

KARAKTERISTIK PETIR DARI AWAN KE BUMI DAN HUBUNGANNYA DENGAN CURAH HUJAN

Deni Septiadi*), Safwan Hadi**), dan Bayong Tjasyono***)

*) Program Doktor Sains Kebumihan, FITB, Institut Teknologi Bandung

**) Program Studi Oseanografi, FITB, Institut Teknologi Bandung

***) Program Studi Meteorologi, FITB, Institut Teknologi Bandung

e-mail: zeptiadi@yahoo.co.id

Diterima 4 Maret 2011; Disetujui 18 Mei 2011

ABSTRACT

This paper describes the relationship between CG (Cloud to Ground) lightning and the rainfall of Bandung and surrounding area. CG lightning data obtained by Lightning Detector that is able to track low frequency of radio signals from electrical processes lightning discharge which installed in Bandung Geophysics Station. For better resolution, data is limited within a radius of 10 km square of study area. Daily analysis during the year 2009 showed a strong relationships between CG and rainfall ($r = 0,62$ for CG+; $r = 0,51$ for CG- and $r = 0,59$ for total of CG). The electrification process dominated by CG- and the peak of CG occurs at MAM with the 43,6% total of CG and occurs at 15.00-17.00 LT. The mature stage occurred after 13.00 LT.

Keywords: *Lightning, CG, Rainfall, Relationship*

ABSTRAK

Tulisan ini mengkaji hubungan antara petir CG (*Cloud to Ground*) dengan pola curah hujan di Bandung dan sekitarnya. Data CG diperoleh menggunakan *Lightning Detector* yang mampu melacak sinyal radio frekuensi rendah dari proses elektrik kilat dan terpasang di Stasiun Geofisika Bandung. Agar resolusi data semakin baik penelitian dibatasi dalam radius 10 km persegi dari area penelitian. Hasil analisis harian sepanjang tahun 2009 menunjukkan hubungan yang kuat antara CG dan curah hujan ($r = 0,62$ untuk CG+; $r = 0,51$ untuk CG- serta $r = 0,59$ untuk *total CG*). Proses elektrifikasi didominasi CG- dan puncak CG terjadi pada periode MAM dengan persentase CG *total* =43,6% serta berlangsung antara pukul 15.00-17.00 WIB. Analisis taraf *mature* (matang) terjadi di atas pukul 13.00 WIB.

Kata kunci: *Petir, CG, Curah Hujan, Korelasi*

1 PENDAHULUAN

Petir/kilat merupakan gejala listrik alami dalam atmosfer Bumi yang tidak dapat dicegah (Pabla, 1981 dan Hidayat, 1991) yang terjadi akibat lepasnya muatan listrik baik positif maupun negatif yang terdapat di dalam awan. Menurut Pabla (1981) dan Price (2008), berdasarkan tempatnya, pelepasan muatan listrik dapat terjadi di dalam satu awan (*Inter Cloud, IC*), antara awan dengan awan (*Cloud to Cloud, CC*) ataupun dari awan ke Bumi (*Cloud to Ground, CG*).

Uman (1987), Marshall dan Radhakant (1978), Shackford (1960) telah mengkaji kaitan antara kilat dengan curah hujan seperti juga yang dilakukan Tapia dan Smith (1997). Piepgrass dan Krider (1982) serta Buechler dan Goodman (1990) membahas metode estimasi curah hujan konvektif yang dibangun dari observasi *lightning*. Carey dan Rutledge (1998) telah menemukan nilai *IC* ke *CG* yang sangat ekstrim ($IC/CG \sim 20-70$) dan sebagian besar adalah *CG+* ($> 74\%$) yaitu ketika badai menghasilkan hujan yang lebat dan tornado yang lemah. Hasil yang sama ditunjukkan proyek *STEP* di Amerika (Kyle *et al.*, 2005) dan observasi di Eropa (Soula *et al.*, 2004). Hasil ini sedikit berbeda dengan Price dan Murphy (2002) serta Zoro (1999) yang menyatakan bahwa *CG-* mendominasi ketika proses presipitasi terjadi.

Price dan Murphy (2002), mempelajari angin badai yang disebut *derecho*, dimana 12,5 juta pohon rusak di dalam taman nasional sepanjang perbatasan Amerika-Kanada dalam beberapa jam. *Derecho* merupakan angin badai tegak lurus (tidak seperti tornado yang berpilin). Secara normal mayoritas *CG* yang dideteksi oleh sensor *Very low frequency* (VLF) memiliki polaritas negatif (*CG-*), ketika *derecho* aktif fraksi kilat positif (*CG+*) meningkat 80% dalam dua jam.

Frekuensi kilat, polaritas, tipe kilat (*IC* dan *CG*) telah diketahui berhubungan dengan mikrofisis dan proses dinamis dalam badai (Williams, 2001). Dengan demikian, monitoring terus-menerus aktivitas *lightning* dapat mensuplai informasi penting tentang perkembangan dan intensitas badai (Price, 2008).

Sementara itu Hidayat dan Zoro (2001) telah melakukan analisis variasi kilat di wilayah Jawa sepanjang tahun 1996-2000 memanfaatkan jaringan LPATS dimana proporsi *CG+* bervariasi antara 16-39%. Aktivitas kilat bulanan secara aktif terjadi pada Oktober sampai dengan Maret yang merupakan musim basah di wilayah Jawa, dimana aktivitas terendah kilat terjadi pada Agustus dan September.

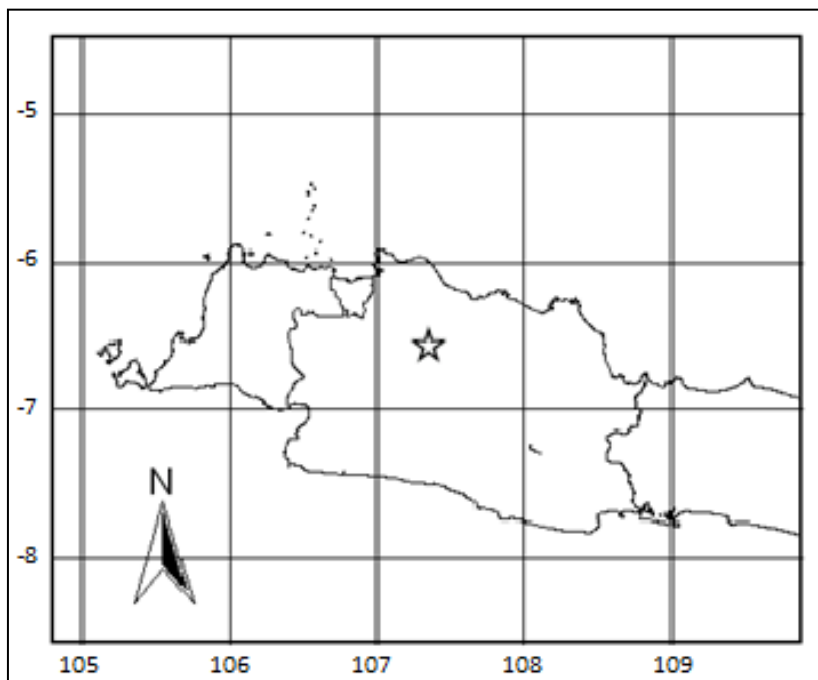
Dalam kondisi awan pada taraf matang secara umum terbentuk dua batas lapisan utama elektrifikasi. Pada bagian atas terkonsentrasi medan listrik positif sedangkan dibagian lebih ke bawah terkonsentrasi medan listrik negatif sebagai akibat proses konveksi *updraft* maupun *downdraft* pada awan. Jenis kilat/petir CG antara lain adalah CG- yang terjadi akibat induksi medan listrik positif di permukaan Bumi dengan bagian tengah/pusat awan (convective core) yang bermuatan negatif. Sementara itu, jenis CG lainnya yaitu CG+ terjadi akibat induksi medan listrik negatif di permukaan dengan bagian atas awan yang terkonsentrasi listrik positif. Menurut Zajac dan Weaver (2002) serta Lopez *et al.*,(1990), kombinasi muatan di dalam awan dan induksi muatan pada permukaan Bumi menghasilkan medan elektrik kuat dan petir CG. Secara spesifik muatan dalam awan dan di permukaan Bumi mengendalikan waktu, tempat dan frekuensi CG- dan CG+. Parameter CG+ adalah petir/kilat yang mengantarkan muatan positif ke tanah dan lebih banyak terdeteksi terdapat pada awan badai Cb (Cumulonimbus). sebaliknya CG- mengantarkan muatan negatif ke tanah dan berhubungan dengan curah hujan konvektif.

Kilat merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari proses dinamika atmosfer terutama mikrofisika awan, sehingga dapat dijadikan sebagai bagian karakteristik maupun identifikasi kondisi cuaca. Pemahaman karakteristik kilat pada awan guruh akan memberikan gambaran struktur maupun perkembangan awan sehingga dapat membantu dalam melakukan analisis cuaca ekstrim yang menyertai.

2 DATA DAN METODE ANALISIS

2.1 Data

Penelitian dilakukan di wilayah Bandung yang berada pada 6,55° LS dan 107,36° BT dan sekitarnya. Data yang digunakan meliputi data kilat *near real time* selama 1 tahun (2009) dengan resolusi 15 menit-an menggunakan "*Lightning Detector*" yang terpasang di Stasiun Geofisika Bandung, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Data tersebut selanjutnya diekstrak menjadi parameter CG baik CG+ maupun CG-. Data sekunder lain yang digunakan adalah data curah hujan dari *Helman rain gauge* dengan resolusi temporal 10 menit-an. Untuk menghindari *noise*, data kilat dibatasi dalam radius sekitar 10 km sekitar Bandung.



Gambar 2-1: Lokasi *Lightning Detector* ditandai dengan*

2.2 Metode Analisis

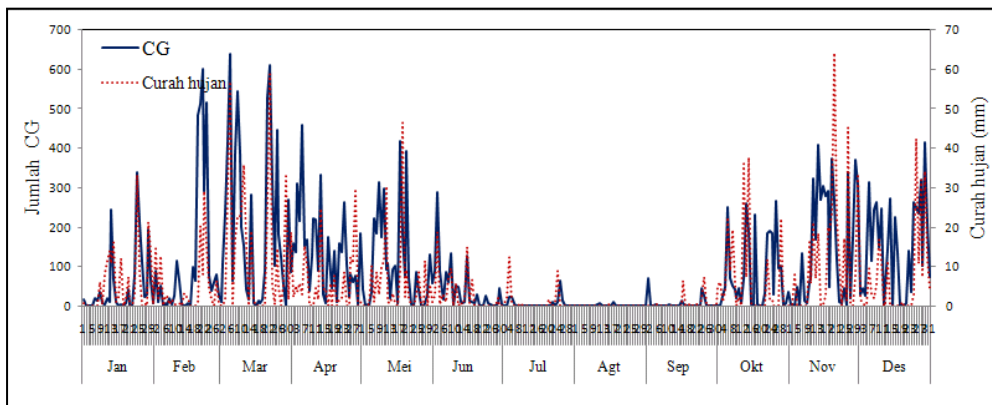
Kilat/petir dianalisis menggunakan *Lightning detector* yang merupakan alat pendeteksi kilat yang dihasilkan oleh awan guruh (thunderstorm). Ada tiga tipe utama *Lightning Detector* yaitu: *ground-based systems* menggunakan beberapa antena; *mobile systems* menggunakan sebuah antena (kebanyakan terpasang di pesawat) dan *space-based systems*. *Ground-based* dan *mobile detectors* menghitung arah dan kuatnya kilat dari suatu lokasi menggunakan teknik *radio direction finding*. Bersamaan dengan itu dilakukan analisis terhadap karakteristik frekuensi yang diemisikan oleh kilat. *Ground-based system* menggunakan *triangulation* dari berbagai lokasi (multiple location) untuk menentukan jarak, sementara *mobile systems* mengestimasi jarak menggunakan sinyal frekuensi dan atenuasi. *Space-based lightning detectors* merupakan *onartificial* satelit yang dapat menentukan jarak, sudut dan intensitas dengan observasi langsung.

Kilat dideteksi menggunakan *Boltek Storm Tracker Lightning Detector* yang terdiri atas antena dan dihubungkan dengan PCI card yang terinstal dengan personal komputer. *Storm Tracker* mendeteksi sinyal radio frekuensi rendah (*low frequency*) yang dihasilkan oleh luahan kilat dan menggunakan *Direction Finding* antena untuk menentukan arah darimana kilat datang. Setiap antena memiliki radius jangkauan potensial dengan radius sekitar 540 km (~300 mil).

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

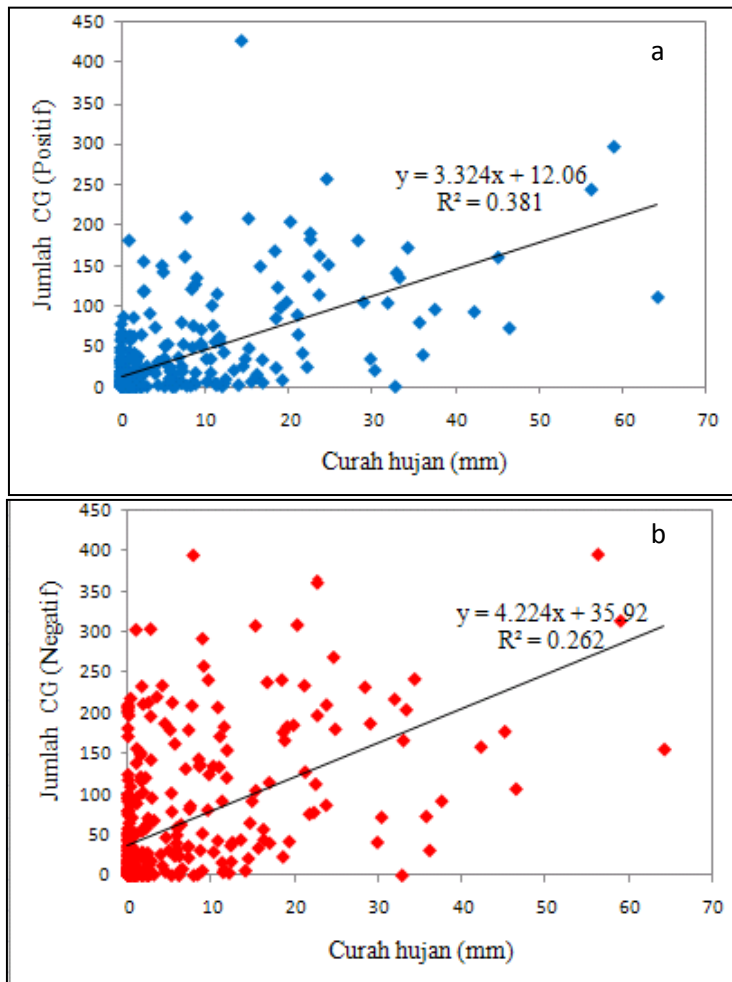
Gambar 3-1 memperlihatkan pola harian CG total dan curah hujan sepanjang tahun 2009 dimana baik CG total maupun curah hujan menunjukkan pola yang hampir sama. Peningkatan jumlah CG total diikuti dengan peningkatan curah hujan (mm) secara signifikan, begitu juga sebaiknya penurunan jumlah CG juga diikuti dengan penurunan jumlah curah hujan.

Kuatnya hubungan antara parameter kilat dan curah hujan harian sepanjang tahun 2009 dipertegas dalam Gambar 3-2a yang merupakan scatter *plot* antara CG+ dan curah hujan; kemudian Gambar 3-2b yang merupakan scatter *plot* antara CG- dan curah hujan; serta Gambar 3-3 yang merupakan scatter *plot* antara CG total dan curah hujan.

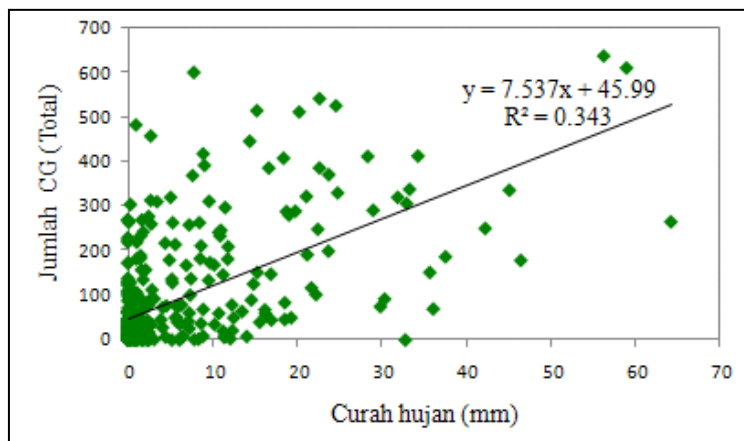


Gambar 3-1: Pola harian CG dan curah hujan sepanjang tahun 2009

Parameter kilat memiliki korelasi terhadap curah hujan dengan $r = 0,62$ untuk parameter CG+; $r = 0,51$ untuk parameter CG-; serta $r = 0,59$ untuk total parameter CG. Dalam Septiadi et al. (2010), CG dapat merepresentasikan tiga taraf pertumbuhan awan guruh yaitu *Cumulus*, *Mature* dan *Dissipasi*. Taraf *cumulus* ditandai dengan frekuensi CG yang minim, sejalan dengan dominasi proses konveksi oleh *updraft*. Dalam kondisi atmosfer yang semakin labil dengan *updraft* dan *downdraft* cenderung berimbang, proses tumbukan dalam awan semakin kuat sehingga akan memicu terjadinya peningkatan CG secara cepat sebagai representasi awan yang matang (*mature*) dan tak jarang disertai dengan curah hujan yang lebat/sangat lebat. Proses elektrifikasi awan mencapai kondisi jenuh ketika temperatur parcel udara telah mencapai level temperatur lingkungan yang ditandai melemahnya *updraft* dan dominasi *downdraft* sehingga terjadi penurunan kuantitas kejadian CG, karena itu CG sangat potensial dipertimbangkan sebagai indikator dinamika atmosfer.



Gambar 3-2a: Scatter plot antara CG+ dan curah hujan; 3-2b: Scatter plot antara CG- dan curah hujan



Gambar 3-3: Scatter plot antara CG total dan curah hujan sepanjang tahun 2009

Berdasarkan komposit variasi musiman antara CG dan curah hujan untuk wilayah Bandung sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 3-1, puncak luah listrik ataupun kejadian kilat terjadi pada *MAM* (Maret-April-Mei) dengan persentase kejadian $CG^+ = 16,3\%$; $CG^- = 27,3\%$; $CG\ total = 43,6\%$; serta persentase curah hujan = $43,5\%$. *MAM* merupakan fase transisi melemahnya Monsun Asia. Matahari berada di sekitar ekuator namun labilitas wilayah Bandung dengan efek orografinya meningkat secara tajam sehingga memungkinkan terjadinya curahan yang besar.

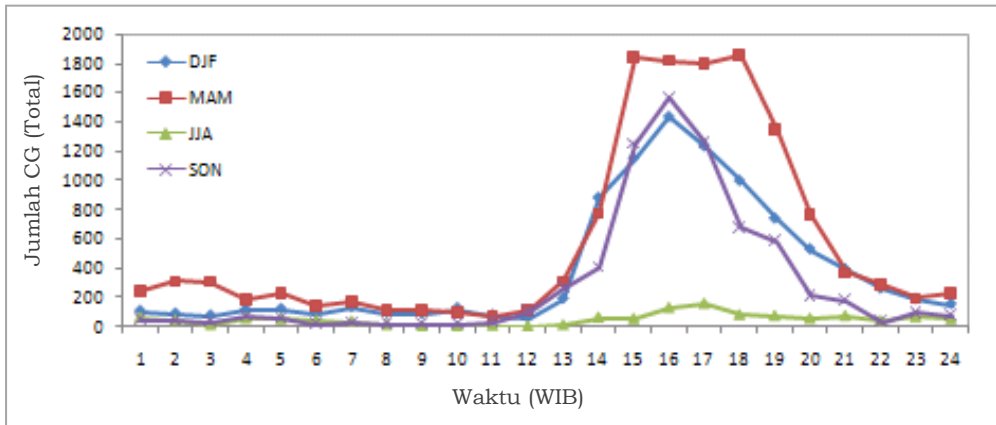
Sementara itu pada *JJA* (Juni-Juli-Agustus) merupakan kondisi terlemah frekuensi kejadian CG maupun curah hujan dengan persentase $CG^+ = 1,3\%$; $CG^- = 2,7\%$; $CG\ total = 4,0\%$; serta persentase curah hujan = $4,8\%$. Suplai massa udara lembab sangat minim, tidak ada aliran massa udara lembab ke atas akibat fluks radiasi yang minim. Meskipun terjadi pertumbuhan awan namun tidak sampai pada fase matang (*mature*).

Tabel 3-1: PERSENTASE KEJADIAN CG (+/-) DAN CURAH HUJAN

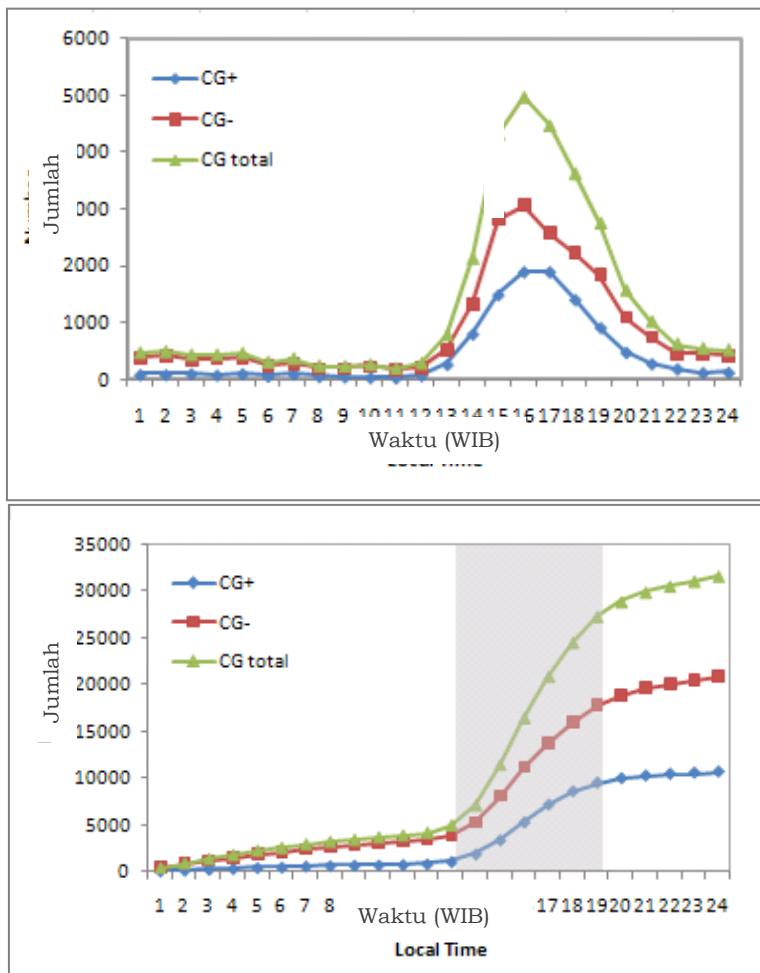
Parameter	Jenis	Musim			
		DJF	MAM	JJA	SON
CG (%)	+	8,8	16,3	1,3	7,5
	-	20,9	27,3	2,7	15,2
	total	29,6	43,6	4,0	22,8
Curah hujan (%)		24,7	43,5	4,8	27,0

Komposit harian (24 jam) parameter kilat sepanjang musim diperlihatkan dalam Gambar 3-4. Pada *DJF* puncak CG terjadi pada pukul 16.00 WIB, sementara itu pada *MAM* puncak CG terjadi pada pukul 15.00-18.00 WIB. Pada *JJA* puncak CG terjadi pada pukul 17.00 WIB kemudian pada *SON* puncak CG terjadi pada pukul 16.00 WIB.

Sementara itu jika dilihat sepanjang tahun 2009 terlihat dominasi CG^- dibandingkan CG^+ dengan puncak CG terjadi antara pukul 15.00-17.00 WIB sebagaimana nampak pada Gambar 3-5a. Untuk memperjelas analisis pertumbuhan awan pada fase matang menggunakan parameter CG maka dibuat grafik kumulatif harian (24 jam) sepanjang tahun 2009 sebagaimana terlihat pada Gambar 3-5b. Terjadi peningkatan jumlah CG secara signifikan di atas pukul 13.00 WIB yang mengindikasikan awal fase matang (*mature*) pada awan dan berlangsung hingga 6 jam (pukul 19.00 WIB). Lamanya fase matang sampai dengan proses terdispasinya awan (lenyap) menunjukkan kuatnya konvektivitas yang terjadi.



Gambar 3-4: Komposit harian CG sepanjang musim tahun 2009



Gambar 3-5a: Komposit harian (24 jam) sepanjang tahun 2009; 3-5b: Fase matang (kotak gelap) berdasarkan analisis parameter kilat

4 KESIMPULAN

Sepanjang tahun 2009 pola CG harian menunjukkan korelasi yang relatif signifikan dengan curah hujan ($r = 0,62$ untuk CG+; $r = 0,51$ untuk CG- serta $r = 0,59$ untuk total CG). Pada analisis komposit, variasi musiman antara CG dan curah hujan memperlihatkan puncak terjadi pada MAM dengan persentase CG+ =16,3%; CG- =27,3%; CG total = 43,6%; serta persentase curah hujan = 43,5%. Sementara itu JJA merupakan kondisi terlemah frekuensi CG maupun curah hujan dengan persentase CG+ =1,3%; CG- =2,7%; CG total =4,0%; serta persentase curah hujan = 4,8%. Sepanjang tahun 2009 terlihat dominasi CG- dibandingkan CG+ dengan puncak CG terjadi antara pukul 15.00-17.00 WIB. Analisis taraf *mature* (matang) terjadi di atas pukul 13.00 WIB dan dapat berlangsung hingga 6 jam. Berdasarkan analisis tersebut, maka parameter CG sangat potensial digunakan sebagai *indikator* maupun *prediktor* curah hujan di wilayah Bandung dan sekitarnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Buechler, D. E., dan S. J. Goodman, 1990. *Echo size and asymmetry: Impact on NEXRAD storm identification*. Preprint, *Space Science Laboratory Preprint Series*, No. 90-108, Huntsville, AL, NASA/George C. Marshall Space Flight Center, Hal.1–28.
- Carey, L.A. dan Rutledge, S.A., 1998. *Electrical And Multiparameter Radar Observations Of A Severe Hailstorm*. *J. Geophys. Res.*, 103 (D12), Hal.13979-14000.
- Hidayat, S. dan Zoro, R., 2001. *Variation of Lightning Characteristics on Java Island 1996-2000*, Observed by LPATS Network, *Teknik Elektro Vol. 7, No. 1*, Hal. 13-18.
- Hidayat, S., 1991. *Penentuan Harga Puncak Waktu Dahi Gelombang Arus Petir Dari Pengukuran Medan Elektrik Jarak Jauh*, Tesis Magister, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Kyle, C.W., Rutledge, S.A. dan Tessendorf, S.A., 2005. *The 29 June 2000 Supercell Observed During STEPS. Part II: Lightning and Charge Structure*. *J. Atmos. Res.*, 62(12), Hal. 4151-4177.
- Lopez, R. E., W. D. Otto, R. Ortiz, dan R. L. Holle, 1990. *The Lightning Activity of Convective Cloud Systems in Northeastern Colorado*. Preprints, *18th Conf. on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology*, Orlando, FL, AMS, 727–731.
- Marshall, J. S., dan S. Radhakant, 1978. *Radar Precipitation Maps as Lightning Indicators*. *J. Appl. Meteor.*, 17, Hal. 206–212.

- Pabla, A.S., 1981. *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Piepgrass, M. V., dan E. P. Krider, 1982. *Lightning and Surface Rainfall During Florida Thunderstorms*. *J. Geophys. Res.*, 87, Hal. 193–201.
- Price, C. dan Murphy, B., 2002. *Lightning Activity During The 1999 Superior Derecho*. *Geophys. Res.Lett.* 29(23), 57.1-57.4.
- Price, C., 2008. *Lightning Sensors For Observing, Tracking and Nowcasting Severe Weather*, *Sensors* 2008, 8, 157-170, Department of Geophysics and Planetary Sciences, Tel Aviv University, 69978 Israel.
- Septiadi, D., Safwan, H. dan Bayong, T.H.K., 2010. *The Simulation of Weather Early Warning System Using Lightning Data in Anticipating of Extreme Weather Event in Bandung*, Proceedings ISBN : 979-978-3456-68-5 at 5th Kentingan Physics and Its Applications, Environmentally Friendly Technology and Disaster, pp. 235-238.
- Shackford, C. R., (1960) : *Radar Indications of a Precipitation–Lightning Relationship in New England Thunderstorms*. *J. Meteor.*,17, Hal. 15–19.
- Soula, S., Seity, Y., Feral, L. dan Sauvageot, H., 2004. *Cloud-to-Ground Lightning Activity in Hail-Bearing Storms*. *J. Geophys. Res.*, 109 D02101, doi:10.1029/2003JD003669.
- Tapia, A. dan Smith A.J., 1997. *Estimation of Convective Rainfall from Lightning Observations*, American Meteorology Society, Hal. 1497-1509.
- Uman, M. A., 1987. *The Lightning Discharge*. Academic Press, Hal. 377.
- Williams, E.R., 2001. *The Electrification of Severe Storms*. Severe Convective Storms, C.A. Doswell,III, Ed., Amer. Met. Soc., Meteorological Monograph Series, 27 (49), Hal. 570.
- Zajac, B.A. dan Weaver, J.F., 2002. *Lightning Meteorology I: An Introductory Course on Forecasting with Lightning Data*, Cooperative Institute for Research in the Atmosphere, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Zoro, R., 1999. *Karakteristik Petir dan Elemen Cuaca Daerah Tropis, Kasus di Gunung. Tangkuban Perahu*, Disertasi, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.