



Identifikasi Fenomena Squall Line Menggunakan Radar Cuaca EEC Pontianak (Studi Kasus Tanggal 5-6 Mei 2019)

I Made Kembar Tirtanegara^{1*}, Arsyil Majiid Dida Himawan, Ulifa Harisiwi, Novita Sari, dan Imma Redha Nugraheni

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Jl. Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Bintaro, Kec. Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten 15221

*Email : kembartirtanegara@gmail.com

Intisari - Fenomena *Squall line* merupakan fenomena *Mesoscale Convective System* (MCS) yang berbentuk linier dengan panjang lebih dari 250 km. Fenomena ini jarang terjadi di Indonesia dan dapat dideteksi dengan menggunakan Radar Cuaca. Pada tanggal 5-6 Mei 2019 Radar EEC di Pontianak, Kalimantan Barat menunjukkan citra barisan awan yang diidentifikasi sebagai *squall line* mulai tanggal 5 Mei jam 23.05 UTC sampai tanggal 6 Mei jam 04.37 UTC. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis fenomena *Squall line* yang terjadi di Kalimantan Barat tepatnya di wilayah cakupan radar cuaca Pontianak dengan menggunakan sistem penginderaan jauh yaitu radar cuaca. Metode dalam penelitian ini yaitu menggunakan analisa deskriptif pada produk radar seperti CMAX, SWI, VSHEAR, HWIND dan juga data dukung sounding dan data observasi udara permukaan untuk menentukan tipe pembentukan *Squall line*, profil vertical wind shear dan dampak cuaca permukaan. Hasil penelitian menunjukkan tipe pembentukan *squall line* yaitu *Broken Line*. Untuk kondisi udara atas pada jam 00.00 UTC mendukung terjadinya cuaca buruk. *Vertical wind shear* berkisar 3-5 m/s/km, terjadi perubahan angin berkisar 2-8 knot saat terjadi *squall line* dan berdampak hujan ringan.

Kata kunci: Identifikasi, Radar cuaca, Squall line

Abstract - Squall line phenomenon is a Mesoscale Convective System (MCS) phenomenon that is linear in form with a length of more than 250 km. This phenomenon is rare in Indonesia and can be detected using Weather Radar. On 5-6 May 2019, the EEC Radar in Pontianak, West Kalimantan, showed an image of a cloud line identified as a squall line starting from May 5 at 23.05 UTC to May 6 at 04.37 UTC. This research was conducted to identify and analyze Squall line phenomena that occur in West Kalimantan precisely in the Pontianak weather radar coverage area by using a remote sensing system, namely the weather radar. The method in this research is to use descriptive analysis on radar products such as CMAX, SWI, VSHEAR, HWIND as well as sound support data and surface air observation data to determine the Squall line formation type, vertical wind shear profile and surface weather impacts. The results showed the type of squall line formation is Broken Line. For upper air conditions at 00:00 UTC supports the occurrence of bad weather. Vertical wind shear ranges from 3-5 m / s / km, changes in wind range from 2-8 knots during the squall line and have a slight rain impact.

Key words : identification, Weather radar, Squall line

I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk dalam kategori wilayah tropis yang mempunyai karakteristik cuaca yang unik dibandingkan dengan cuaca di sekitar subtropis maupun kutub (Zakir dkk, 2010) [1]. Berdasarkan penelitian Maddox (1980) [2], salah satu sistem cuaca konvektif yang berpotensi menghasilkan hujan lebat dan mengakibatkan kerusakan adalah fenomena sistem konvektif skala meso atau *Mesoscale Convective System* (MCS). Menurut Maddox fenomena *Tropical Squall* merupakan fenomena MCS yang berbentuk linier dengan panjang lebih dari 250 km yang tumbuh di daerah tropis, fenomena ini menarik untuk diamati karena dapat menimbulkan hujan lebat disertai angin kencang apabila melampaui batas normal.

Tropical squall line terdiri dari sederetan awan kumulonimbus yang terbentuk di tepi wilayah *downdraft* yang luas (Hamilton dan Archbold, 1945) Penelitian tentang struktur dan dinamika tropical squall diteliti oleh Houze

(1977) [4] yang menyatakan bahwa sistem *squall line* menampilkan pola aliran udara relatif yang serupa dalam karakteristik umumnya dengan pola aliran *squall line* yang dijelaskan sebelumnya oleh Hamilton dan Archbold (1945) [3]. Zipser (1977) [5] telah mengusulkan bahwa dua jenis *downdraft* yang berbeda menempati wilayah sistem garis-squall. Penelitian lebih lanjut tentang sistem squall diteliti oleh Blustein (1985) [6], Blustein (1985) [6] menyatakan ada empat klasifikasi pembentukan squall line: broken line squall lines, back-building squall lines, broken-areal squall lines, embedded-areal squall lines.

Penelitian *Squall line* juga dilakukan oleh Desinigraha dan Zulkarnain. (2016) [7] untuk mengetahui pola echo presipitasi yang terlihat pada pengamatan radar cuaca terhadap pembentukan fenomena *Squall line* di Pekanbaru sekaligus melihat bagaimana struktur sistem *Squall line* secara vertikal. Penelitian *squall line* berbasis satelit dan radar cuaca pernah dilakukan oleh Dewita dkk (2015) [8] dan

Hidayat dkk (2019) [9] yang menunjukkan bahwa radar cuaca mampu mendeteksi fenomena *squall line* dengan baik. Menurut Kusumo dkk, (2007) [10] berdasarkan penelitiannya menyatakan bahwa keberadaan squall line sangat berbahaya untuk penerbangan karena terdapat wind shear yang kuat di dalam awan. Di wilayah tropis, terutama di Indonesia, studi mengenai *Squall line* masih sedikit, sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut guna mengetahui bagaimana karakteristik dan siklus hidup Squall line di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis fenomena *Squall line* yang terjadi di Kalimantan Barat tepatnya di wilayah cakupan radar cuaca Pontianak dengan menggunakan sistem penginderaan jauh yaitu radar cuaca dengan memanfaat beberapa produk radar dengan tujuan untuk mengetahui keberadaan objek dan mengukur nilai *Reflektivitas*, *Velocity*, dan *Spectral Width*. Selain itu sebagai data dukung dalam penelitian ini penulis memanfaatkan data udara atas (sounding) dan data udara permukaan (synoptik) berupa data AWS/ARG. Diharapkan penelitian ini bisa meningkatkan pemahaman tentang fenomena *squall line* dan kualitas prakiraan cuaca dalam memberikan peringatan dini terkait fenomena *Squall line*.

II. DATA DAN METODE PENELITIAN

a) Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi penelitian ini merupakan wilayah cakupan operasional Radar Cuaca Pontianak dengan radius 150 km yang merupakan radar doppler tipe C-Band merk Gematronik yang terletak -0.146° LS 109.404° BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Pontianak Kalimantan Barat

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data observasi udara permukaan (synop), berupa data AWS (Automatic Weather Station) dan ARG (Automatic Rain Gauges) yang diambil pada tanggal

6 Mei 2019. Data AWS dan ARG diambil dari beberapa titik yaitu sebagai berikut :

- ARG Sei Paduan
 - AWS Mempawah Hilir
 - ARG Singkawang
 - ARG Sanggau Ledo
 - AWS Maritim Pontianak
 - ARG DinPer TPH KalBar
 - ARG Sungai Kakap
 - AWS SMPK Anjungan
 - AWS Digi Stamet Ketapang
 - AWS Stamet Paloh
 - AAWS Kendawangan Ketapang
 - AWS Stamet Supadio
 - AWS SMPK Semelagi
 - ARG BPTP KalBar
2. Data observasi udara atas pada tanggal 6 Mei 2019 jam 00.00 UTC dan 12.00 UTC yang di peroleh dari <http://weather.uwyo.edu/upperair/>
 3. Raw data Radar Cuaca Pontianak, tiap 10 menit pada tanggal 5 – 6 Mei 2019 dengan format volumetrik (.vol) diperoleh dari Sub Bidang Pengelolaan Citra Radar Cuaca Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

b) Metode Penelitian

Data synoptik dalam studi kasus *Squall Line* ini diolah menggunakan Microsoft Excel 2013, kemudian disajikan dalam bentuk grafik yang kemudian akan dianalisis. Data synoptik berupa data AWS yang digunakan untuk mengetahui arah kecepatan angin dan data ARG yang digunakan untuk mengetahui intensitas curah hujan. Data sounding yang yang diperoleh berupa grafik Skew-T digunakan untuk memprediksi dan menganalisis pertumbuhan awan konvektif melalui indeks labilitas udara.

Dalam studi kasus *Tropical Squall* ini data radar diolah menggunakan software Rainbow 5.49. agar menghasilkan produk CMAX guna menampilkan nilai echo maksimum yang didapatkan pengamatan radar pada suatu kolom yang dapat menggambarkan pola *squall line*, produk Hwind sebagai turunan dari produk velocity yang dapat memberikan gambaran umum arah dan kecepatan massa udara, produk VSHEAR yang merupakan produk nilai shear dari dua lapisan ketinggian. Selanjutnya produk SWI (*Severe Weather Indicator*), untuk menganalisa data *reflektivity*, *velocity* dan *spectral width* untuk menganalisa data volume radar untuk mendeteksi pusat badai, divergensi, serta microburst.

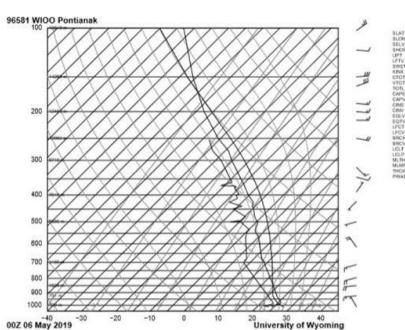
Tabel 1. Konfigurasi Produk Radar

Pengaturan	Produk Radar		
	CMAX	SWI	VSHEDAR
Range	150 Km	-	100 Km
Size	800 Pixel	800 Pixel	800 Pixel
Bottom	0.3 Km	-	1.5
Top	15 Km	-	3.1
Min	-	20 dBz	-
Reflectivity	-	45 dBz	-
Min Core	-	45 dBz	-
Reflectivity	-	45 dBz	-

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Udara Atas

Williams dan Renno (1993) [11] dalam analisis ketidakstabilan bersyarat dari Atmosfer Tropis menyatakan bahwa indeks stabilitas atmosfer sangat berpengaruh dalam curah hujan terisolasi dari aktivitas konvektif mesoscale. Berdasarkan pengamatan udara atas pada tanggal 6 Mei 2019 pada jam 00.00 UTC Total Total Indeks pada jam 00.00 UTC sebesar 42.80 menunjukkan bahwa tidak adanya aktifitas konvektif. Nilai Lifted Indeks sebesar -2.82 menunjukkan kondisi atmosfer yang cenderung basah sehingga sehingga memungkinkan terjadinya *thunderstorm*. Nilai K Indeks sebesar 32.10 menunjukkan bahwa potensi terjadinya *thunderstorm* berkisar antara 60-80%. Nilai SWEAT indeks pada jam 00.00 UTC sebesar 226.59 menunjukkan bahwa potensi terjadinya thunderstorm tidak terlalu kuat. Dan nilai CAPE pada jam 00.00 UTC sebesar 1295.63 menunjukkan bahwa potensi terjadinya thunderstorm cukup besar.

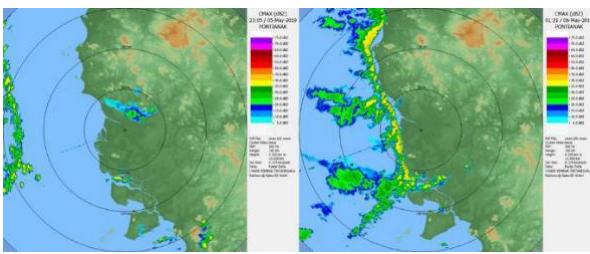


Gambar 2. Diagram Skew-T tanggal 6 Mei 2019 jam 00.00 UTC

Tabel 2. Indeks labilitas udara Tanggal 6 Mei 2019

No	Indeks	00.00 UTC
1	Total Total Indeks	42.80
2	Lifted Indeks	-2.82
3	K Indeks	32.10
4	SWEAT Indeks	226.59
5	CAPE	1295.63

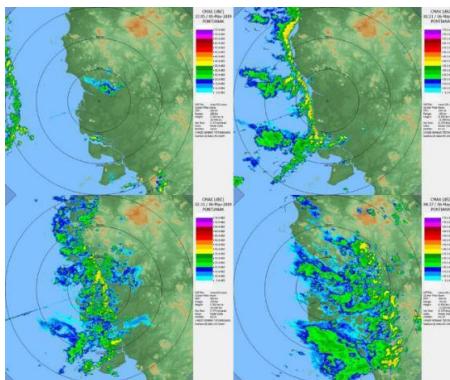
Analisis Tipe pembentukan Squall line



Gambar 3. CMAX pada saat fase *inisiasi* dan *matang*

Tipe pembentukan *Squall line* ditentukan berdasarkan penelitian Bluestain dan Jain (1985) [6] yang terdiri dari empat tipe, yaitu *broken line*, *back building*, *broken areal*, dan *embedded areal*. Berdasarkan gambar (CMAX) bisa ditentukan tipe pembentukan squall line, mulai dilihat dari fase inisiasi pada tanggal 5 Mei jam 23.05 UTC yang inti cell meyebar namun masih membentuk garis dan pada fase matang pada tanggal 6 Mei jam 01.21 UTC inti sel *squall line* merapat dan membentuk pola garis linier. Berdasarkan analisa tersebut bisa dinyatakan squall line pada kasus ini terbentuk dengan tipe *broken line*.

Analisis Wind Radar



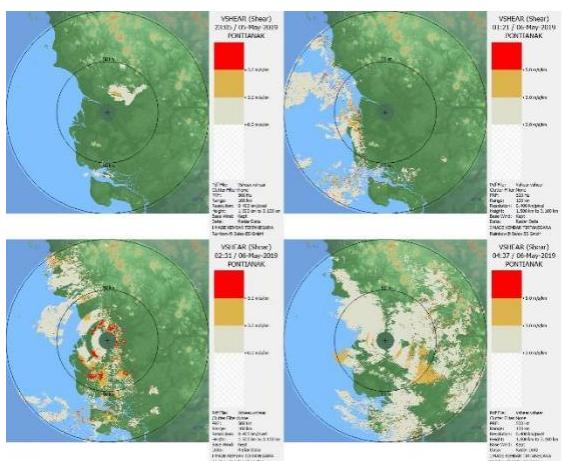
Gambar 4. Overlay Produk CMAX (dBZ) dan HWIND

Squall line memiliki beberapa dampak termasuk angin kencang (Practical Meteorology, 2013) [12]. Pada (Gambar 4) menggambarkan kondisi angin 0.5 km menggunakan Radar. Angin dominan berhempas kearah timur yang mana sesuai dengan arah pergerakan squall line. Berdasarkan gambar tersebut kondisi angin 0.5 km pada fase inisiasi tanggal 5 Mei jam 23.05 UTC berkisar 10-20 m/s dan pada fase matang tanggal 6 jam 01.21 UTC kecepatan angin berkisar 10-27 m/s. Pada fase luruh kecepatan angin berkisar 10-25 m/s. Dilihat dari pola persebaran angin secara spasial, angin dengan kecepatan tinggi diatas 25 m/s berada pada daerah reflektivitas tinggi.

Analisis Vertikal Wind Shear Radar

Wind shear menjadi faktor penting dalam pembentukan squall line, dimana fenomena *squall line*

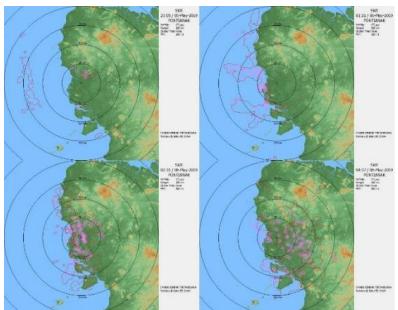
menurut (Houze, 1977) [4] ditandai dengan adanya shear angin yang kuat.



Gambar 5. Produk VSHEAR

Menurut COMET (2004) [13], squall line terjadi pada atmosfer yang tidak stabil dan dipengaruhi adanya profil geser angin vertikal (*vertical wind shear*). Chaudhari (2010) [14] mengkategorikan geser angin vertikal pada kejadian Thunderstorm menjadi rendah $<0,003 \text{ S}^{-1}$, sedang $0,003 \text{ S}^{-1} \leq \text{geser angin vertikal} \leq 0,005 \text{ S}^{-1}$ dan kuat $> 0,005 \text{ S}^{-1}$. (**Gambar 5**) menunjukkan produk VSHEAR pada kejadian squall line mulai fase inisiasi sampai punah. Pada fase matang jam 01.21 UTC *vertical wind shear* di depan squall memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan di wilayah belakang arah perambatan atau wilayah statiform. Daerah dengan refelktivitas tinggi memiliki shear vertikal kuat nilai pada saat fase matang bisa masuk kategori sedang sampai kuat $> 0,005 \text{ S}^{-1}$, sementara saat memasuki fase peluruhan jam 04.37 UTC *vertical wind shear* mengalami pelemahan dengan pola tidak membentuk garis.

Analisis Severe Weather Indicator (SWI)



Gambar 6. Produk SWI

Tabel 2. Parameter Severe Weather Indicator

FASE	INISIAS I	MATAN G	PUNA H
------	--------------	------------	-----------

TINGGI MIN (KM)	3.13	0.45	0.43
TINGGI MAX (KM)	7.11	14.59	10.64
REFLEKTIVITAS MAX (DBZ)	38.0	51.5	49.5
KECEPATAN MAX (M/S)	18.2	23.7	23.7
WIDTH MAX (M/S)	3.5	4.4	4.1
TINGGI REFLEKTIVITAS MAX (KM)	5.20	2.07	3.06
TINGGI KECEPATAN MAX (KM)	5.63	3.01	3.11

Berdasarkan (**Gambar 6**) terlihat banyaknya sistem konvergen dan divergen pada *squall line*. Pada fase matang panjang system squall line bisa mencapai 300 km dengan luasan 10239 km². Menurut Gamache (1981) [15] wilayah *squall-line* dicirikan oleh konvergensi lapisan batas mesoscale, yang memberi updraft konvektif yang dalam, dan divergensi tingkat menengah ke atas yang terkait dengan aliran keluar dari sel. Peran konvergensi dan divergensi cukup penting dalam pembentukan sistem *squall line*. Ketika level bawah di dominasi konvergensi, massa udara akan bertemu kemudian dipaksa naik ke atas sehingga menjadikan uap air yang melewati inti kondensasi berubah menjadi awan konvektif. Dari (**Tabel 2**) dan (**Gambar 6**) pada fase inisiasi system squall masih menyebar dan terputus dengan reflektivitas maksimum 38 dBZ. Pada fase matang reflektivitas maksimum bernilai 51.5 dBZ dan system squall line sudah terbentuk sempurna dengan ketinggian 2.07 km, sedangkan fase luruh system telah menyebar dan reflektivitas maksimum turun menjadi 49.5 dBZ.

Analisis Dampak Angin

Menurut Blustain (1985) [6] *squall line* merupakan daerah angin kencang yang berorientasi secara linear. Terlihat dari (**Gambar 7**) terjadi perubahan kecepatan angin yang cukup signifikan di hampir semua stasiun pengamatan sebesar 2 sampai 8 knot yang terjadi antara jam 02.00 sampai 03.00 UTC. Dan mengalami penurunan pada jam 04.00 UTC. Hal itu sesuai jika dilihat dari pergerakan *squall line* yang melewati AWS terkait pada sekitar jam 02.00 sampai 03.00 UTC.

UCAPAN TERIMA KASIH

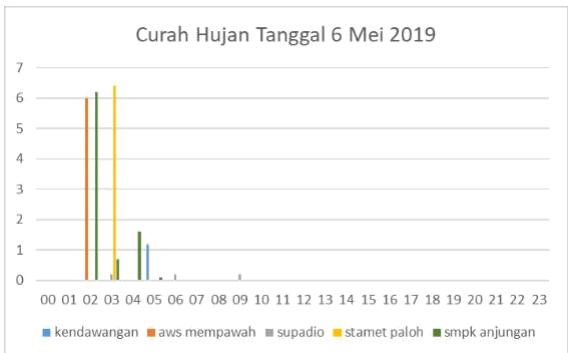
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika yang telah membantu menyediakan data radar cuaca dan data dukung lainnya, serta semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA



Gambar 7. Angin Permukaan

Analisis Curah Hujan



Gambar 8. Grafik Curah Hujan (mm) Tanggal 6 Mei 2019

Berdasarkan grafik Curah Hujan (**Gambar 8**) menunjukkan bahwa pergerakan *squall line* melewati Wilayah AWS Smpk Anjungan dan AWS Mempawah pada jam 02.00 UTC hal ini ditunjukan dengan nilai curah hujan sebesar 6 mm sampai 6.2 mm dan melewati Stasiun Meteorologi Paloh pada jam 03.00 UTC dengan nilai curah hujan tertinggi sebesar 6.4 mm. Kemudian pergerakan *squall line* melewati wilayah AWS Samelagi pada jam 02.00 UTC dengan nilai curah hujan sebesar 7.1 mm dan melewati wilayah ARG Bptp Kalbar pada jam 04.00 UTC hal ini ditunjukan dengan nilai curah hujan sebesar 10.6 mm.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, tipe pembentukan *squall line* yaitu *broken line*. Panjang squall line sekitar 300 km dan luasan 10239 km² dengan waktu hidup mencapai 5 jam 42 menit. Pada analisa profil angin radar menyatakan pada fase matang angin pada ketinggian 0.5 km sangat kuat bisa mencapai 27 m/s. Analisa *vertical wind shear* dengan intensitas sedang dengan nilai 3-5 m/s/km.

Untuk kondisi udara atas pada jam 00.00 UTC mendukung terjadinya cuaca buruk atau *thunderstorm*. Dampak cuaca yang ditimbulkan oleh *squall line* di wilayah Kalimantan barat tidak terlalu signifikan, hanya hujan ringan 10 mm dan perubahan angin secara mendadak sebesar 8 knot

- [1] Zakir, A., Sulistya, W., & Khotimah, M. K. (2010). *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. BMKG.Jakarta
- [2] Maddox, R. A. (1980). Mesoscale Convective Complexes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 61(11), 1374–1387.
- [3] Hamilton, R. A., and J. W. Archbold, 1945: Meteorology Of Nigeria and adjacent territory. Quart. J. Roy. Meteorology Society, 71, 231-262.
- [4] Houze, A.R., (1977). Structure and Dynamic of a Tropical Squall Line System. *Monthly Weather Review*, 61, 1540–1576.
- [5] Zipser, E. J. (1977). Mesoscale and convective-scale downdrafts as distinct components of squall-line circulation. *Monthly Weather Review*, 105, 1568-1589.
- [6] Bluestein, H. B., & Jain, M. H., (1985), Formation of Mesoscale Lines of Precipitation: Severe Squall Lines in Oklahoma during the Spring. *Monthly Weather Review*, 42(16), 1711– 1732.
- [7] Desinigraha, I., & Zulkarnain. (2016). Identifikasi Squall Line Menggunakan Radar Cuaca EEC. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 1–8.
- [8] Dewita, A., Zulqisthi, H. T., & Dwicahyo, K. (2015). Identifikasi Squall Line Menggunakan Radar Gematronik Dan Satelit (Studi Kasus Lombok , 21 Pebruari 2015). *Prosiding Sinas Inderaja*, 290-298.
- [9] Hidayat, A. M., Efendi, U., Rahmadini, H. N., Nugraheni, I. R. (2019). The Characteristics of squall line over Indonesia and its vicinity based on Himawari-8 satellite imagery and radar data interpretation. *Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/17551315/303/1/012059
- [10] Kusumo, B. (2007). *Simulasi Fenomena Sumatera Squall Lines dengan Model WRF ARW* (Tesis). Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [11] Williams, E., and Renno, N, 1993: An Analysis of the Conditional Instability of the Tropical Atmosphere. *Monthly Weather Review*, 121, 21-37.
- [12] Roland S. (2006). *Practical Meteorology*. Canada, Vancouver : The University of British Columbia.
- [13] COMET Program. (2006). Severe Convection II: Mesoscale Convective System diperoleh dari <https://www.meted.ucar.edu/mesoprim/severe/>
- [14] Gamache, J. F. & Houze, R. A. Jr., (1981) Mesoscale air motion accociated with a tropical squall line. *Monthly Weather Review*, 110, 118-135.



- [15] Chaudhari, H. S., Sawaisarje, G. K., Ranalkar, M. R., & Sen, P. N. (2010). Thunderstorms over a tropical Indian station, Minicoy: Role of vertical wind shear. *Journal of Earth System Science*, 119(5), 603–615.
<https://doi.org/10.1007/s12040-010-0044-3>