

IDENTIFIKASI PERGERAKAN AREA REFLEKTIVITAS HUJAN MENGUNAKAN METODE OPTICAL FLOW BERDASARKAN DATA PENGAMATAN RDH

REFLECTIVITY AREA MOVEMENT IDENTIFICATION USING OPTICAL FLOW METHOD BASED ON RAIN SCANNER OBSERVATION DATA

Ginaldi Ari Nugroho dan Edy Maryadi*

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN, Jl Dr Djundjuran No 133 Bandung 40173*

Pos-el: ginaldi.ari@lapan.go.id

ABSTRACT

Rain scanner technology based on marine radar are the development result from LAPAN that could give rain reflectivity movement information every 3 minutes in the form of image sequence. Optical flow (OF) method were used to analyze the rain movement vector dari this image sequence. OF method based on 2 approach which are local differential developed by Lucas-Kanede (LK) and also the global variational developed by Horn-Schunk (HS) on observation data at February, 3 2014 from 17.25 – 19.25 pm local time. QF using LK approach result with more vector area movement compared with the wide area of reflectivity, with vector movement more sensitif in the edge pixel area. Meanwhile HS have movement vector almost similar with the shape and wide aarea of reflectivity, with the vector movement are spread evenly in every detection area and also able to separate each rain reflectivity area. Comparison between LH and HS showed that HS method are better in describing the movement and shape/density of rain reflectivity. The shortage of this HS method was the more time consumption for the process compared with LK. Based on the image sequence generally the rain reflectivity move from north direction into south and then turn to south west, meanwhile from the HS method the rain reflectivity vector move towards the south

Keywords: Optical flow, Rain Scanner, Movement Vector, Reflectivity, Horn-Schunk.

ABSTRAK

Teknologi RDH berbasis radar kapal merupakan hasil pengembangan LAPAN yang dapat memberikan informasi pergerakan reflektifitas hujan per 3 menit dalam bentuk rangkaian Gambar. Metode *Optical flow* (OF) digunakan untuk menganalisa vektor pergerakan hujan dari rangkaian Gambar tersebut. Metode OF berdasarkan 2 pendekatan yakni *local differential* yang dikembangkan oleh Lucas-Kanede (LK) serta *global variational* yang dikembangkan oleh Horn-Schunk (HS) akan digunakan pada data pengamatan tanggal 3 Februari 2014 dari pukul 17.25 hingga 19.25 WIB. Hasil OF dengan pendekatan LK lebih banyak menghasilkan area vektor pergerakan reflektifitas hujan dengan luasan lebih besar dibandingkan area reflektifitas serta vektor pergerakan hampir sesuai dengan luasan serta bentuk dari daerah pinggir. Sementara HS menghasilkan area vektor pergerakan hampir sesuai dengan luasan serta bentuk dari area reflektifitas, dengan vektor pergerakan merata di setiap area deteksi serta mampu membedakan antar area reflektifitas hujan. Perbandingan antara LK dan HS menunjukkan bahwa metode HS lebih baik dalam memperlihatkan pergerakan serta bentuk/densitas reflektifitas hujan. Kekurangan dari metode ini adalah memerlukan waktu proses yang lebih lama dibandingkan dengan LK. Berdasarkan rangkaian Gambar terlihat bahwa secara umum reflektifitas hujan bergerak dari arah utara posisi radar menuju arah selatan dan barat daya, sedangkan dari hasil metode HS reflektifitas hujan bergerak ke arah selatan

Kata kunci : *Optical flow*, RDH, Vektor Pergerakan, Reflektifitas, Horn-Schunck.

PENDAHULUAN

Informasi arah serta pergerakan suatu hujan menuju suatu lokasi akan sangat bermanfaat baik dalam segi informasi meteorologi kepada masyarakat maupun sebagai bagian dari pertimbangan keputusan mitigasi bencana. Kecepatan dari pergerakan hujan juga dapat menjadi input bagi model prediksi numerik.

RDH (Radar Deteksi Hujan) berbasis radar kapal yang digunakan untuk memantau distribusi hujan sedang dikembangkan oleh LAPAN dengan tujuan untuk mendapatkan data *near real time* lokasi hujan sebagai bagian dari data observasi atmosfer. Rangkaian Gambar dari hasil RDH mampu memperlihatkan pergerakan hujan secara visual, namun belum dapat melihat pola

pergerakannya serta memperhitungkan kecepatannya.

Teknologi *low cost* hasil pengembangan radar kapal ini mampu mendeteksi presipitasi dengan pola harian mendekati pola harian curah hujan permukaan hasil pengamatan Automatic Weather Station (AWS).¹ Metode ini berbeda dengan pengukuran pada radar meteorologi lainnya, dimana hubungan reflektifitas radar dengan intensitas hujan berdasarkan hubungan nonlinier.^{2,3}

RDH mampu mengekstraksi objek hujan dari sinyal yang diterima oleh radar kapal menggunakan metode peta *clutter*. Penerapan metode peta *clutter* (referensi) digunakan sebagai metode sederhana dalam mengekstrak sinyal hujan terhadap sinyal-sinyal lainnya yang tidak diperlukan. Ilustrasi ekstraksi sinyal hujan dari sinyal awal adalah seperti pada Gambar 1. Hasil ekstraksi hujan ini kemudian diolah menjadi data spasial hujan lengkap dengan koordinat lokasi objek hujan serta intensitasnya (baik dalam satuan dBZ maupun mm/jam).⁴ Hasil ekstraksi hujan ini dapat ditampilkan dalam bentuk rangkaian Gambar untuk melihat pola pergerakan hujan secara visual.



Gambar 1. Ilustrasi ekstraksi sinyal hujan

QPF (*quantitative Precipitation Forecast*) adalah metode prediksi presipitasi secara *near real time* dengan memanfaatkan radar cuaca. Dari rangkaian Gambar hasil observasi radar dapat menghasilkan vektor yang mengindikasikan arah dan kecepatan dari pergerakan sel hujan beserta intensitas presipitasi.⁵ Dalam menghasilkan arah dan kecepatan tersebut dalam tulisan ini akan memanfaatkan metode *optical flow*

Optical flow adalah pola kecepatan dari pergerakan suatu objek visual dalam bentuk vektor saat diproyeksikan dalam bidang 2 dimensi.⁶ Aplikasi *optical flow* dapat dimanfaatkan dalam berbagai macam aplikasi bidang *computer vision*, seperti deteksi gerak, segmentasi objek dan sebagainya.⁷ Terdapat beberapa pendekatan dalam penerapan *optical flow* yang dapat diklasifikasikan kedalam tiga kategori yakni *local differential*, *global variational*, dan *phase-based*.⁸ Dalam tulisan ini hanya akan menggunakan 2 pendekatan yakni

local differential dengan Lucas-Kanede serta *global variational* berdasarakna Horn-Schunck.

Lucas Kanede merupakan metode *optical flow* dengan pendekatan secara lokal (*local differential*) dimana akan menghitung aliran suatu titik dengan cara mengidentifikasi perpotongan dari semua batasan jalur aliran terhadap piksel Gambar didalam suatu batasan/jendela (*window*). Metode Lucas-Kanede *optical flow* menggunakan asumsi bahwa tingkat terang Gambar (*brighthness*) adalah tetap/konstan, dimana pergerakan (u,v) pada suatu titik Gambar disertai tanpa adanya perubahan tingkat terang.⁹

Metode Horn-Schunck menggunakan kategori *global variational* dalam membangun algoritma *optical flow*. Algoritma ini dapat mengkalkulasi *optical flow* dari beberapa urutan Gambar kuatisasi suatu objek serta tidak terlalu sensitif terhadap tingkat terang Gambar serta penambahan *noise*.¹⁰

METODOLOGI

Data

Data yang digunakan adalah data hasil pengamatan RDH (Radar Deteksi Hujan) pada tanggal 3 Februari 2014 dari pukul 17.25 hingga 19.25 WIB. Terdapat beberapa rangkaian Gambar yang tidak diikutsertakan dalam pengolahan data dikarenakan adanya nilai error disekitar area RDH akibat faktor attenuasi. Rangkaian Gambar spasial reflektifitas hujan hasil pengolahan data kemudian diolah menggunakan metode *optical flow* dengan 2 pendekatan yakni Lucas-Kanede (LK) dan Horn-Schunck (HS) berbasis software MATLAB..

Lucas-Kanede (LK)

Pada metode LK akan dihitung berdasarkan 2 buah rangkaian Gambar RGB (*Red Green Blue*) yang kemudian di ubah menjadi mode *greyscale*. Batasan *window* yang digunakan bernilai 45 x 45 dengan menurunkan ukuran jumlah piksel Gambar untuk memaksimalkan hasil vektor. Rumus persamaan dari metode LK adalah seperti pada persamaan 1:

$$\begin{pmatrix} K_p * (f_x^2) & K_p * (f_x f_y) \\ K_p * (f_x f_y) & K_p * (f_y^2) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -K_p * (f_x f_t) \\ -K_p * (f_y f_t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

dimana :

- K_p = fungsi Gaussian
- f_x = komponen flow piksel sumbu x
- f_y = komponen flow piksel sumbu y
- u, v = perpindahan bidang piksel pada sumbu dan waktu tertentu

Horn-Schunk (HS)

Tahap awal metode HS hampir sama dengan LK (2 buah rangkaian Gambar RGB (*Red Green Blue* yang diubah menjadi *greyscale*), estimasi differensial dalam spasiotemporal, kemudian kalkulasi sesuai dengan jumlah iterasi nilai rerata lokal dari aliran vektor serta batasan *optical flow*. Parameter α yakni yang mencerminkan pengaruh kehalusan Gambar di set pada nilai 100. Rumus persamaan dari metode HS adalah seperti pada persamaan 3-2 dan 3-3:

$$u^{n+1} = u^{-n} - \frac{f_x[f_x u^{-n} + f_y v^{-n} + f_t]}{(\alpha^2 + f_x^2 + f_y^2)} \quad (2)$$

$$v^{n+1} = v^{-n} - \frac{f_y[f_x u^{-n} + f_y v^{-n} + f_t]}{(\alpha^2 + f_x^2 + f_y^2)} \quad (3)$$

dimana :

n = jumlah iterasi

u^n, v^n = prediksi perpindahan awal

u^{-n}, v^{-n} = rerata dari komponen tetangga u^n dan v^n .

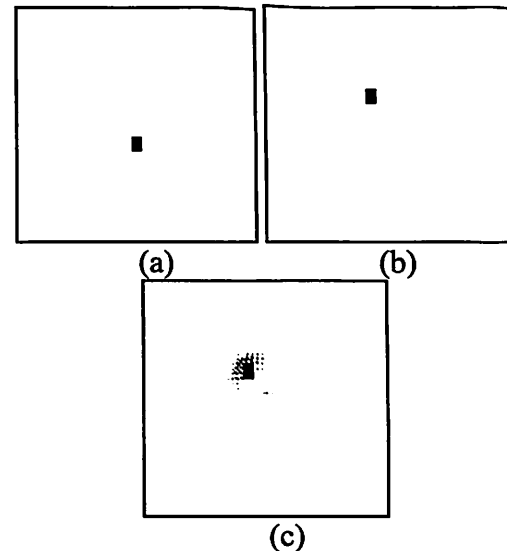
Pengolahan Data

Hasil dari kedua metode kemudian ditampilkan dalam bentuk vektor dengan menggunakan program MATLAB. Karena arah vektor *optical flow* belum seragam yang disebabkan oleh perhitungan perbandingan piksel dan piksel tetangga, maka kecepatan vektor untuk komponen horizontal (u) dan vertikal (v) akan dirata-ratakan sesuai dengan area objek. Nilai komponen u dan v (dalam satuan pixel per *frame*) akan dianalisa untuk menunjukkan arah dan kecepatan target hujan. Nilai u positif menunjukkan gerak horizontal ke kanan (dalam hal ini ke timur) sementara negatif menunjukkan gerak ke arah kiri (arah barat), sementara karena adanya perubahan arah berkebalikan (*reverse*) pada pengolahan komponen v maka nilai v positif menunjukkan gerak vertikal ke bawah (arah selatan), sementara negatif menunjukkan arah ke atas (arah utara).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optical flow

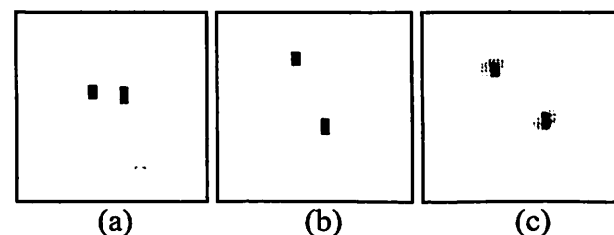
Dalam menguji teknik *optical flow* pada hasil observasi RDH, 2 pengujian awal dilakukan dengan menggunakan 2 pasang rangkaian Gambar dengan jumlah objek yang berbeda, yang terdiri dari Gambar posisi objek awal serta posisi objek terakhir. Rangkaian Gambar tersebut kemudian di uji dengan metode *optical flow* (dalam hal ini dengan pendekatan HS) untuk melihat hasil dari vektor pergerakan *optical flow*.



Gambar 2. Pengujian pertama *optical flow*, (a) posisi objek awal, (b) posisi objek terakhir, (c) vektor *optical flow*

Gambar 2.a terdiri dari 1 objek berbentuk bujur sangkar berwarna hitam dengan latar belakang warna putih. Objek ini kemudian di edit sehingga berpindah dari posisi semula seperti pada Gambar 2.b. Hasil pergerakan vektor objek tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.c dimana arah vektor menunjukkan arah perpindahan dari objek.

Pada pengujian kedua digunakan 2 buah objek dengan bentuk yang berbeda (bujur sangkar dan persegi panjang), warna yang sama namun dengan pergerakan yang berbeda (Gambar 3.a dan 3.b). Hasil *optical flow* mampu membedakan pergerakan dari kedua objek tersebut (Gambar 3.c).



Gambar 3. Pengujian kedua *optical flow*, (a) posisi objek awal, (b) posisi objek terakhir, (c) vektor *optical flow*

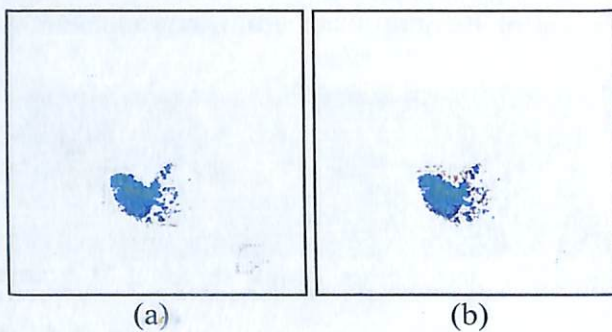
Data Pengamatan Radar Deteksi Hujan (RDH)

Data pengamatan RDH yang digunakan adalah data pada tanggal 3 februari 2014 dari pukul 17.25 WIB hingga 19.25 WIB. Data ini berupa hasil rangkaian Gambar distribusi spasial reflektifitas target hujan dalam koordinat kartesian (x, y) (Gambar 5).

Dari hasil *scanner* hujan terlihat secara visual bahwa terdapat 2 sumber hujan yakni yang

muncul dari arah timur laut (azimuth 34^0) pada pukul 17.25 WIB serta yang muncul dari arah barat laut (azimuth 314^0) pada pukul 17.32 WIB. Area ini akan bergabung pada pukul 17.42 menjadi 1 bagian area presipitasi. Area tersebut akan terus membesar dan bergerak ke arah selatan serta mencapai lokasi RDH pada pukul 18.10 WIB, hal ini didukung oleh data AWS yang berada di ITB¹¹ pada pukul 18.45 yang terletak pada jarak ± 1 km di sebelah timur posisi RDH. Area reflektifitas hujan akan terus bergerak ke arah selatan hingga pukul 18.37, sementara pada pukul 18.51 terlihat berbelok menuju barat daya menuju daerah Soreang. Nilai reflektifitas terdeteksi maksimum pada pukul 18.54 (27 dBz) hingga kemudian berangsur berkurang dan menghilang pada pukul 19.25 WIB.

Rangkaian Gambar kemudian diaplikasikan pada metode LK dan HS untuk melihat vektor pergerakan serta menghitung kecepatan pergerakan hujan berdasarkan metode *optical flow*. Gambar 4 memperlihatkan hasil perbandingan vektor pergerakan dari kedua metode.



Gambar 4. Hasil *optical flow*, (a) Metode LK, (b) Metode HS.

Kedua metode (LK dan HS) mampu membedakan antar area objek, dalam hal ini area reflektifitas sesuai dengan pengujian *optical flow* yang dilakukan sebelumnya. Dari hasil perbandingan terlihat bahwa penerapan metode LK pada data RDH lebih banyak menghasilkan area vektor pergerakan reflektifitas hujan dengan luasan yang lebih besar dibandingkan area dari reflektifitas dimana vektor pergerakan lebih sensitif di lokasi bagian pinggir piksel sementara di bagian tengah bersifat konstan.

Sementara hasil HS menghasilkan area vektor pergerakan hampir sesuai dengan luasan serta bentuk dari area reflektifitas hujan. Vektor pergerakan merata di setiap area deteksi serta mampu membedakan antar area reflektifitas hujan. Kelebihan dari metode LK adalah waktu proses yang dibutuhkan lebih cepat (11 detik) dibandingkan dengan metode HS (36 detik). Hal

ini disebabkan adanya proses iterasi pada metode HS dimana nilai minimum untuk mendapatkan hasil *optical flow* yang baik adalah 100 kali iterasi.

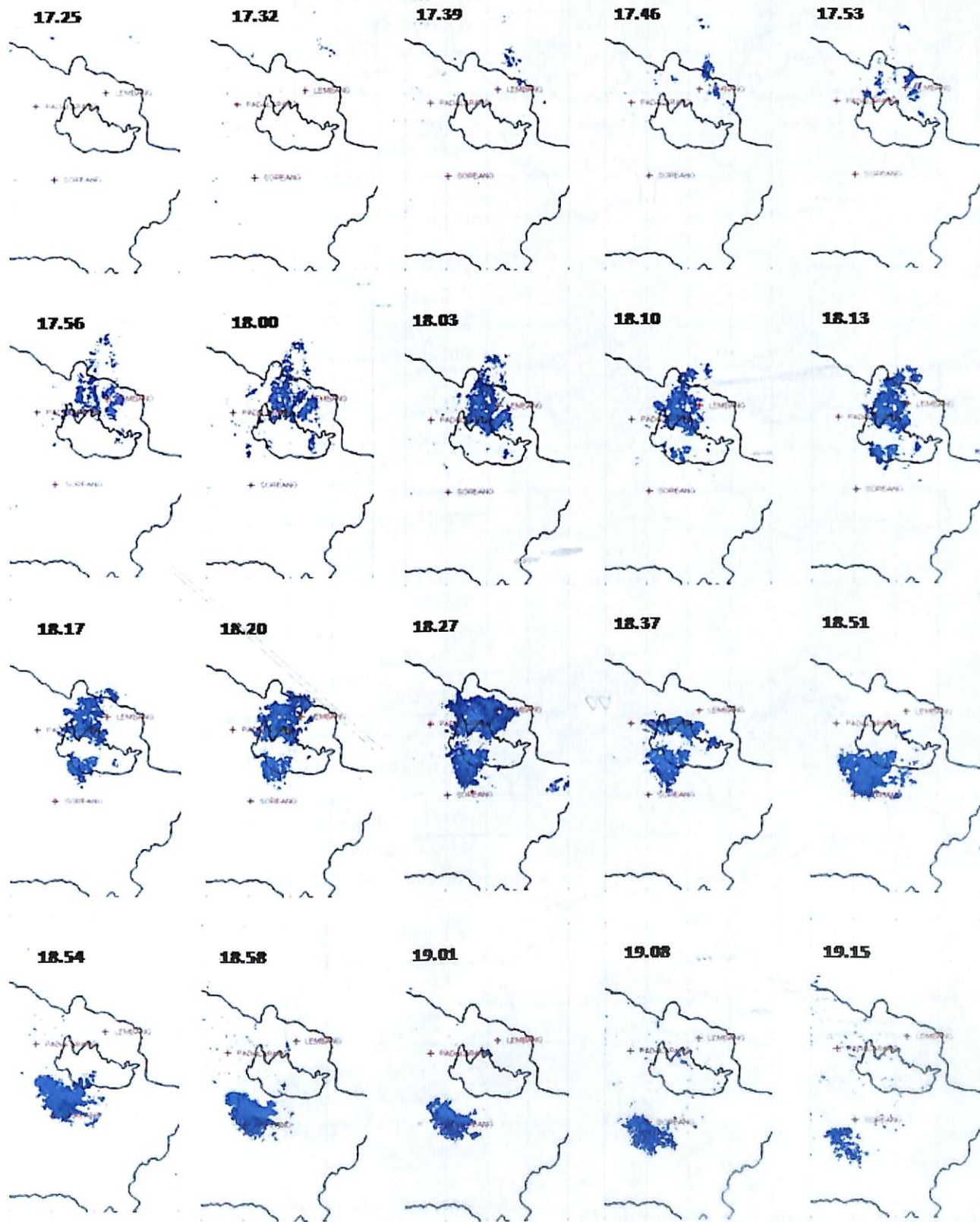
Arah pergerakan reflektifitas hujan yang diwakili oleh vektor hasil HS mampu memperlihatkan pola densitas area reflektifitas hujan namun masih terdapat beberapa kekurangan dalam menterjemahkan pergerakan objek (Gambar 6). Analisa berdasarkan pergerakan vektor serta nilai rerata komponen kecepatan horizontal dan vertikal ditunjukkan pada Tabel 4-1, dimana pada saat objek secara visual terlihat bergerak menuju selatan dan berbelok ke barat daya, ternyata diikuti oleh nilai rerata komponen vertikal (v) yang bernilai positif (dominan menuju selatan) serta komponen rerata horizontal (u) yang dominan bernilai negatif (menuju ke arah barat). Hasil ini menunjukkan bahwa sejak awal pergerakan dominan distribusi hujan adalah menuju arah barat daya.

Distribusi presipitasi pada pukul 18.17 – 18.20 terlihat dalam posisi statis (tidak bergerak), hal ini dibuktikan dari hasil deteksi RDH serta nilai u dan v yang relatif kecil. Nilai reflektifitas disekitar area RDH pada waktu tersebut terlihat menghilang akibat pengaruh faktor attenuasi.

Adanya pengaruh penggabungan sumber hujan terlihat dari hasil analisa komponen u dimana pada pukul 17.42 – 17.46 nilai u berubah menjadi positif hingga 18.10 – 18.13. ini menunjukkan adanya pengaruh penggabungan sumber hujan yang berasal dari arah barat laut yang mempengaruhi hasil vektor HS.

Tabel 1. Hasil Kecepatan Rerata Komponen u dan v Horn-Schunk

Data Pukul	u	v	Data Pukul	u	v
17.25 – 17.29	-0,125	0,717	18.13 – 18.17	-0,193	0,515
17.29 – 17.32	-0,28	0,795	18.17 – 18.20	-0,0477	0,0113
17.32 – 17.36	-0,098	0,727	18.20 – 18.27	0,138	0,137
17.36 – 17.39	-0,173	0,564	18.27 – 18.37	-0,454	0,425
17.39 – 17.42	-0,066	0,639	18.37 – 18.51	-0,363	0,483
17.42 – 17.46	0,037	0,546	18.51 – 18.54	-0,0828	0,525
17.46 – 17.53	0,676	0,676	18.54 – 18.58	-0,316	0,684
17.53 – 17.56	0,81	0,584	18.58 – 19.01	-0,0047	0,95
17.56 – 18.00	0,424	0,605	19.01 – 19.08	-0,337	0,812
18.00 – 18.03	0,375	0,526	19.08 – 19.15	-0,0692	0,989
18.03 – 18.10	0,531	0,359	19.15 – 19.25	-0,0326	0,629
18.10 – 18.13	0,084	0,737	-	-	-



Gambar 5. Rangkaian Gambar reflektifitas hujan pada tanggal 3 Februari 2015 (pukul 17.25 - 19.25 WIB).



Gambar 6. Vektor pergerakan dengan metode HS.

KESIMPULAN

RDH mampu memperlihatkan pergerakan hujan yang bersumber 2 arah yakni arah timur laut dan barat laut dari posisi RDH. Perbandingan antara LK dan HS menunjukkan bahwa metode HS

lebih baik dalam memperlihatkan pergerakan serta bentuk/densitas reflektifitas hujan. Kekurangan dari metode ini adalah memerlukan waktu proses yang lebih lama dibandingkan dengan LK. Arah pergerakan distribusi

reflektifitas hujan yang diwakili oleh vektor hasil HS mampu memperlihatkan arah pergerakan reflektifitas hujan. Penggabungan 2 sumber hujan berpengaruh terhadap hasil vektor HS. Kecepatan area hujan dapat dianalisa berdasarkan komponen u dan v hasil metode HS *optical flow*

¹¹<http://weather.meteo.itb.ac.id>, diakses tanggal 20 Maret 2014

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bpk Noersomadi atas saran dan masukannya.

Daftar Pustaka

- ¹Nugroho G.A, 2014. Hasil pengamatan RDH dan AWS pada kejadian hujan tanggal 2-3 Maret 2014 di daerah Bandung dan sekitarnya, Buku Variabilitas Cuaca dan Iklim di Indonesia, ISBN 978-979-1458-81-8
- ²Marshall J.S, dan Palmer W.M, 1948. *The Distribution of Raindrops with Size*, Journal of Atmospheric Sciences, 5, 165-166.
- ³Probert-Jones, J., (1962). *The radar equation in meteorology*, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 88, 485-495
- ⁴Nugroho G.A, Awaludin A, 2013. *Mapping method development using digital image processing to calibrate rainfall radar image*, Proceeding International Seminar of Aerospace Science and Technology 17th SIPTEKGAN-2013, No 26, 195-199.
- ⁵Schultz G,A, dan Engman. E.T, 2000. *Remote sensing in hydrology and water management*, Springer Verlag Berlin.
- ⁶Aubert G, Deriche. R, dan Kornprobst P, 1999. *Computing optical flow via variational techniques*. SIAM Journal on Applied Mathematics, 60(1):156-182.
- ⁷Beauchemin S.S. dan Barron J.L, 1995. *The computation of optical flow*. ACM Computing Surveys, vol. 27, issue 3, p 433-467.
- ⁸Cheung P, dan Yeung H.Y, 2012. *Application of optical-flow technique to significant convection nowcast for terminal areas in Hongkong*, The 3rd WMO International Symposium on Nowcasting and Very Short-Range Forecasting (WSN12), Rio de Janeiro Brazil, pp 1-10.
- ⁹Lucas B. and Kanade T. 1981. *An iterative image registration technique with an application to stereo vision*. In Proc. Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, Vancouver, Canada, pp. 674-679.
- ¹⁰Horn, B. and Schunck, B. 1981. *Determining optical flow*. Artificial Intelligence, 17:185-203.