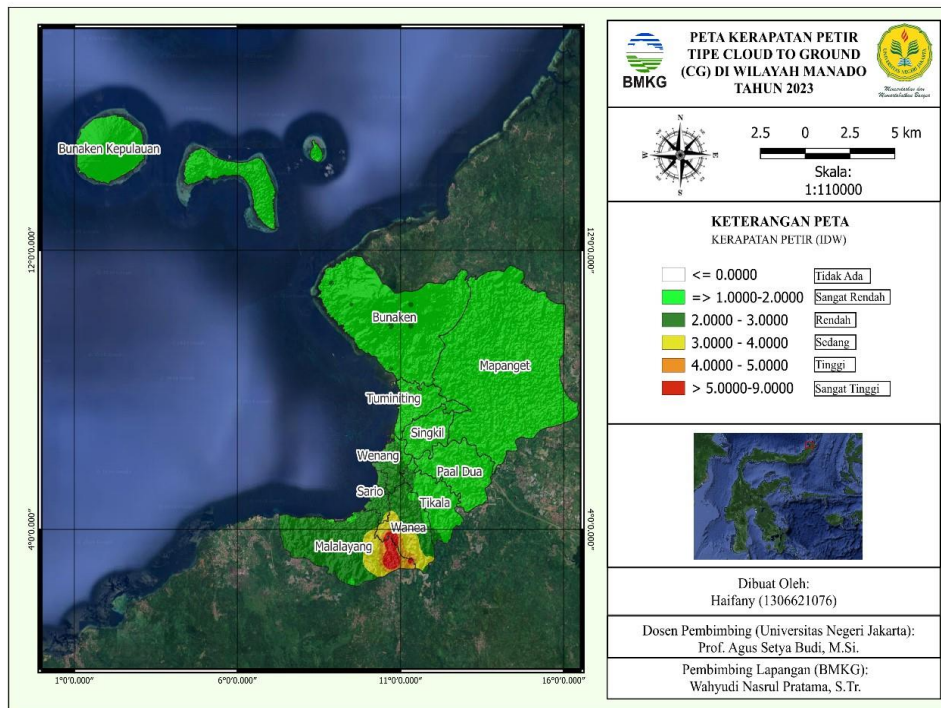
Dari tabel diatas dapat dianalisis bahwa besar kecilnya kerapatan sambaran petir dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu jumlah sambaran petir dan luas wilayah kecamatan. Semakin tinggi jumlah sambaran petir dan semakin kecil luas wilayah kecamatan, semakin tinggi pula nilai kerapatan sambaran petir. Sebaliknya, jika jumlah sambaran petir rendah dan luas wilayah kecamatan besar, nilai kerapatan sambaran petir akan lebih rendah. Dalam penentuan tingkat ancaman sambaran petir, kerapatan sambaran petir juga memainkan peran penting; semakin tinggi nilai kerapatan sambaran petir, semakin besar ancaman petir di daerah tersebut. Dari penjelasan ini, terlihat bahwa ada hubungan berbanding terbalik antara jumlah sambaran petir dan luas wilayah kecamatan dalam menentukan nilai kerapatan sambaran petir.

TABEL 5. Jumlah petir tipe Cloud to Ground positif (CG+) dan Cloud to Ground negatif (CG-) di Kota Manado Tahun 2023

No.	Kecamatan	Jumlah CG+	Jumlah CG-
1.	Bunaken	267	298
2.	Bunaken Kepulauan	121	90
3.	Malalayang	623	253
4.	Mapanget	120	195
5.	Sario	57	33
6.	Singkil	45	43
7.	Tikala	30	38
8.	Tuminting	51	53

9.	Wenang	60	56
10.	Wanea	244	283
11.	Paal Dua	29	25
Total		1647	1367

Berdasarkan Tabel 5, sepanjang tahun 2023 jumlah petir tipe CG+ yang terjadi lebih di Kota Manado sedikit lebih banyak dibandingkan dengan petir tipe CG-, dimana jumlah petir CG+ yang terjadi sebanyak 1647 dan jumlah CG- yang terjadi sebanyak 1367. Hasil ini tidak sesuai dengan teori bahwa jumlah petir CG- lebih dominan dibandingkan jumlah petir CG+ dikarenakan petir CG- biasanya membawa arus negatif dari awan ke tanah sehingga lebih umum terjadi [13].



GAMBAR 2. Peta Kerapatan Petir tipe *Cloud to Ground* (CG) di Wilayah Kota Manado Tahun 2023

Gambar 2 adalah peta kerapatan petir tipe CG wilayah Kota Manado tahun 2023 dengan *grid* 1 km x 1 km yang diinterpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW). Peta tersebut mengklasifikasikan tingkat kerapatan petir dalam 6 kelompok yang direpresentasikan dalam 6 warna berbeda, diantaranya yaitu:

- Putih (<=0.0000) = Tidak ada
- Hijau Muda (=> 1.0000-2.0000) = Sangat Rendah
- Hijau Tua (2.0000-3.0000) = Rendah
- Kuning (3.000-4.0000) = Sedang

Oranye (4.0000-5.0000)	= Tinggi
Merah (>5.0000-9.0000)	= Sangat Tinggi

Pada peta diatas menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kota Manado sepanjang tahun 2023 memiliki kerapatan petir yang sangat rendah, karena didominasi oleh warna hijau muda (1-2 jumlah sambaran/km²). Adapun kecamatan Wanea dan Malalayang merupakan kecamatan yang memiliki tingkat kerapatan paling tinggi karena didominasi oleh warna oranye (4-5 jumlah sambaran petir/km²) dan merah. (>5-9 jumlah sambaran petir/km²). Kecamatan Sario dan Wenang didominasi oleh warna Hijau Tua (2-3 jumlah sambaran petir/km²) dan sisanya yaitu Kecamatan Tikala, Paal Dua, Singkil, Tuminting, Mapanget, Bunaken, dan Bunaken Kepulauan didominasi oleh warna Hijau Muda (1-2 jumlah sambaran petir/km²).

KESIMPULAN

Berdasarkan peta kerapatan petir tipe *Cloud to Ground* (CG) Kota Manado menggunakan metode interpolasi Inverse Distance Weighting (IDW) dengan *grid* 1 km x 1 km, sepanjang tahun 2023 Kota Manado memiliki tingkat kerapatan petir yang sangat rendah karena didominasi oleh warna Hijau Muda (1-2). Kecamatan yang memiliki kerapatan petir paling tinggi yaitu Wanea dan Malalayang yang didominasi oleh warna Oranye (4-5) dan Merah (>5-9) dengan tingkat kerapatan petir sebesar masing-masing 67.133758 (banyak petir/km²) dan 51.1682243 (banyak petir/km²), sedangkan Kecamatan dengan kerapatan petir terendah yaitu Mapanget dengan tingkat kerapatan petir sebesar 6.33165829 (banyak petir/km²). Jumlah petir tertinggi terjadi pada bulan Mei sebanyak 869 sambaran dan paling sedikit terjadi pada bulan Februari sebanyak 15 sambaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembimbing lapangan yang telah membimbing dalam penyusunan jurnal penelitian ini. Terima kasih juga untuk BMKG yang telah mengizinkan penulis untuk menggunakan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini. dan Semoga jurnal ini dapat memberikan kontribusi positif dan menginspirasi para pembaca. Mohon maaf apabila terdapat kesalahan pada penulisan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] Basrin, R., Sutaji, H. I., Geru, A. S., & Tanesib, J. L. (2021). Karakteristik Peristiwa Petir Terkait Curah Hujan Di Wilayah Maumere Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 6(2), 75-83.
- [2] Nugroho, A. B., & Haryanto, F. (2021). Analisa Pengaruh Tidak Langsung Sambaran Petir Terhadap Pesawat Piper Seneca V Menggunakan Metode Bola Bergulir. *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, 3(2), 78-94.
- [3] Nawir, H., Djalal, M. R., & Sonong, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir Pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi. *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 2(2), 1-39.
- [4] Paski, J. A. I., Permana, Y. H., & Pertiwi, D. A. S. (2017, October). Analisis Sebaran Petir Cloud to Ground (CG) di Wilayah Jabodetabek pada Tahun 2016. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)* (Vol. 6, pp. SNF2017-EPA).
- [5] Azani, A. A., & Septiadi, D. (2021, July). Studi Aktivitas Petir Pada Saat Siklon Tropis Cempaka dan Dahlia di Yogyakarta. In *SINASIS (Seminar Nasional Sains)* (Vol. 2, No. 1).
- [6] Sangkaen, D., Masinambow, V. A., & Engka, D. S. (2021). Analisis Pengaruh Inflasi Belanja Pemerintah Terhadap Tingkat Kemiskinan Kota Manado. *Jurnal Pembangunan Ekonomi dan Keuangan Daerah*, 19(2), 17-33.
- [7] Albanjar, M., Poluan, R. J., & Rengkung, M. M. (2018). Evaluasi pengelolaan persampahan di kota manado (studi kasus: kec. wenang). *Spasial*, 5(2), 130-140.
- [8] Mailoor, M. J., Pasau, G., & Bobanto, M. D. (2018). Pemetaan Distribusi Petir untuk Wilayah Manado Tahun 2013 dan 2014. *Jurnal MIPA*, 7(1), 16-19.
- [9] Abriyanto, H. Y. (2023). Analisis Efektifitas Pemasangan Proteksi Petir Berdasarkan Tingkat Ancaman Sambaran Petir Cloud to Ground di Titik Tower Transmisi Air Anyir-Pangkalpinang. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 17(3), 235-241.
- [10] Ali, A., Umam, I. H., Heningtyas, H., Charolidya, R., Sanditya, B., Cempaka, A. P., ... & Kiki, D. (2022). Pengembangan Sistem Peringatan Dini Cuaca Ekstrem Terintegrasi Berbasis Y-Model Webgis Development Methodology (Y-WDM). *Jurnal Geografi, Edukasi Dan Lingkungan (Jgel)*, 6(2), 87-100.
- [11] Yudanegara, R. A., Astutik, D., Hernandi, A., Soedarmodjo, T. P., & Alexander, E. (2021). Penggunaan Metode Inverse Distance Weighted (Idw) Untuk Pemetaan Zona Nilai Tanah (Studi Kasus: Kelurahan Gedong Meneng, Bandar Lampung). *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 4(2), 85-90.

- [12]Laurensz, B., Lawalata, F., & Prasetyo, S. Y. J. (2019). Potensi resiko banjir dengan menggunakan citra satelit (Studi kasus: Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara). *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 2(1), 17-24.
- [13]Masruri, M. F. I., & Rahmadini, H. N. (2018). Frekuensi sebaran petir pada kejadian hujan ekstrem di stasiun meteorologi citeko. In *Seminar Nasional Geomatika* (Vol. 2, pp. 333-340).