

Karakteristik *Quasi-Linear Convective System* Menggunakan Radar Cuaca di Pontianak Tahun 2019

Aditya Mulya^{1,*}, Rezky Fajar Maulana²

¹Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl Perhubungan I No. 5 Komplek Meteo, Pondok Betung, Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15421, Indonesia

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Kelas III Kalimantan Berau, Bandara Kalimantan, Jl. Kalimantan, Teluk Bayur, Berau, Kalimantan Timur, 77315, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 29 November 2021
Direvisi: 27 Desember 2021
Diterima: 10 Januari 2022

Kata kunci:

QLCS
Radar Cuaca
Karakteristik
Fase

Keywords:

QLCS
Weather radar
Characteristics
Phase

Penulis Korespondensi:

Aditya Mulya
Email: aditya.mulya@stmkg.ac.id

ABSTRAK

Quasi-Linear Convective System (QLCS) merupakan salah satu sistem konvektif bertipe *linear* yang dapat menyebabkan terjadinya cuaca ekstrem. Penelitian ini mengambil kasus QLCS yang terjadi selama tahun 2019 di Pontianak dengan memanfaatkan pengamatan berbasis radar cuaca C-Band dalam radius 150 km untuk menganalisis karakteristik QLCS. Karakteristik QLCS yang dianalisis berupa sebaran temporal dan spasial, tipe pembentukan, profil propagasi sistem, serta *vertical wind shear* lapisan bawah. Hasil dari penelitian menunjukkan terdapat 16 QLCS yang terjadi di Pontianak selama tahun 2019. Dari fase inisiasi, matang, hingga disipasi, sebagian besar QLCS mampu bertahan hingga 30–60 menit dan 60–90 menit serta lebih banyak terjadi pada siang hari di wilayah *coastal plain* dikarenakan sifat daratan yang lebih cepat menyerap panas dibandingkan lautan. Proses pembentukan QLCS lebih sering terjadi dengan tipe *broken line* dan *broken areal*. Arah propagasi QLCS cenderung ke arah barat dengan kecepatan yang dominan pada kategori *fast moving* (> 7 m/s) serta nilai *vertical wind shear* pada lapisan bawah lebih dari 5 m/s/km (*strong*) dari fase inisiasi, matang, hingga disipasi karena pengaruh angin darat dan angin laut serta pemanasan matahari yang kuat di wilayah ekuator.

Quasi-Linear Convective System (QLCS) is linear type convective system that can cause extreme weather. This study takes the case of QLCS that occurred during 2019 in Pontianak by utilizing C-Band weather radar-based observations within a 150 km radius to analyze the characteristics of QLCS. The analyzed characteristics of QLCS are temporal, spatial distribution, formation type, system propagation profile, and low-level vertical wind shear. The results of this study indicate that there were 16 QLCS occurring in the Pontianak during 2019. From the initiation phases, maturation, dissipation, most of the QLCS are able last up to 30–60 minutes and 60–90 minutes and occurred more during the day in the coastal plain area due to the characteristic of the land which absorbs heat faster than the ocean. he process of forming QLCS commonly occurred with broken line and broken areal types. Propagation direction of QLCS tends to the west with the dominant speed in the fast-moving category (> 7 m/s) and the vertical wind shear value in the low-level more than 5 m/s/km (strong) from the initiation phase, to maturation, to dissipation due to the effect of land and sea breezes and strong solar heating in the equatorial region.

Copyright © 2021 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Sistem konvektif skala *meso* atau *Mesoscale Convective System* (MCS) merupakan kumpulan awan *cumulonimbus* (Cb) yang menghasilkan area presipitasi yang berdekatan ~100 km atau lebih pada skala horizontal setidaknya dalam satu arah (Houze, 2014). (Maddox, 1980) mengklasifikasikan sistem konvektif skala *meso* pada skala *meso- α* menjadi dua, yaitu tipe linear dan tipe sirkular berdasarkan karakteristik fisik, bentuk, dan lokasi kejadiannya. Pada wilayah tropis, sistem konvektif skala *meso* dengan tipe linear berupa *tropical squall* dan tipe sirkular berupa *cloud cluster*, *tropical storm/cyclone*, serta *mesoscale convective complex* (MCC). Sistem konvektif skala *meso* pada skala *meso- α* ini dapat hidup > 6 jam dengan panjang skala 250–2500 km.

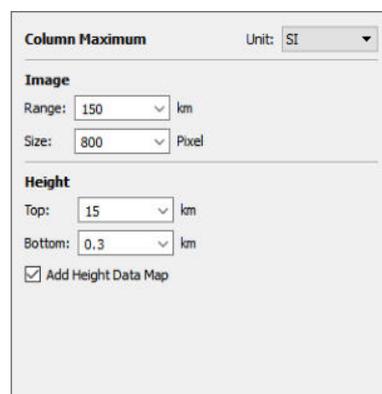
Penelitian sistem konvektif skala *meso* juga dilakukan oleh Lombardo and Colle (2010) yang mengidentifikasi struktur konvektif berdasarkan citra radar cuaca *Weather Services International* (WSI) *National Operational Weather Radar* (NOWRad) di wilayah Amerika Serikat bagian timur laut. Dalam mengidentifikasi sistem konvektif linear, Lombardo and Colle (2010) melihat sebaran temporal dan spasial dari sistem konvektif linear serta membaginya ke dalam empat wilayah, yaitu *upslope*, *high terrain*, *slope/coastal plain*, dan *coastal ocean*. Selain itu, sistem konvektif linear diberikan batasan nilai *reflectivity* (Z) ≥ 35 dBZ pada citra radar, perbandingan panjang dan lebar sistem, serta masa hidup sistem untuk mengetahui awan konvektifnya (Lombardo and Colle, 2010). Lombardo and Colle (2012) kemudian melakukan penelitian lebih lanjut tentang sistem konvektif linear tersebut dan menyebutnya dengan istilah *Quasi-Linear Convective System* (QLCS). QLCS termasuk ke dalam MCS yang menampilkan garis konvektif atau bagian garis yang panjangnya memiliki nilai lebih besar daripada lebarnya (Ashley et al., 2019). Kejadian sistem konvektif tipe linear yang terjadi di Indonesia dapat dikategorikan sebagai QLCS. Sistem konvektif tipe linear di Indonesia yang menemukan bahwa tidak ada satu pun sistem konvektif tipe linear yang masa hidupnya > 6 jam dari sembilan sistem konvektif tipe linear yang diamati.

QLCS menjadi salah satu penyebab terjadinya cuaca ekstrem, dimana 18% dari seluruh tornado yang terjadi di Amerika Serikat disebabkan oleh QLCS dalam kurun waktu 1998–2000 (Trapp et al., 2005). Grams et al., (2012) di dalam penelitiannya menyatakan bahwa QLCS menyebabkan tornado sebanyak 20% dari seluruh kejadian tornado di wilayah Amerika Serikat selama periode 2000–2008. QLCS juga banyak menyebabkan tornado, angin kencang, dan hujan es yang parah selama periode 1996–2017 di Amerika Serikat bagian tengah dan timur (Ashley et al., 2019). Berdasarkan beberapa penelitian, alat yang digunakan dalam identifikasi fenomena QLCS adalah radar cuaca. Radar cuaca merupakan salah satu instrumen yang efektif untuk pengamatan sistem awan dan presipitasi pada cakupan sistem konvektif skala *meso* (Houze, 2014). Penelitian QLCS dengan menggunakan radar cuaca juga dilakukan di wilayah Indonesia. Maulidiah et al., (2019) mengidentifikasi karakteristik QLCS di Pangkalan Bun, dimana hasil penelitian menunjukkan durasi pembentukan QLCS terbanyak terjadi dalam rentang 30-60 menit dengan lokasi pembentukan dominan pada *coastal plain* atau dataran rendah serta tipe pembentukan dominan *broken line*. Tipe *broken line* ditandai dengan terbentuknya pola garis dari sel awan yang terpisah-pisah namun berdekatan, setiap sel terbentuk dalam waktu yang relatif sama. Kemudian pola tersebut bertransformasi menjadi pola garis padat karena adanya perkembangan dari setiap sel awan dan pertumbuhan sel-sel awan baru di antara sel-sel awan yang lama (Bluestein and Jain, 1985). Ali et al., (2019) juga mengidentifikasi proses dinamika QLCS di Jawa Barat, hasilnya menunjukkan karakteristik QLCS sangat dipengaruhi oleh profil angin vertikal dan horizontal.

Penelitian QLCS di Indonesia perlu untuk dilakukan mengingat secara geografis terdiri dari berbagai kepulauan dan posisinya yang berada di ekuator menyebabkan kondisi iklim dan cuaca khususnya tipe curah hujan akibat sistem konvektif yang berbeda-beda (monsunal, ekuatorial, dan lokal). Salah satu daerah dengan tipe curah hujan ekuatorial adalah Pontianak. Lokasi Pontianak terletak di ekuator (0°) mengakibatkan penerimaan penyinaran matahari yang relatif lebih banyak. Hal ini mengakibatkan potensi pertumbuhan awan-awan konvektif cukup tinggi (Tjasyono, 2004). Pontianak yang berada di sebelah Timur Selat Karimata memungkinkan sebaran spasial QLCS seperti dataran tinggi atau *high terrain*, dataran rendah atau *coastal plain*, dan lautan atau *coastal ocean* dapat terbentuk. Sehingga penulis ingin mengetahui karakteristik QLCS di Pontianak yang merupakan daerah dengan pola curah hujan ekuatorial dengan menggunakan Radar Cuaca tipe C-Band merek EEC.

II. METODE

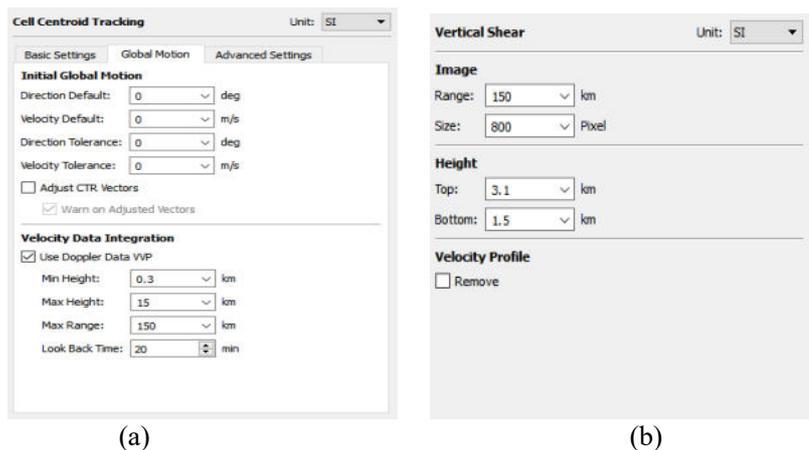
Penelitian ini berlokasi di Pontianak yang termasuk di dalam cakupan radar cuaca yaitu sejauh 150 km dari pusat radar. Jarak ini dianggap baik dalam pengamatan awan konvektif. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data Radar cuaca Pontianak tipe C-Band merek EEC dengan format volumetrik (.vol) selama tahun 2019. Tahun 2019 dipilih karena pada tahun tersebut terjadi bencana seperti banjir dan puting beliung di Pontianak. Data Radar diperoleh dari Sub Bidang Pengelolaan Citra Radar BMKG. Metode analisis deskriptif digunakan dalam penelitian untuk mendeskripsikan fenomena QLCS berdasarkan data Radar cuaca. Langkah awal, pengolahan dilakukan dengan mengkonversi *raw data* Radar cuaca Pontianak menjadi format (.hdf) menggunakan *software Edge*. *Raw data* radar kemudian dikonversi menjadi format (.vol) agar dapat dibaca oleh Aplikasi *Rainbow 5.49.13*. Selama tahun 2019 data radar produk CMAX digunakan untuk mengidentifikasi kasus kejadian QLCS berdasarkan kriteria (Lombardo *and* Colle, 2012, 2010). Kriteria tersebut meliputi: Sistem linear yang memiliki panjang ≥ 50 km, perbandingan panjang dan lebar sistem sebesar 5:1, masa hidup sistem harus bertahan minimal 30 menit. nilai *reflectivity* pada sistem ≥ 35 dBZ dan nilai *reflectivity* pada bagian inti ≥ 50 dBZ.



Gambar 1 Pengaturan produk CMAX

Pengaturan produk CMAX seperti pada Gambar 1, terdapat pilihan *Range* diatur 150 km (sesuai cakupan radar). Pada menu *Height* terdapat pilihan *Top* yang mewakili ketinggian puncak awan dan *Bottom* yang mewakili tinggi dasar awan. *Top* diatur 15 km untuk mencapai puncak awan Cb (Tjasyono *and* Harijono, 2006) dan *Bottom* diatur 0,3 km untuk mendapatkan tinggi dasar awan Cb serta menghindari *ground clutter* di sekitar lokasi penelitian. QLCS yang telah diidentifikasi akan dianalisis secara spasial dengan menentukan sebaran lokasi perkembangan QLCS dari fase inisiasi, matang, sampai disipasi. Sebaran lokasi perkembangan QLCS dibedakan menjadi wilayah lautan atau *coastal ocean* (CO), pesisir/dataran rendah atau *coastal plain* (CP), dan dataran tinggi atau *high terrain* (HT). QLCS yang sudah diidentifikasi sebaran temporalnya kemudian dikelompokkan menjadi empat waktu, yaitu *pre-dawn* (PD) atau dini hari pada pukul 01.00–07.00 LT, *morning* (M) atau pagi hari pada pukul 07.00–13.00 LT, *afternoon* (A) atau siang hari pada pukul 13.00–19.00 LT, dan *evening* (E) atau malam hari pada pukul 19.00–01.00 LT. Hal ini dilakukan untuk menentukan waktu terjadinya dari masing-masing fase inisiasi, matang, hingga disipasi.

Tipe pembentukan QLCS diklasifikasikan menurut Bluestein *and* Jain (1985) yang dibedakan menjadi *broken line*, *back building*, *broken areal*, dan *embedded areal*. Propagasi sistem QLCS diidentifikasi untuk memperoleh informasi arah dan kecepatan pergerakan QLCS melalui pengolahan data menggunakan produk CMAX dan CTR (Gambar 2) yang di *overlay*. Arah propagasi QLCS ditinjau dari delapan arah mata angin, sedangkan kecepatan propagasi QLCS dianalisis berdasarkan penelitian Barnes *and* Sieckman (1984) dengan kategori *slow moving* (< 3 m/s), *intermediate moving* (3–7 m/s), dan *fast moving* (> 7 m/s). *Vertical wind shear* (VWS) lapisan bawah QLCS ditinjau melalui pengolahan data menggunakan produk VSHEAR. Pada menu *Height* terdapat pilihan *Top* dan *Bottom*. *Top* diatur 3,1 km dan *Bottom* diatur 1,5 km. Terakhir melakukan analisis dari hasil pengolahan dan memberikan kesimpulan mengenai karakteristik dari fenomena QLCS pada tahun 2019.



Gambar 2 Pengaturan produk (a) CTR dan (b) VSHEAR

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil penelitian menunjukkan QLCS yang diidentifikasi di wilayah Pontianak tahun 2019 tercatat sebanyak 16 kasus. Kejadian QLCS ditentukan berdasarkan penelitian Lombardo *and* Colle, (2012, 2010) dengan rincian kasus pada Tabel 1 berikut ini.

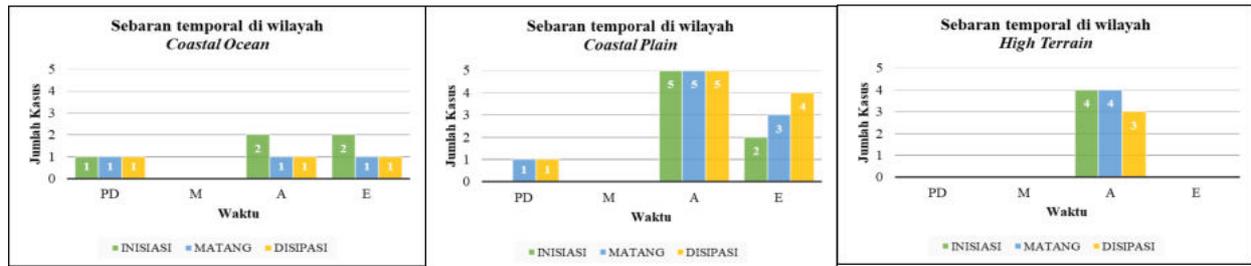
Tabel 1 Fenomena QLCS yang terjadi di wilayah Pontianak tahun 2019

Kasus ke	Tanggal Kasus QLCS	Nilai <i>reflectivity</i> maksimum (dBZ)	Panjang (km)
1	02-01-2019	51,0	89,12
2	12-01-2019	50,5	64,38
3	07-02-2019	53,0	51,42
4	19-02-2019	52,5	50,25
5	25-05-2019	52,5	69,30
6	27-05-2019	53,0	53,24
7	31-05-2019 (1)	53,0	56,21
8	31-05-2019 (2)	52,0	59,56
9	26-09-2019 (1)	52,5	83,69
10	26-09-2019 (2)	50,5	77,25
11	23-10-2019	53,0	52,44
12	27-10-2019	51,5	76,53
13	14-11-2019	50,5	57,57
14	17-11-2019	50,5	50,31
15	08-12-2019	53,5	51,38
16	11-12-2019	52,5	53,53

Berdasarkan Tabel 1 diatas terlihat bahwa fenomena QLCS di wilayah Pontianak selama tahun 2019 terjadi pada bulan Januari, Februari, Mei, September, Oktober, November, dan Desember. Kasus QLCS terbanyak terjadi pada bulan Mei, yaitu sebanyak 4 kasus yang dianalisis menggunakan radar cuaca Stasiun Meteorologi Supadio Pontianak tipe C-Band merek EEC dengan format .vol. Nilai *reflectivity* maksimum QLCS bervariasi dari nilai terendah sebesar 50,5 dBZ hingga nilai tertinggi sebesar 53,5 dBZ. Nilai *reflectivity* maksimum terendah terjadi pada kasus ke-2 tanggal 12 Januari 2019, kasus ke-10 tanggal 26 September 2019, kasus ke-13 tanggal 14 November 2019, dan kasus ke-14 tanggal 17 November 2019, sedangkan nilai *reflectivity* maksimum tertinggi terjadi pada kasus ke-15 tanggal 8 Desember 2019. Panjang QLCS bervariasi dari sistem terpendek sepanjang 50,25 km (kasus ke-4 tanggal 19 Februari 2019) hingga sistem terpanjang dengan panjang 89,12 km (kasus ke-1 tanggal 2 Januari 2019). QLCS yang terbentuk di wilayah Pontianak umumnya memiliki nilai *reflectivity* dan panjang yang sama dengan yang diidentifikasi oleh Maulidyah *et al.*, (2019) di Pangkalan Bun. Lokasi Pontianak yang berada di ekuator menyebabkan penyinaran matahari yang lebih lama sehingga aktivitas konvektif juga mengalami peningkatan. Hal ini menyebabkan massa udara bergerak secara vertikal memudahkan dalam pertumbuhan awan-awan konvektif (Zakir, et al., 2010)

3.1 Sebaran Temporal dan Spasial QLCS

Klasifikasi sebaran temporal dibagi menjadi 4 waktu, yaitu *pre-dawn* (PD) atau dini hari pada pukul 01.00–07.00 LT, *morning* (M) atau pagi hari pada pukul 07.00–13.00 LT, *afternoon* (A) atau siang hari pada pukul 13.00–19.00 LT, dan *evening* (E) atau malam hari pada pukul 19.00–01.00 LT. Berdasarkan grafik pada Gambar 3(a), sebaran temporal pada wilayah CO tercatat fase inisiasi QLCS terjadi sebanyak 5 kasus, fase matang sebanyak 3 kasus dan fase disipasi sebanyak 3 kasus. Fase inisiasi di wilayah CO cenderung terjadi pada siang hari (A) dan malam hari (E), yaitu sebanyak 2 kasus dan terdapat 1 kasus pada dini hari (PD), sedangkan fase matang dan disipasi terjadi hanya 1 kasus pada dini hari (PD), siang hari (A), dan malam hari (E) pada masing-masing waktu tersebut serta tidak terdapat QLCS di wilayah CO yang terjadi pada pagi hari (M).



Gambar 3 Sebaran temporal QLCS di wilayah (a) *Coastal Ocean* (CO), (b) *Coastal Plain* (CP), (c) *High Terrain* (HT) Pontianak Tahun 2019

Sebaran temporal pada wilayah CP (Gambar 3(b)), tercatat fase inisiasi QLCS terjadi sebanyak 7 kasus, fase matang sebanyak 9 kasus dan fase disipasi sebanyak 10 kasus. Fase inisiasi di wilayah CP paling sering terjadi pada siang hari (A) yaitu sebanyak 5 kasus dan terdapat 2 kasus pada malam hari (E). Fase matang paling sering terjadi pada siang hari (A) yaitu sebanyak 5 kasus dan terdapat 3 kasus pada malam hari (E) serta 1 kasus lainnya pada dini hari (PD). Fase disipasi paling sering terjadi pada siang hari (A) yaitu sebanyak 5 kasus dan terdapat 4 kasus pada malam hari (E) serta 1 kasus lainnya pada dini hari (PD). Adapun pada pagi hari (M) tidak terdapat kasus QLCS. Sebaran temporal pada wilayah HT tercatat fase inisiasi QLCS terjadi sebanyak 4 kasus, fase matang sebanyak 4 kasus dan fase disipasi sebanyak 3 kasus. QLCS pada wilayah HT hanya terjadi pada siang hari (A), baik dari fase inisiasi, matang sampai disipasi. Adapun pada waktu lainnya tidak tercatat adanya QLCS. Masa hidup QLCS di wilayah Pontianak memiliki rentang waktu hidup yang bervariasi. Kasus QLCS terjadi dalam rentang waktu 30–60 menit sebanyak 7 kejadian (43,75%) dan 60–90 menit sebanyak 7 kejadian (43,75%) serta kasus yang paling sedikit terjadi dalam rentang waktu 90–120 menit sebanyak 2 kejadian (12,50%).

Tabel 2 Sebaran spasial QLCS di wilayah Pontianak tahun 2019 dari fase inisiasi, matang, hingga disipasi

Sebaran spasial QLCS fase inisiasi → fase matang → fase disipasi	Jumlah (kejadian)
CP → CP → CP	6
CO → CP → CP	3
HT → HT → HT	3
CO → CO → CO	2
CP → CO → CO	1
HT → HT → CP	1

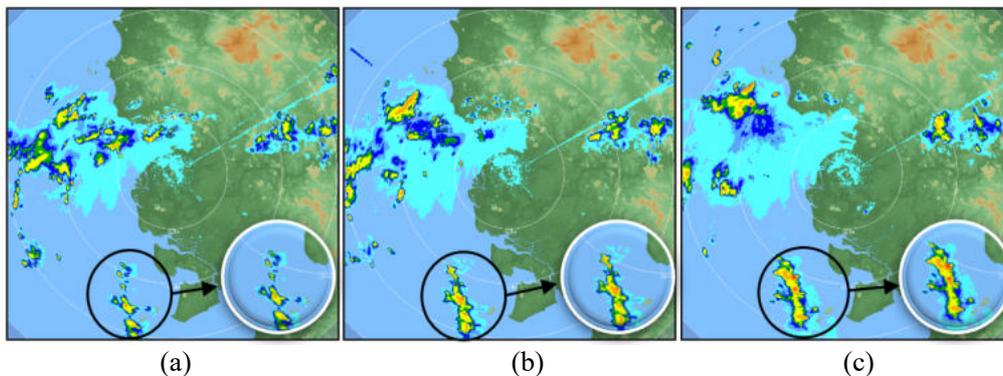
Pergerakan QLCS di Pontianak (Tabel 2) lebih banyak (6 kejadian) terjadi di wilayah *coastal plain* dari fase inisiasi hingga disipasi. Adapun pergerakan QLCS yang paling sedikit (1 kejadian) terjadi ketika fase inisiasi dan matang di wilayah *high terrain*, kemudian disipasi di wilayah *coastal plain* serta ketika fase inisiasi di wilayah *coastal plain*, kemudian matang sampai disipasi di wilayah *coastal ocean*. Selain itu, terdapat pergerakan QLCS (3 kejadian) ketika fase inisiasi di wilayah *coastal ocean*, kemudian matang sampai disipasi di wilayah *coastal plain* serta ketika fase inisiasi

hingga disipasi terjadi di wilayah *high terrain*. Terdapat juga pergerakan QLCS (2 kejadian) yang terjadi di wilayah *coastal ocean* dari fase inisiasi hingga disipasi.

Hal tersebut mengindikasikan bahwa QLCS yang terbentuk disebabkan karena adanya faktor aktivitas konvektif akibat pemanasan maksimum di siang hari. Mengingat wilayah Pontianak yang dilalui garis ekuator, memungkinkan wilayah tersebut menerima panas matahari yang cukup tinggi terutama pada siang hari. Sifat daratan yang lebih cepat menyerap panas dibandingkan dengan lautan menyebabkan suhu permukaan di daratan cepat meningkat dan mendukung terjadinya aktivitas konvektif. Sebaran temporal dan spasial QLCS di wilayah Pontianak tahun 2019 sejalan dengan penelitian Lombardo and Colle, (2010) yang menemukan bahwa sistem konvektif cenderung terjadi pada siang hari di daerah daratan (*high terrain* dan *coastal plain*).

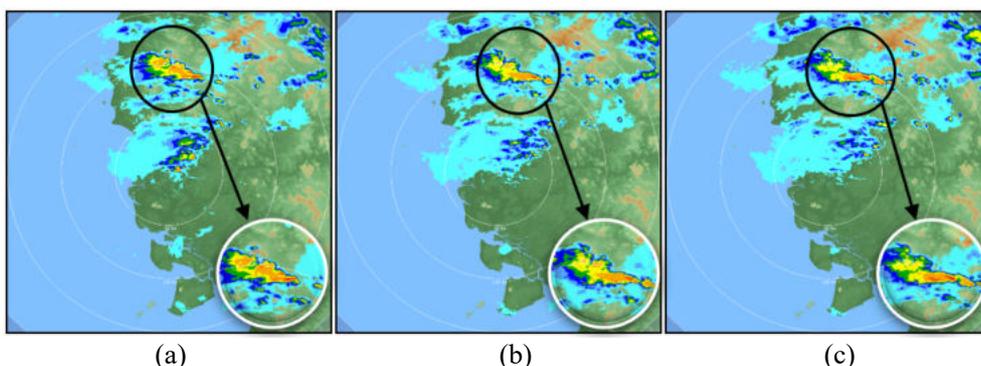
3.2 Tipe pembentukan QLCS

Berdasarkan hasil identifikasi, diketahui bahwa di wilayah Pontianak tahun 2019 terdapat tiga kategori tipe pembentukan QLCS pada saat fase inisiasi terjadi, yaitu tipe pembentukan *broken line*, *back building*, dan *broken areal*, serta tidak ditemukan kasus dengan tipe pembentukan *embedded areal*. Tipe pembentukan *broken line* ditemukan sebanyak 6 kasus, tipe pembentukan *back building* ditemukan sebanyak 4 kasus, dan tipe pembentukan *broken areal* ditemukan sebanyak 6 kasus.



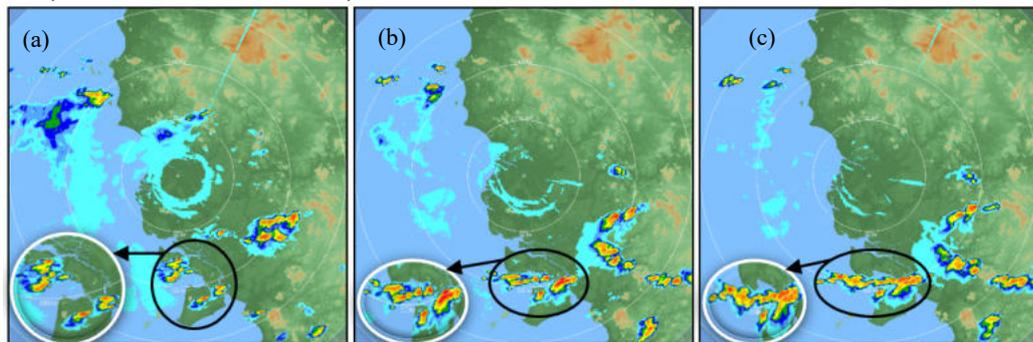
Gambar 4 Contoh kasus QLCS *broken line* di wilayah Pontianak tanggal 27 Mei 2019 pukul (a) 19.54 UTC, (b) 20.14 UTC, dan (c) 20.49 UTC

Gambar 4 merupakan contoh kasus QLCS dengan tipe pembentukan *broken line* yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2019. Pada pukul 19.54 UTC tercatat QLCS mulai memasuki fase inisiasi di wilayah CO yang ditandai dengan sel awan yang terpisah tetapi berdekatan dan membentuk pola garis. Kemudian hingga pukul 20.14 UTC, sel-sel awan terus berkembang dan masih terjadi di wilayah CO. Pada pukul 20.49 UTC, QLCS mencapai fase matang yang ditandai dengan terbentuknya pola garis padat di wilayah CO. Contoh kasus QLCS dengan tipe pembentukan *back building* (Gambar 5) yang terjadi pada tanggal 7 Februari 2019. Pada pukul 09.36 UTC terlihat QLCS memasuki fase inisiasi di wilayah HT yang ditandai dengan munculnya sel awan baru di dekat suatu sel awan. Kemudian hingga pukul 09.51 UTC, sel awan lama terus berkembang di wilayah HT dan bergerak ke arah sel awan baru. Pada pukul 09.56 UTC, QLCS mencapai fase matang yang ditandai dengan bergabungnya sel awan lama di wilayah CP membentuk pola garis padat.



Gambar 5 Contoh kasus QLCS *back building* di wilayah Pontianak tanggal 07 Februari 2019 pukul (a) 09.36 UTC, (b) 09.51 UTC, dan (c) 09.56 UTC

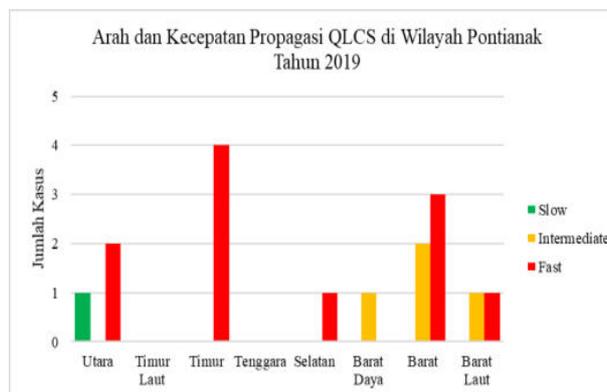
Gambar 6 merupakan contoh kasus QLCS dengan tipe pembentukan *broken areal* yang terjadi pada tanggal 26 September 2019. Mula-mula, pada pukul 09.17 UTC terlihat QLCS memasuki fase inisiasi di wilayah CP yang ditandai dengan adanya sel-sel awan. Kemudian hingga pukul 09.52 UTC, sel-sel awan terus berkembang di wilayah CO dan bergerak satu sama lain ke arah sel awan lainnya. Pada pukul 10.07 UTC, QLCS mencapai fase matang yang ditandai dengan bergabungnya sel-sel awan dan membentuk pola garis padat di wilayah CO. Secara umum tipe pembentukan QLCS yang paling banyak terjadi yaitu tipe pembentukan *broken line* (37,50%) dan *broken areal* (37,50%). Tipe pembentukan *broken line* banyak terjadi di wilayah CO, sedangkan tipe pembentukan *broken areal* terjadi merata di wilayah CP dan HT. Adapun tipe pembentukan *back building* (25,00%) paling sering terjadi di wilayah CP. Hasil penelitian ini selaras dengan yang dilakukan Maulidyah *et al.*, (2019) di Pangkalan Bun, dimana tipe pembentukan *broken line* yang paling banyak terjadi. Hal ini dikarenakan pembentukan *broken line* terjadi ketika sel awan yang terpisah-pisah namun berdekatan. Sel awan tersebut terbentuk dalam waktu yang relatif sama dan bertransformasi menjadi pola garis padat karena adanya perkembangan dari setiap sel awan dan pertumbuhan sel-sel awan baru di antara sel-sel awan yang lama (Bluestein and Jain, 1985).



Gambar 6 Contoh kasus QLCS *broken areal* di wilayah Pontianak tanggal 26 September 2019 pukul (a) 09.17 UTC, (b) 09.52 UTC, dan (c) 10.07 UTC.

3.3 Profil propagasi sistem QLCS

Profil propagasi sistem QLCS diidentifikasi untuk mengetahui arah dan kecepatan pergerakan QLCS dengan menggunakan hasil *overlay* antara produk CMAX dan CTR. Arah dan kecepatan propagasi QLCS ditinjau saat fase matang QLCS. Arah propagasi QLCS ditinjau berdasarkan delapan arah mata angin dengan sistem bergerak ke, sedangkan kecepatan propagasi QLCS ditentukan berdasarkan penelitian Barnes, and Sieckman, (1984) menjadi *fast moving*, *intermediate moving*, dan *slow moving*.



Gambar 7 Distribusi arah dan kecepatan propagasi sistem QLCS di wilayah Pontianak tahun 2019

Distribusi arah QLCS di wilayah Pontianak tahun 2019 berdasarkan Gambar 7, bervariasi dari arah utara hingga barat laut. QLCS lebih dominan bergerak ke arah barat sebanyak 5 kasus, selain itu QLCS juga bergerak ke arah timur sebanyak 4 kasus, ke arah utara sebanyak 3 kasus, ke arah barat laut sebanyak 2 kasus. QLCS paling sedikit bergerak ke arah selatan dan barat daya yang hanya tercatat sebanyak 1 kasus, serta QLCS tidak pernah tercatat bergerak ke arah timur laut dan tenggara.

Adapun kecepatan propagasi QLCS paling banyak dengan kategori *fast moving* sebanyak 11 kasus, dan terdapat 4 kasus kategori *intermediate moving*, serta 1 kasus kategori *slow moving*. Arah dan kecepatan propagasi QLCS di Pontianak yang bervariasi ini sama dengan yang dilakukan Maulidiah *et al.*, (2019) di Pangkalan Bun. Kondisi ini umumnya dipengaruhi posisi Pontianak dan Pangkalan Bun yang berbatasan dengan lautan sehingga pengaruh angin darat dan angin laut juga cukup kuat dalam menentukan arah dan kecepatan propagasi QLCS.

Tabel 3 Nilai VWS lapisan bawah QLCS di wilayah Pontianak tahun 2019

Kasus ke	Tanggal Kasus QLCS	Nilai VWS (m/s/km)			Kategori VWS		
		Inisiasi	Matang	Disipasi	Inisiasi	Matang	Disipasi
1	02-01-2019	5,62	15,3	6,85	S	S	S
2	12-01-2019	-	-	-	-	-	-
3	07-02-2019	6,63	5,56	6,47	S	S	S
4	19-02-2019	6,80	9,29	8,24	S	S	S
5	25-05-2019	-	-	-	-	-	-
6	27-05-2019	-	-	-	-	-	-
7	31-05-2019 (1)	12,01	6,07	7,63	S	S	S
8	31-05-2019 (2)	10,50	7,27	7,32	S	S	S
9	26-09-2019 (1)	7,90	16,76	7,25	S	S	S
10	26-09-2019 (2)	-	-	-	-	-	-
11	23-10-2019	7,57	8,82	7,46	S	S	S
12	27-10-2019	5,03	8,99	6,11	S	S	S
13	14-11-2019	5,83	8,19	9,02	S	S	S
14	17-11-2019	6,90	5,61	5,29	S	S	S
15	08-12-2019	5,64	6,43	5,28	S	S	S
16	11-12-2019	5,26	7,39	7,80	S	S	S

3.4 Vertical wind shear lapisan bawah QLCS

Vertical Wind Shear (VWS) lapisan bawah QLCS diidentifikasi melalui hasil pengolahan data radar cuaca menggunakan produk VSHEAR. VWS ditinjau pada radius hingga 100 km dari pusat radar karena memperhitungkan penyimpangan *beam* radar dan efek kelengkungan bumi sehingga didapatkan sebanyak 12 kasus yang teramati. VWS pada QLCS kasus ke-2, ke-5, ke-6, dan ke-10 tidak teramati karena perkembangan QLCS terjadi di luar area pengamatan VWS. Nilai VWS dikategorikan sesuai penelitian Chaudhari *et al.*, (2010), menjadi *weak* (W), *moderate* (M), *strong* (S). Adapun rincian nilai VWS lapisan bawah di wilayah Pontianak tahun 2019 dari fase inisiasi, matang, hingga disipasi disajikan pada Tabel 3

Berdasarkan Tabel 3, keseluruhan VWS pada fase inisiasi, matang, hingga disipasi di wilayah Pontianak tahun 2019 termasuk dalam kategori *strong* pada masing-masing fase (100%), tetapi dengan kecepatan yang bervariasi. Pada fase inisiasi, tercatat nilai VWS yang paling tinggi (12,01 m/s/km) terjadi pada kasus QLCS ke-7, nilai VWS pada fase matang yang tertinggi (16,76 m/s/km) tercatat pada kasus QLCS ke-9, sedangkan nilai VWS pada fase disipasi yang paling tinggi (9,02 m/s/km) tercatat pada kasus QLCS ke-13. Nilai VWS yang tinggi dan bervariasi ini disebabkan lokasi pertumbuhan QLCS yang berbeda-beda. VWS mempengaruhi pertumbuhan awan *Cumulonimbus* akibat dari meningkatnya aktivitas konvektif (Wu and Yanai, 1994). Semakin besar nilai VWS maka semakin kuat intensitas konvektif dari pertumbuhan awan *Cumulonimbus* (Chaudhari *et al.*, 2010).

IV. KESIMPULAN

Sebaran temporal QLCS paling sering terjadi pada siang hari (13.00–19.00 LT) baik dari fase inisiasi, matang, maupun disipasi. Selain itu, QLCS paling banyak terjadi dengan masa hidup 30–60 menit dan 60–90 menit. Berdasarkan sebaran spasial, QLCS paling banyak terjadi di wilayah *coastal plain* (CP) atau wilayah pesisir dan/atau dataran rendah dikarenakan sifat daratan yang lebih cepat menyerap panas dibandingkan lautan. Tipe pembentukan, QLCS paling sering terjadi dengan tipe pembentukan *broken line* dan *broken areal*. Berdasarkan profil propagasi sistem, QLCS paling banyak bergerak ke arah barat dan dominan bergerak dengan kecepatan kategori *fast moving* (> 7 m/s) karena pengaruh angin darat dan angin laut serta pemanasan matahari yang kuat di wilayah ekuator. Adapun

nilai *vertical wind shear* lapisan bawah QLCS pada fase inisiasi, matang, dan disipasi secara keseluruhan termasuk dalam kategori strong (>5 m/s/km).

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Adrianto, R., Saepudin, M., 2019. 'Preliminary Study of Horizontal and Vertical Wind Profile of Quasi-Linear Convective Utilizing Weather Radar Over Western Java Region, Indonesia'. *Int. J. Remote Sens. Earth Sci.* 15, 177. <https://doi.org/10.30536/j.ijreses.2018.v15.a3075>
- Ashley, W.S., Haberlie, A.M., and Strohm, J., 2019. 'A climatology of quasi-linear convective systems and their hazards in the united states'. *Weather Forecast.* 34, 1605–1631. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-19-0014.1>
- Barnes, G.M. and Sieckman, K., 1984. 'The Environment of Fast- and Slow-Moving Tropical Mesoscale Convective Cloud Lines'. *Mon. Weather Rev.* 112, 1782–1794. [https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1984\)112<1782:TEOFAS>2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0493(1984)112<1782:TEOFAS>2.0.CO;2)
- Bluestein, H.B. and Jain, M., 1985. 'Formation of Mesoscale Lines of Precipitation: Severe Squall Lines in Oklahoma during the Spring'. *J. Atmos. Sci.* 42, 1711–1732. [https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1985\)042<1711:FOMLOP>2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0469(1985)042<1711:FOMLOP>2.0.CO;2)
- Chaudhari, H.S., Sawaisarje, G.K., Ranalkar, M.R., and Sen, P.N., 2010. 'Thunderstorms over a tropical Indian station, Minicoy: Role of vertical wind shear'. *J. Earth Syst. Sci.* 119, 603–615. <https://doi.org/10.1007/s12040-010-0044-3>
- Grams, J.S., Thompson, R.L., Snively, D. V., Prentice, J.A., Hodges, G.M., and Reames, L.J., 2012. 'A climatology and comparison of parameters for significant tornado events in the United States'. *Weather Forecast.* 27, 106–123. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-11-00008.1>
- Houze, R.A., 2014. 'Mesoscale convective systems'. *Int. Geophys.* 104, 237–286. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374266-7.00009-3>
- Lombardo, K.A., and Colle, B.A., 2012. 'Ambient conditions associated with the maintenance and decay of quasi-linear convective systems crossing the northeastern U.S. coast'. *Mon. Weather Rev.* 140, 3805–3819. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-12-00050.1>
- Lombardo, K.A., and Colle, B.A., 2010. 'The spatial and temporal distribution of organized convective structures over the Northeast and their ambient conditions'. *Mon. Weather Rev.* 138, 4456–4474. <https://doi.org/10.1175/2010MWR3463.1>
- Maddox, R.A., 1980. 'Mesoscale Convective Complexes'. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 61, 1374–1387.
- Maulidyah, M.P., Islamiardi, R.N., Maulana, R.F., Tamba, K.A.P., Nugraheni, I.R., and Wardoyo, E., 2019. 'Identifikasi Karakteristik Quasi-Linear Convective System Pada Maret Sampai Mei 2017 Di Wilayah Pangkalan Bun Berbasis Radar Cuaca'. *Pros. SNFA (Seminar Nas. Fis. dan Apl.* 4, 110. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v4i0.35918>
- Tjasyono, B.HK., dan Harijono, SW.B., 2006. *Meteorologi Indonesia 2. Awan dan Hujan*. BMKG, Jakarta.
- Tjasyono, B.HK., 2004. *Klimatologi Umum*. ITB, Bandung.
- Trapp, R.J., Tessendorf, S.A., Godfrey, E.S., and Brooks, H.E., 2005. 'Tornadoes from squall lines and bow echoes. Part I: Climatological distribution'. *Weather Forecast.* 20, 23–34. <https://doi.org/10.1175/WAF-835.1>
- Wu, X., and Yanai, M., 1994. 'Effects of Vertical Wind Shear on the Cumulus Transport of Momentum: Observations and Parameterization'. *J. Atmos. Sci.* no. 12. vol. 51, 1640–1660. [https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1994\)051<1640:EOVWSO>2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0469(1994)051<1640:EOVWSO>2.0.CO;2)
- Zakir, A., Sulistya W., dan Khotimah M.K., 2010. *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. BMKG, Jakarta.