

KARAKTERISTIK MEDAN LISTRIK ATMOSFER KOTA PADANG DAN HUBUNGANNYA DENGAN SAMBARAN PETIR AWAN KE TANAH

Primas Emeraldi* dan Ariadi Hazmi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

*Corresponding author, e-mail: primasemeraldi@ft.unand.ac.id¹

Abstrak—Penggunaan data Electric Field Mill (EFM) dalam sistem peringatan bahaya petir membutuhkan kajian perbandingan data medan listrik atmosfer dengan sistem deteksi petir. Data dari detektor petir dibandingkan dengan data perubahan medan listrik statis selama proses badai petir. Berdasarkan pengukuran medan listrik atmosfer di kota Padang selama periode Januari – Agustus 2015 diperoleh data yaitu terdapat sebanyak 219 kali badai petir. Dalam satu hari terjadi satu sampai dua kali badai petir dengan durasi rata-rata per badai petir adalah 173,48 menit. Setiap badai petir tidak selalu menghasilkan sambaran petir awan ke tanah. Tidak ada hubungan langsung antara jumlah sambaran petir awan ke tanah dengan lamanya durasi badai petir. Badai petir dengan durasi terlama pada tanggal 12 April 2015 dengan durasi 638 menit menghasilkan 2 kali sambaran petir awan ke tanah. Sedangkan badai petir pada 30 Januari 2015 dengan durasi 114 menit bisa menghasilkan 13 kali sambaran petir awan ke tanah.

Kata Kunci : Badai Petir, Medan Listrik Atmosfer, Electric Field Mill

Abstract—The possibility of using Electric Field Mill data as parameter of lightning warning sistem requires atmospheric electric field data comparisons with lightning detection systems. Transient electric field from lightning detektor compare with continues atmospheric electric field during thunderstorm. Based on atmospheric electric field measurement in Padang during the period of January - August 2015 there were 219 times thunderstorm events. In the event of thunderstorm, there is one or two thunderstorm event per day with average thunderstorm duration 173.48 minute per thunderstorm. There is no relations between the number of cloud to ground lightning strikes with the duration of the thunderstorm. Thunderstorm with 634 minute duration produces 2 cloud to ground lightning strikes while thunderstorm with shorter duration for 114 minute produces 13 cloud to ground lightning strikes.

Keywords : Thunderstorm, Atmospheric Electric Field, Electric Field Mill

Copyright © 2017 JNTE. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Badai petir adalah fenomena alam yang rumit dimana pembentukan badai petir menghasilkan suara, cahaya, medan elektromagnetik dan banyak efek lainnya, yang semuanya dapat memberikan informasi yang efektif untuk peringatan dan monitoring badai petir. Salah satu sistem yang digunakan untuk peringatan dan monitoring petir adalah menggunakan detektor petir yang mengamati perubahan transien cepat pada medan elektromagnetik yang dihasilkan saat sambaran petir. Detektor petir seperti ini hanya bisa mengamati kejadian petir pada periode waktu yang singkat [1-2].

Mengukur medan listrik atmosfer adalah cara lain yang bisa menutupi kelemahan sistem peringatan petir sebelumnya yang berdasarkan

detektor petir. Pengukuran medan listrik atmosfer akan memberikan informasi proses pembentukan muatan di awan yang mendahului kejadian sambaran petir. Kuat medan listrik statis atmosfer meningkat di dan dekat lokasi pembentukan badai petir. Jika kenaikan nilai medan listrik ini terdeteksi dapat digunakan untuk sistem peringatan petir [3-5].

Medan listrik atmosfer umumnya dipantau menggunakan sensor untuk mengetahui besarnya medan listrik atmosfer antara awan dan tanah. Detektor medan listrik atmosfer didasarkan pada efek medan listrik yang dihasilkan dari proses pembentukan petir. Detektor rmedan listrik atmosfer memanfaatkan efek listrik yang dihasilkan selama periode badai petir dimana medan listrik di bawah awan akan berubah selama muatan listrik muncul di awan,

maka detektor medan listrik akan mendeteksi perubahan muatan, sehingga kita dapat mengetahui akumulasi muatan listrik dalam awan petir, dan memberikan probabilitas bahwa akan ada badai di dekatnya. Pengamatan medan listrik rutin membantu untuk mengetahui situasi pembentukan badai petir lokal secara real time. Salah satu alat ukur medan listrik atmosfer adalah *Electric Field Mill* (EFM) [6,7].

Penggunaan data EFM dalam sistem peringatan petir membutuhkan kajian perbandingan data EFM dengan sistem deteksi petir lainnya [8-11]. Pada makalah ini dibahas dan dianalisis data medan listrik atmosfer di kota Padang selama periode waktu Januari sampai Agustus 2015. Kemudian data dari detektor petir berupa perubahan transient medan listrik akibat sambaran petir dibandingkan dengan data perubahan medan listrik statis selama proses badai petir.

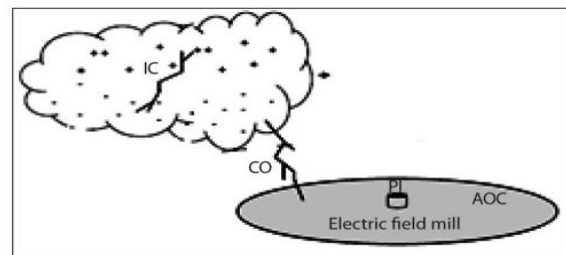
2. TINJAUAN PUSTAKA

Petir merupakan peristiwa pelepasan muatan elektrostatis berasal dari badai petir. Pelepasan muatan ini disertai dengan pancaran cahaya dan radiasi elektromagnetik lainnya. Ada dua kemungkinan pelepasan muatan pada petir yaitu kilat (*lightnig flash*) berupa pelepasan muatan diantara awan-awan ataupun antara pusat-pusat muatan di dalam awan tersebut dan sambaran petir (*lightning strike*) berupa pelepasan muatan antara awan bermuatan dengan tanah. Pelepasan muatan antara awan ke awan dan di dalam awan lebih banyak terjadi dari pada pelepasan muatan dari awan ke tanah. Namun petir awan ke tanah merupakan petir yang paling banyak menimbulkan kerusakan di permukaan bumi [12].

Proses kejadian petir melibatkan pemisahan muatan listrik di atmosfer yang meluahkan banyak energi dan dapat memberikan resiko bahaya pada objek di bumi saat terjadi sambaran petir ketanah. Dengan memantau medan listrik atmosfer membantu untuk memberikan pencegahan terhadap resiko bahaya petir. Pengukuran medan listrik atmosfer terus menerus dapat memberikan informasi yang efektif untuk perkiraan petir dan besarnya nilai perubahan medan listrik atmosfer digunakan sebagai patokan terjadinya petir. Mengukur medan listrik statis atmosfer mungkin cara lain

kedepan untuk mengatasi masalah peramalan petir [6,7].

Sistem peringatan petir berdasarkan data sistem penentuan lokasi petir adalah sistem yang dapat memberikan perkiraan data lokasi petir yang relatif akurat namun membutuhkan biaya pemasangan dan perawatan yang mahal karena melibatkan banyak sensor. Sedangkan pengukuran medan listrik atmosfer memerlukan biaya yang relatif murah hanya dengan peralatan EFM dan mampu mendeteksi perubahan muatan pada pembentukan badai petir sehingga bisa mendeteksi kemungkinan sambaran petir awan ketanah pada area cakupan deteksi dari EFM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



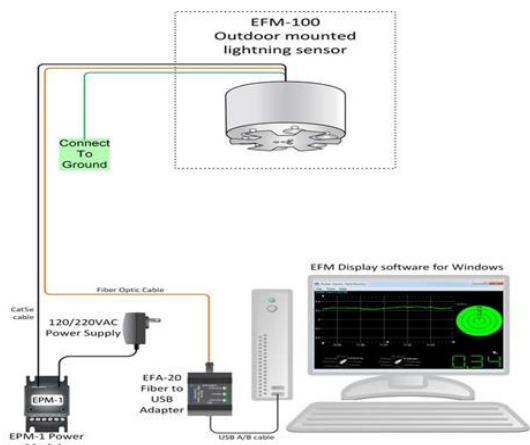
Gambar 1. Area Cakupan Deteksi Petir Menggunakan EFM [3]

3. METODOLOGI

3.1. Pengukuran Medan Listrik Atmosfer

EFM adalah perangkat elektro-mekanik yang mengukur kekuatan medan listrik statis. Satu atau lebih elektroda secara bergantian terkena dan kemudian terlindung dari medan listrik yang akan diukur. Arus listrik yang mengalir ke dan dari elektroda sebanding dengan kekuatan medan listrik. EFM yang digunakan adalah BOLTEK EFM-100 yang di pasang pada Gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas Kota Padang. Diagram koneksi EFM-100 ditunjukkan pada Gambar 2.

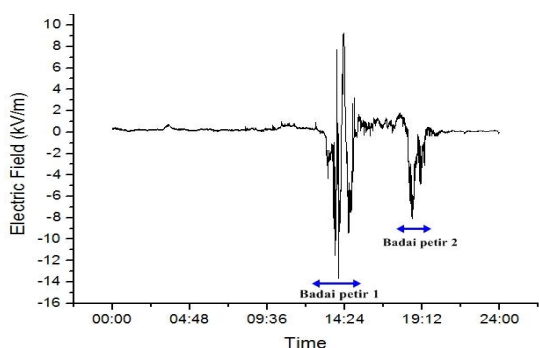
Dengan menggunakan EFM dapat diukur medan listrik yang terbentuk setiap harinya dimana alat ini merekam penuh gelombang medan listrik yang terbentuk di atmosfer secara kontinu. Berdasarkan gelombang medan listrik tersebut dapat diamati perubahan muatan di awan selama proses badai petir yang terjadi. Yang dimaksud badai petir adalah cuaca buruk yang disertai angin dan awan-awan *comulunimbus* yang dapat menyebabkan petir.



Gambar 2. Diagram koneksi EFM-100

Berdasarkan data EFM dapat diamati perubahan medan listrik atmosfer secara terus menerus. Pada kondisi cuaca cerah medan listrik atmosfer rata-rata berkisar antara 100 V/m hingga 200 V/m. Saat terjadi badai petir maka nilai medan listrik atmosfer akan meningkat dan berfluktuasi sesuai dengan muatan yang ada pada awan. Nilai medan listrik yang berfluktuasi melebihi 5 kV/m diasumsikan sebagai kejadian badai petir.

Bentuk gelombang medan listrik atmosfer saat kejadian badai petir dapat dilihat pada Gambar 3 yang menunjukkan perubahan medan listrik atmosfer di kota Padang pada tanggal 23 Januari 2015. Pada Gambar 3 tampak bahwa badai petir terjadi dua kali, yaitu pada jam 13.41-15.02 WIB dan 18.19-19.26 WIB.

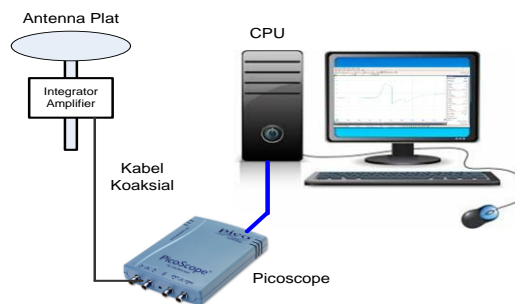


Gambar 3. Medan listrik atmosfer di kota Padang pada 23 Januari 2015

3.2. Detektor Petir

Detektor petir yang digunakan adalah antenna plat yang terhubung dengan integrator yang mempunyai *time delay* 10 ms dan gelombang medan listrik keluarannya diamati

melalui picoscope. Pemasangan detektor petir berada pada lokasi yang sama dengan EFM. Diagram koneksi detektor petir ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Koneksi Detektor Petir

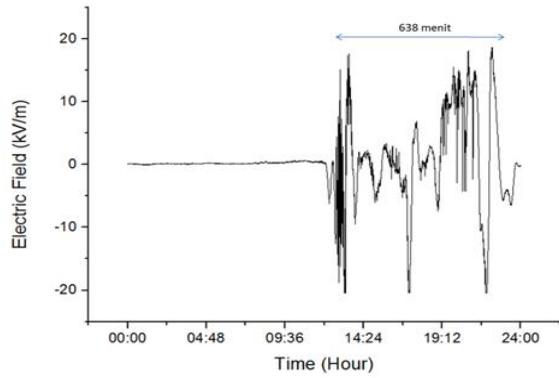
Data pengukuran medan listrik atmosfer dari EFM dibandingkan dengan data sambaran petir dari detektor petir. Waktu kejadian sambaran petir awan ke tanah yang dideteksi menggunakan detektor petir divalidasi dengan data pengukuran medan listrik atmosfer pada waktu yang sama. Jumlah sambaran petir awan ke tanah yang terjadi pada setiap badai petir dihitung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

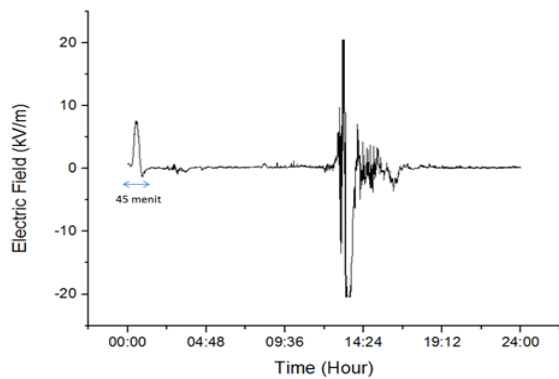
Berdasarkan data EFM selama periode Januari sampai Agustus 2015 terdapat 219 kali kejadian badai petir. Dalam sehari terjadi 1 sampai 2 kali badai petir. Setiap kejadian badai petir dilakukan pengukuran durasi dari badai petir tersebut. Durasi badai petir dapat merepresentasikan banyaknya muatan yang terbentuk pada awan yang akan menghasilkan sambaran petir.

Durasi badai petir terpanjang diperoleh pada tanggal 12 April 2015 dengan durasi badai petir selama 638 menit yaitu dari jam 12.05 – 22.43 WIB yang mana bentuk gelombang medan listrik atmosfernya ditunjukkan pada Gambar 5. Sedangkan durasi badai petir terpendek diperoleh pada tanggal 25 Mei 2015 dengan durasi badai petir selama 45 menit yaitu dari jam 00.12 – 00.57 WIB dengan bentuk gelombang medan listrik atmosfer ditunjukkan pada Gambar 6.

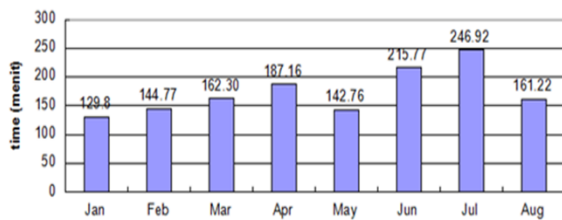
Durasi rata rata dari badai petir yang terjadi selama periode Januari sampai Agustus 2015 yaitu 173,48 menit per badai petir. Perbandingan rata-rata durasi badai petir perbulan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 5. Medan listrik atmosfer di kota Padang pada 12 April 2015



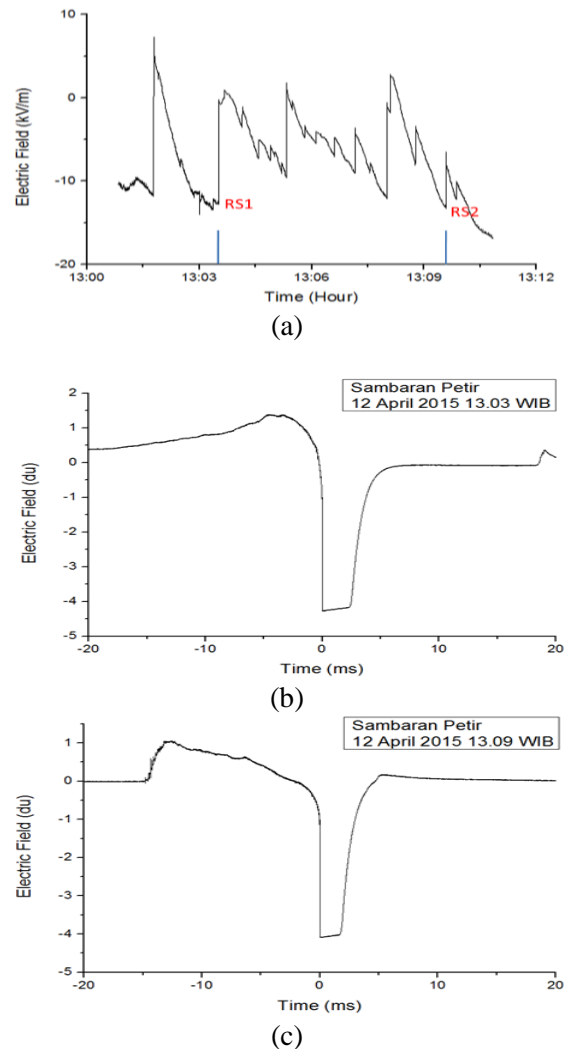
Gambar 6. Medan listrik atmosfer di kota Padang pada 25 Mei 2015



Gambar 7. Grafik durasi rata-rata badai petir selama Januari – Agustus 2015

Setiap badai petir tidak selalu menghasilkan sambaran petir awan ke tanah. Untuk memungkinkan penggunaan data pengukuran medan listrik atmosfer saat badai petir sebagai acuan peringatan petir maka dilakukan analisis terhadap data medan listrik atmosfer ini dengan membandingkannya dengan data pada detektor petir pada waktu yang sama. Dikarenakan EFM mempunyai batasan jangkauan deteksi medan listrik atmosfer yaitu pada radius 20 km maka data detektor petir yang digunakan sebagai pembanding adalah data petir dekat.

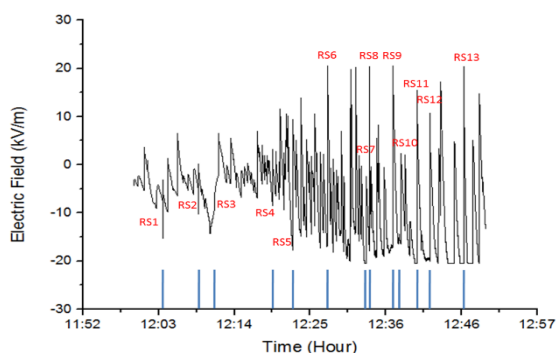
Berdasarkan perbandingan data sambaran petir dari detektor petir dengan data EFM diperoleh bahwa tidak ada hubungan linier jumlah sambaran petir dari awan ke tanah yang terjadi terhadap durasi dari badai petir. Durasi badai petir terlama pada 12 April 2015 yaitu dari jam 12.05 – 22.43 WIB menghasilkan jumlah petir awan ke tanah sebanyak 2 kali sambaran yaitu pada jam 13.03.23 WIB dan 13.09.42 WIB. Bentuk gelombang medan listrik atmosfer pada saat sambaran petir tersebut serta bentuk gelombang medan listrik dari detektor petir pada saat yang sama ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Medan listrik atmosfer pada 12 April 2015 beserta sambaran petir yang terjadi, (b) Gelombang medan listrik sambaran balik awan ke tanah pada 13.03.23 WIB, (c) Gelombang medan listrik sambaran balik awan ke tanah pada 13.09.42 WIB

Gambar 8.a merupakan bentuk gelombang medan listrik atmosfer yang telah diperbesar saat terjadinya sambaran petir awan ke tanah pada 12 April 2015. Waktu kejadian sambaran petir yang dideteksi detektor petir ditunjukkan dengan garis tegak pada sumbu waktu gambar 8.a sedangkan kejadian sambaran petir pada gelombang medan listrik atmosfer ditunjukkan dengan indek RS1 dan RS2. Bentuk gelombang medan listrik transient pada saat sambaran balik awan ke tanah yang di deteksi oleh detektor petir melalui antena plat ditunjukkan pada gambar 8.b dan gambar 8.c dimana berdasarkan bentuk gelombang tersebut menunjukkan bentuk gelombang sambaran petir awan ke tanah yang berjarak dekat.

Badai petir pada 30 Januari 2015 dengan durasi 114 menit pada jam 11.16 – 13.10 WIB menghasilkan jumlah sambaran petir awan ke tanah yang lebih banyak yaitu 13 kali sambaran. Gambar 9 menunjukkan bentuk gelombang medan listrik atmosfer saat badai petir tanggal 30 Januari 2015 saat terjadi sambaran petir yang telah diperbesar dimana saat sambaran petir awan ke tanah ditunjukkan dengan indek RS1 sampai RS13. Walaupun durasi petir berlangsung selama 114 menit namun 13 kali sambaran petir yang terjadi berlangsung hanya dalam rentang waktu 43 menit yaitu pada 12.04 – 12.47 WIB.



Gambar 9. Medan listrik atmosfer pada 30 Januari 2015 beserta sambaran petir yang terjadi

Perbandingan data sambaran petir dari detektor petir dengan data medan listrik atmosfer dapat memberikan nilai durasi waktu yang dibutuhkan dari awal mulai badai petir sampai terjadinya sambaran balik petir awan ke tanah yang pertama yang dibutuhkan untuk sistem peringat bahaya petir. Namun tidak semua badai

petir menghasilkan sambaran petir awan ke tanah.

Berdasarkan data badai petir 12 April 2015 diperoleh waktu yang dibutuhkan dari awal mulai badai petir sampai terjadinya sambaran balik petir awan ke tanah yang pertama adalah 58 menit. Sedangkan pada badai petir 30 Januari 2015 membutuhkan waktu 48 menit dari awal badai petir sampai terjadi sambaran sampai terjadinya sambaran balik petir awan ke tanah yang pertama.

5. KESIMPULAN

Pengukuran medan listrik atmosfer di kota Padang selama periode Januari – Agustus 2015 menunjukkan terjadi sebanyak 219 kali badai petir. Dalam satu hari terjadi satu sampai dua kali badai petir dengan durasi rata-rata badai petir adalah 173,48 menit per badai petir.

Setiap badai petir tidak selalu menghasilkan sambaran petir awan ke tanah. Badai petir dengan durasi terlama pada tanggal 12 April 2015 dengan durasi 638 menit menghasilkan 2 kali sambaran petir awan ke tanah. Sedangkan badai petir pada 30 Januari 2015 dengan durasi 114 menit bisa menghasilkan 13 kali sambaran petir awan ke tanah. Berdasarkan data ini disimpulkan bahwa tidak ada kaitan langsung antara jumlah sambaran petir awan ke tanah dengan lamanya durasi badai petir. Sambaran awan ke tanah dipengaruhi oleh faktor lain seperti topografi dari tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zulka Hendi dan Ariadi Hazmi, *Karakteristik Preliminary Breakdown Petir Downward Leader Sebelum Sambaran Negatif Pertama*, Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol. 3 No.1, 25-30 (2014).
- [2] Hazmi, Ariadi dkk. 2013. *Characteristics of Electric Field Change Proceeding Negative First Return Stroke Produced by Preliminary Breakdown*. ICITEE 2013. ISSN: 2088-6579: Yogyakarta.
- [3] Shiqiang Yu, Xiujie Jiang, Cheng Liu, Huawei Zhang, Fushan Luo, *The Atmospheric Electric Field Monitoring in Beijing Zhongguancun Zone*, Asia-Pacific

- International Symposium on Electromagnetic Compatibility, April 12 - 16, 2010.
- [4] S. Bhattacharya, A Agarwal, A.K.Bhattacharya, *Initial Responce of Electric Field Monitoring Sistem towards Measurement of Atmospheric Electric Field during Normal and Lightning Times*, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 8, August 2013.
- [5] Ferro, Marco Antonio Da Silva, 2011. *Lighting Risk Warning Based On Atmospheric Electric Field Measurements in Brazil*, J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, Vol.3, No.3, pp. 301-310, Sep. - Dec., 2011.
- [6] Flavio de Carvalho Magina, Kleber Pinheiro Naccarato, dkk, *Atmospheric Electric Field Mill Deployment in Southeastern of Brazil*, XV International Conference on Atmospheric Electricity, 15-20 June 2014.
- [7] H. Shahroom, Z. Buntat, M.A.B. Sidik, Z. Nawawi, M.I. Jambak, *Atmospheric Electric Field Measurement Advances in Southern Peninsular Malaysia*, IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON) 2015.
- [8] Z. Hao, Y. Zhongjiang, Y. Tianqi, *The Application of Electric Field Data Combined With Other Observed Data in Lightning Warning*, International Conference on Multimedia Technology (ICMT), 2010.
- [9] M. J. Murphy, R. L. Holle, N.W.S. Demetriades, *Cloud-to-ground Lightning Warnings Using Electric Field Mill and Lightning Observations*, 20th International Lightning Detection Conference, 21-23 April 2008.
- [10] A. Chilingarian, *Thunderstorm ground enhancements—Model and relation to lightning flashes*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 107, 68–76, 2014.
- [11] López, J., Pérez E., Herrera, J., Aranguren, D, Porras, L, *Thunderstorm warning alarms methodology using electric field mills and lightning location networks in mountainous regions*, International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria, 2012.
- [12] Uman, Martin A, *The Art and Science of Lightning Protection*, University of Florida, Cambridge University Press, 2008.

Biodata Penulis

Primas Emeraldi, Lahir di Pariaman, Sumatera Barat, Indonesia pada tahun 1986. Menerima gelar sarjana Teknik Elektro dari Universitas Andalas pada tahun 2009 dan gelar Magister Teknik Elektro dan Institut Teknologi Bandung pada tahun 2013. Sejak tahun 2015 menjadi pengajar pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas. Bidang penelitian yang diminati adalah plasma dan proteksi petir.

Ariadi Hazmi, Lahir di Lahat, Sumatera Selatan, Indonesia pada tahun 1975. Menerima gelar sarjana Teknik Elektro dari Universitas Sriwijaya pada tahun 2009, gelar Magister Teknik Elektro dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2002 dan gelar Dr. Eng dari Gifu University pada tahun 2008. Sejak tahun 1999 menjadi pengajar pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas. Bidang penelitian yang diminati adalah plasma dan proteksi petir. Merupakan anggota dari The Society of Atmospheric Electricity of Japan.