

## KARAKTERISTIK PRELIMINARY BREAKDOWN PETIR DOWNWARD LEADER SEBELUM SAMBARAN NEGATIF PERTAMA

Zulka Hendri\* dan Ariadi Hazmi\*\*

\*Mahasiswa S2 Teknik Elektro Universitas Andalas

\*\*Staff Pengajar Teknik Elektro Universitas Andalas

**Abstrak**—Penelitian ini dilakukan terhadap 100 kejadian petir di Kota Padang Sumatera Barat dari bulan Januari sampai Mei 2013. Petir yang dianalisis diawali oleh deretan pulsa *preliminary breakdown* (PPB) yang terjadi sebelum sambaran negatif pertama dari awan ke tanah. Sinyal petir di rekam dengan memanfaatkan antenna medan listrik (*fast antenna*). Analisis yang dilakukan yaitu PPB-RS *separation* dan *pre-return stroke duration*. Analisis PPB-RS *separation* menghasilkan rata-rata aritmatik 50,62 ms dan rata-rata geometriknya 31,73 ms. Analisis *pre-return stroke duration* menghasilkan rata-rata aritmatik 54,44 ms dan rata-rata geometriknya 33,92 ms. Dua tipe deretan pulsa PB yang ditemukan dalam penelitian ini yaitu; (1) deretan pulsa yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas positif pada setengah siklus pertama, (2) deretan pulsa yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas negatif pada setengah siklus pertamanya. Deretan pulsa dengan tipe pertama memiliki PPB-RS *separation* dan *pre-return stroke duration* yang lebih lama dibandingkan deretan pulsa dengan tipe ke dua. Daerah yang dekat dengan khatulistiwa cenderung memiliki PPB-RS *separation* dan *pre-return stroke duration* yang lebih lama dibandingkan daerah yang jauh dari khatulistiwa. Kesimpulan ini diperoleh dengan membandingkan data hasil penelitian ini dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya di beberapa daerah berbeda.

Kata Kunci : petir, *preliminary breakdown*, *PPB-RS separation*, *pre-return stroke duration*.

**Abstract**—A hundred lightning flash was observed in Padang city, West Sumatera at January until Mei 2013. The lightning that use to analyze is proceeding with preliminary breakdown pulse (PBP) train and followed by first negative return stroke (RS). Fast antenna capacitive was used to record electric field that produced of lightning flash. PBP-RS separation and pre-return stroke duration was used to analyze. Arithmetic and geometric mean of PPB-RS separation is 50,62ms and 31,73ms respectively. Arithmetic and geometric mean of pre-return stroke duration is 54,44ms and 33,92ms respectively. We have find two type of preliminary breakdown pulse train are; (1) the pulse train that dominant positive pulse at first half cycle (2) the pulse train that dominant negative pulse at first half cycle. The first type of pulse train have the PPB-RS separation and pre-return stroke duration that longer than the second type. The place that near with equator have PPB-RS separation and pre-return stroke duration that longer than the place far from equator (this conclusion we get from compare the result of our research with the result that produce from the other previous researchers).

Keywords : lightning flash, *preliminary breakdown*, *PPB-RS separation*, *pre-return stroke duration*.

### I. PENDAHULUAN

Proses *discharge* petir dapat dipelajari dengan observasi terhadap perubahan medan listrik. Hasil observasi perubahan medan listrik memperlihatkan bahwa hampir 90% dari keseluruhan petir negatif dari awan ke tanah diawali oleh *discharge* di awan dan mengawali pergerakan ke bawah *stepped leader*[1].

*Preliminary breakdown (breakdown)* diasumsikan terdiri dari *vertical discharge* antara pusat muatan negatif dan pusat muatan negatif yang lebih rendah<sub>[3][6]</sub> dalam awan petir, dengan durasi 2-10 ms[6]. Deretan pulsa *preliminary breakdown* kaya dengan informasi yang berhubungan dengan kejadian yang mengawali *electric breakdown* di awan[2].

Perbedaan kondisi geografis daerah akan berakibat pada perbedaan karakteristik deretan pulsa PB yang mengindikasikan perbedaan proses *breakdown* di awan. Alasan inilah yang mendasari pentingnya dilakukan analisis dan membandingkan karakteristik pulsa PB antara daerah-daerah dengan kondisi geografis yang berbeda [2].

Mengingat masih sedikitnya literatur yang membahas tentang karakteristik *preliminary breakdown* di daerah yang berdekatan dengan khatulistiwa, maka sangat tepatlah penelitian ini dilakukan di kota Padang Sumatera Barat yang berada di area khatulistiwa.

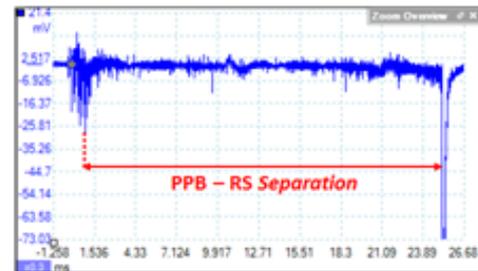
## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui karakteristik *preliminary breakdown* petir *downward leader* yang mengawali sambaran negatif pertama di kota Padang Sumatera Barat.

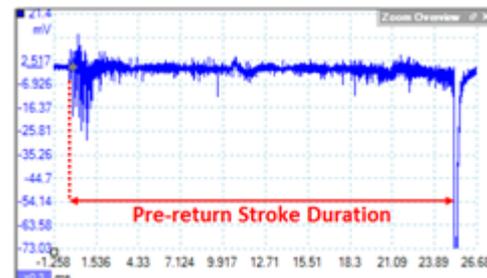
Deretan pulsa medan listrik yang terjadi beberapa milidetik sebelum sambaran pertama di kenal dengan sebutan deretan pulsa *preliminary breakdown* (PB)[2], selain itu *preliminary breakdown* (PB) juga didefinisikan sebagai proses yang terjadi di awan yang melibatkan perubahan konfigurasi medan listrik yang menyebabkan *steamer*[3-4]. *Breakdown* awal melibatkan formasi dari satu atau lebih *channel* di awan. *Channel* terlihat di perpanjang dengan arah acak dari awan sumber, dan salah satu darinya mengembang terus sehingga terbentuk *stepped leader* yang menjembatani pelepasan muatan dari awan ke tanah[4]. Pulsa ini biasanya bipolar dengan polaritas pada setengah siklus pertamanya sama dengan pulsa sambaran yang mengikutinya[4-5].

Asumsi dan kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memilih deretan pulsa PB sebelum sambaran negatif pertama berdasarkan konsep dan metodologi yang diperkenalkan oleh Nag dan Rakov (2009)[4] dan juga telah digunakan oleh Baharudin dkk (2012)[2] yaitu: sebuah pulsa dianggap sebagai bagian dari deretan pulsa *preliminary breakdown* jika dipisahkan dengan jarak yang kurang dari 2 ms dari pulsa terakhir dan memiliki amplitude puncak ke puncak yang sama atau lebih besar dari dua kali amplitude noise rata-rata.

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu *PPB-RS separation* dan *pre-return stroke duration*. *PPB-RS separation* didefinisikan sebagai selang waktu antara puncak maksimum medan listrik dalam deretan pulsa PB dan puncak sambaran[2,3,7] (gambar 1). *Pre-return stroke duration* didefinisikan sebagai interval waktu antara penemuan pulsa pertama pada deretan pulsa PB dan puncak RS pertama[2] (gambar 2).



Gambar 1. RS-RS separation.

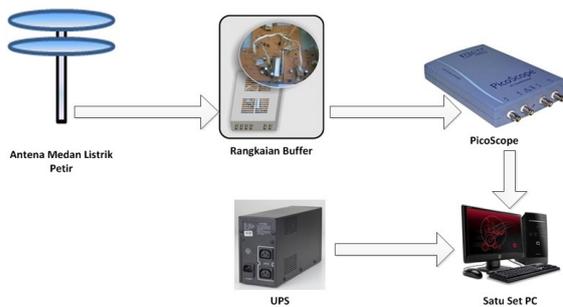


Gambar 2. Pre-return stroke duration.

## III. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Kota Padang Sumatera Barat yang berada di daerah khatulistiwa (lintang:  $0^{\circ}54'$  S, Bujur:  $100^{\circ}$  E), pada ketinggian 303 m di atas permukaan laut dan berjarak 33 km dari Bandara Internasional Minang Kabau (BIN). Perekaman terhadap sinyal medan listrik ini dilakukan dari bulan Januari sampai bulan Mei 2013.

Sinyal medan listrik yang dianalisis bersumber dari kejadian petir dengan jaraknya kurang dari 50 km dari stasiun penerima, ini ditandai dengan bentuk gelombang sabaran pertama yang tidak beresilasi terhadap titik nol. Blog diagram sistem antena medan listrik yang digunakan pada penelitian ini diperlihatkan pada gambar 3.



**Gambar 3.** Block diagram sistem perekam medan listrik petir.

Instrument yang digunakan dalam penelitian ini memiliki karakteristik yang sama dengan yang diajukan oleh Gomes dkk (1998)[7], walaupun demikian karakteristik pulsa yang di peroleh tidak sepenuhnya sama. Ini disebabkan oleh perbedaan lokasi geografis khususnya lokasi samudra (*oceanic location*). Peralatan sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fast antenna capacitive*. Sistem perekam ini ditujukan untuk merekam medan listrik yang parallel terhadap bumi (vertikal), dan menghindari terekamnya komponen horizontal, untuk mencapai tujuan ini digunakan antena plat tipis yang memiliki permukaan datar dan dipasang secara vertikal terhadap bumi. Antena ini terdiri dari dua plat tipis yang identic dan terpisah satu sama lain dengan jarak efektif 0,1 m, diameter plat 0,3 m, antena ini berada pada ketinggian efektif 1,5 m dan 16 m dari permukaan tanah.

Sepanjang 35 m kabel coaxial (RG75) digunakan untuk menghubungkan plat antena dengan rangkaian *buffer*. Kabel coaxial dengan karakteristik yang sama juga digunakan untuk menghubungkan rangkaian *buffer* dengan 12-bit, 20 MHz perekam digital. Sampling rate-nya di set 1 MS/s dengan lebar total hasil rekamannya 1s. Setingan *trigger* perekam digital diseting sedemikian rupa sehingga sinyal dari ke dua polaritas dapat ditangkap dengan baik. *Trigger level*-nya di seting dari 500 mV sampai 4 V. Perekam digital transien beroperasi 300 ms sebelum trigger mode.

Sensor ini dirancang untuk dapat mendeteksi perubahan medan kecil yang terjadi sebelum sambaran pertama baik berupa ledakan pulsa PB maupun perubahan medan listrik yang terjadi akibat proses leader yang terjadi

berdekatan dengan proses sambaran. Sinyal medan listrik yang di proses pada penelitian ini diikuti oleh sambaran dengan jumlah yang bervariasi dari 1 sampai 11 sambaran.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis terhadap 100 kejadian petir yang telah disebutkan sebelumnya menghasilkan kesimpulan bahwa terdapat dua tipe deretan pulsa *preliminary breakdown* yang terjadi sebelum sambaran negative pertama dari awan ke tanah di kota Padang Sumatera Barat yaitu:

- Tipe pertama yaitu deretan pulsa *preliminary breakdown* yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas positif pada setengah siklus pertamanya (19%).
- Tipe ke dua yaitu deretan pulsa *preliminary breakdown* yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas negatif pada setengah siklus pertamanya (81%).

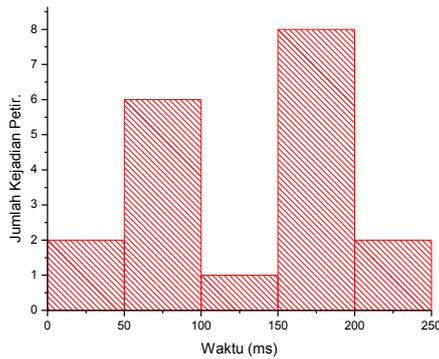
Deretan pulsa tersebut umumnya bipolar dengan polaritas pada setengah siklus pertamanya umumnya sama dengan sambaran yang mengikutinya (81% data) dan hanya sedikit (19% data) yang berbeda dengan polaritas sambaran yang mengikutinya.

##### 4.1. PPB-RS Separation.

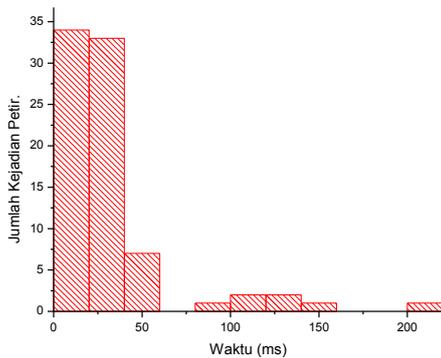
Hasil analisis PPB-RS *separation* kejadian petir yang didahului deretan pulsa *preliminary breakdown* diperlihatkan pada tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa 19 kejadian petir yang didahului oleh deretan pulsa PB tipe pertama memiliki rata-rata aritmatik 127,26 ms dan rata-rata geometriknya 109,36 dengan nilai maksimum 243,28 ms dan nilai minimumnya 24,78 ms. Sebanyak 81 kejadian petir yang diawali oleh deretan pulsa PB tipe ke dua memiliki rata-rata aritmatik 32,64 ms dan rata-rata geometriknya 23,74 ms dengan rentang data 5,7 - 201,52 ms. Sedangkan analisis PPB-RS *separation* gabungan menghasilkan rata-rata aritmatik 50,62 ms dan rata-rata geometriknya 31,73 ms.

Tabel tersebut juga memberikan informasi bahwa PPB-RS *separation* yang didahului oleh deretan pulsa PB tipe pertama memiliki rata-rata aritmatik yang lebih besar dibandingkan dengan yang didahului oleh deretan pulsa tipe ke dua. Sebaran data PPB-RS *separation* deretan pulsa PB tipe pertama diperlihatkan

pada gambar 4 dan tipe ke dua pada gambar 5 sedangkan gabungan pada gambar 6.

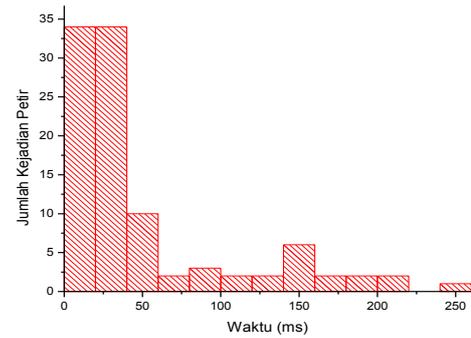


Gambar 4. PPB-RS Separation Deretan Pulsa PB tipe pertama.



Gambar 5. PPB-RS Separation Deretan Pulsa PB tipe ke dua.

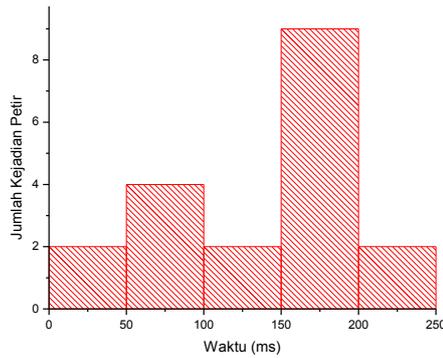
Penelitian PPB-RS separation yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya di beberapa daerah dengan posisi lintang berbeda diperlihatkan pada tabel 2. Rangkuman hasil penelitian ini bertujuan untuk melihat kecenderungan PPB-RS separation terhadap posisi lintang suatu daerah. Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah yang lebih dekat dengan khatulistiwa memiliki PPB-RS separation dengan rata-rata aritmatik yang lebih besar dibandingkan daerah yang lebih jauh dari khatulistiwa. Ini artinya daerah dengan lebih dekat dengan khatulistiwa memiliki pemisahan pulsa PB dengan sambaran yang lebih besar.



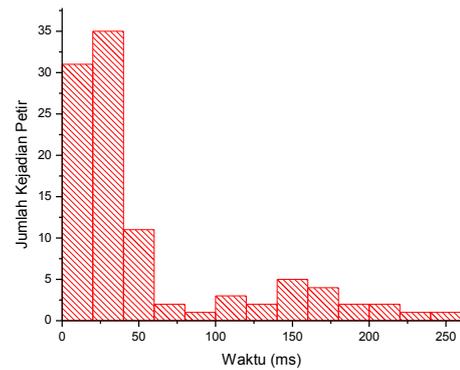
Gambar 6. PPB-RS Separation Gabungan.

#### 4.2 Pre-return Stroke Duration.

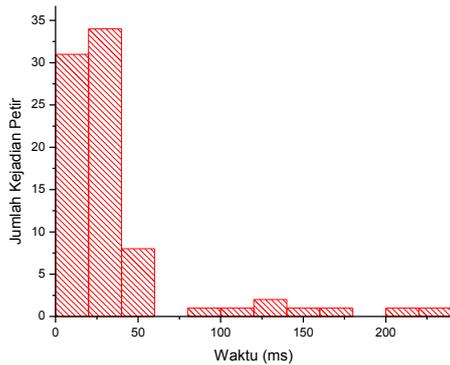
Analisis *pre-return stroke duration* kejadian petir yang didahului oleh deretan pulsa PB tipe pertama menghasilkan rata-rata aritmatik 131,25 ms dan rata-rata geometriknya 114,66 ms dengan nilai maksimal 244,3 ms dan nilai minimal 37,43 ms, sedangkan Analisis *pre-return stroke duration* kejadian petir yang didahului oleh deretan pulsa PB tipe ke dua menghasilkan rata-rata aritmatik 36,42 ms dan rata-rata geometrik 25,49 ms. Analisis *pre-return stroke duration* gabungan menghasilkan rata-rata aritmatik 54,44 ms dan rata-rata geometriknya 33,92 ms dengan nilai maksimal 244,3 ms dan nilai minimal 6,18 ms. Hasil penelitian *pre-return stroke duration* dirangkum dalam tabel 3. Dengan membandingkan rata-rata aritmatik *pre-return stroke duration* dari ke dua tipe di atas diperoleh kesimpulan bahwa *pre-return stroke duration* deretan pulsa PB tipe pertama memiliki durasi yang lebih lama dibandingkan dengan deretan pulsa PB tipe ke dua (sekitar 3,5 kali tipe ke dua). Sebaran data *pre-return stroke duration* deretan pulsa PB tipe pertama diperlihatkan pada gambar 7 dan tipe ke dua pada gambar 8 sedangkan gabungan pada gambar 9.



Gambar 7. *Pre-return stroke duration* deretan pulsa PB tipe pertama.



Gambar 9. *Pre-return stroke duration* gabungan.



Gambar 8. *Pre-return stroke duration* deretan pulsa tipe PB tipe ke dua.

Penelitian *pre-return stroke duration* yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya di beberapa daerah dengan posisi lintang berbeda diperlihatkan pada tabel 4. Rangkuman hasil penelitian ini bertujuan untuk melihat kecenderungan *pre-return stroke duration* terhadap posisi lintang suatu daerah. Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah yang lebih dekat dengan khatulistiwa memiliki *pre-return stroke duration* dengan rata-rata aritmatik yang lebih besar dibandingkan daerah yang lebih jauh dari khatulistiwa. Ini artinya daerah dengan lebih dekat dengan khatulistiwa memiliki *pre-return stroke duration* dengan yang lebih lama.

Tabel 1. Hasil analisis PPB-RS *separation*.

PPB-RS <i>Separation</i>	N (data)	Nilai Max (ms)	Nilai Min (ms)	Rata-rata Aritmatik (ms)	Rata-rata Geometrik (ms)
Deretan pulsa yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas positif pada setengah siklus pertama.	19	243,28	24,78	127,26	109,36
Deretan pulsa yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas negatif pada setengah siklus pertama.	81	201,52	5,70	32,64	23,74
Kejadian petir di kota Padang	100	243,28	5,7	50,62	31,73

Tabel 2. Hasil penelitian PPB-RS *separation* dari beberapa peneliti.

Penelitian	Lokasi	Lintang	Jumlah Data	PPB-RS <i>separation</i> (ms)			
				Max	Min	Rat. Aritm	Rat. Geo
Penelitian ini.	Padang	0 <sup>0</sup>	100	243,28	5,7	50,62	31,73
Baharudin Z.A	Malaysia	1 <sup>0</sup>	97	227,3	8,3	57,6	47,2
Gomes, dkk	Sri Lanka	6,9 <sup>0</sup>	9	23	3,5	11,9	9,8
Baharudin Z.A	Florida	27 <sup>0</sup>	100	92,5	3,3	22	17,7
Gomes, dkk	Sweden	59,8 <sup>0</sup>	41	70	2	13,8	8,7
Makela, dkk	Finland	60,4 <sup>0</sup>	193	320	2	18	38,5

Tabel 3. *Pre-return stroke duration*

<i>Pre-return Stroke Duration</i>	N (data)	Nilai Max (ms)	Nilai Min (ms)	Rata-rata Aritmatik (ms)	Rata-rata Geometrik (ms)
Deretan pulsa yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas positif pada setengah siklus pertama.	19	244,3	37,43	131,25	114,66
Deretan pulsa yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas negatif pada setengah siklus pertama	81	235,18	6,18	36,42	25,49
Kejadian petir di kota Padang (gabungan)	100	244,3	6,18	54,44	33,92

Tabel 4. Hasil penelitian *pre-return stroke duration* dari beberapa peneliti

Penelitian	Lokasi	Lintang	Jumlah Data	Pre-return Stroke Duration (ms)			
				Max	Min	Rat. Aritm	Rat. Geo
Penelitian ini.	Padang	0 <sup>o</sup>	100	401,14	6,57	74,53	39,01
Baharudin Z.A	Malaysia	1 <sup>o</sup>	97	-	-	62	51
Baharudin Z.A	Florida	27 <sup>o</sup>	100	-	-	23	19

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa deretan pulsa PB yang didominasi oleh pulsa-pulsa dengan polaritas positif pada setengah siklus pertamanya memiliki PPB-RS *separation* dan *pre-return stroke duration* yang lebih lama dibandingkan deretan pulsa dengan polaritas negatif pada setengah siklus pertamanya.

Daerah yang dekat dengan khatulistiwa cenderung memiliki PPB-RS *separation* dan *pre-return stroke duration* yang lebih lama dibandingkan daerah yang jauh dari khatulistiwa. Kesimpulan ini diperoleh dengan membandingkan data hasil penelitian ini dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya di beberapa daerah berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hazmi, Ariadi dkk. 2013. *Characteristics of Electric Field Change Proceeding Negative First Return Stroke Produced by Preliminary Breakdown*. ICITEE 2013. ISSN: 2088-6579: Yogyakarta.
- [2] Baharudin, ZA dkk. 2012. Comparative Study on Preliminary Breakdown Pulse Trains Observed in Johor, Malaysia and Florida, USA. *Atmospheric Research*. Elsevier.
- [3] S Makela, Jakke dkk. 2008. *Properties of Preliminary Breakdown Processes in Scandinavian Lightning*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Journal Homepage: [www.elsevier.com/locate/jastp](http://www.elsevier.com/locate/jastp). Elsevier.
- [4] Nag, Amitabh dan Vladimir A. Rakov. 2009. *Electric Field Pulse Trains Occurring Prior to the first Stroke in Negative Cloud-to-Ground Lightning*. IEEE Transaction on Olectromagnetic Compatiility: IEEE.
- [5] Schumann, Carina dkk. 2012. *Electric Fields Changes Produced by Positive Cloud-to-Ground Lightning Flashes*. International Conference on Grounding and Earthing & 5<sup>th</sup> International Conference on Lightning Physics and Effects. Bonito: Brazil.
- [6] Clarence, N.D., Malan, D.J., "Preliminary discharge processes in lightning Aashes to ground," Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 83, 161–172, 1957.

- [7] Gomes, Chandima dan Vernon Cooray. 2004. *Radiation Field Pulses Associated With the Initiation of Positive Cloud to Ground Lightning Flashes*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics: Elsevier.
- [8] Lin, Y. T., M. A. Uman, J. A. Tiller, R. D. Brantley, W. H. Beasley, E. P. Krider, and C. D. Weidman, "Characterization of lightning return stroke electric and magnetic fields from simultaneous two station measurements," J. Geophys. Res., 84, 6307-6314, doi:10.1029/JC084iC10p06307, 1979.

***Biodata Penulis***

***Zulka Hendri***, Lahir di Koto Baru pada tahun 1985. Menerima gelar sarjana di Fakultas Teknik Universitas Andalas pada tahun 2011. Sekarang tengah menempuh pendidikan jenjang Megister Teknik Elektro Universitas Andalas Padang.