
Pemanfaatan Satelit Himawari-8 Untuk Estimasi Curah Hujan Dengan Metode *Convective Stratiform Technique* (CST) Dan *Modified Convective Stratiform Technique* (Mcst) Di Wilayah Ekuatorial Dan Monsunal (Studi Kasus Sulawesi 2020)

Nur Habib Muzaki ⁽¹⁾, Eriska Febriati ⁽²⁾, Yosafat Donni Haryanto ⁽³⁾

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Jl. Perhubungan 1 No. 5 Komplek Meteorologi, Pondok Betung, Bintaro 15221, Indonesia.

e-mail: nur.habib.muzaki@stmkg.ac.id

ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu parameter cuaca yang sangat penting bagi kehidupan. Informasi data curah hujan mampu menunjukkan pola tipe curah hujan di suatu wilayah. Kurangnya rapat persebaran alat pengamatan curah hujan menyebabkan cakupan wilayah menjadi sempit. Oleh karena itu, pemanfaatan metode estimasi curah hujan dengan menggunakan data satelit merupakan salah satu solusi untuk mendapatkan data curah hujan di wilayah yang tidak memiliki alat pengamatan curah hujan. Dalam penelitian ini, estimasi curah menggunakan data satelit *Himawari-8* dengan menggunakan metode *Convective Stratiform Technique* (CST) dan *Modified Convective Stratiform Technique* (mCST). Metode CST merupakan metode yang memisahkan komponen awan konvektif dan *stratiform*, sedangkan metode mCST merupakan metode modifikasi intensitas curah hujan serta luasan area rata-rata yang dilingkupi piksel terhadap metode CST. Penelitian ini dilakukan di wilayah tipe hujan ekuatorial yang diwakili oleh Kabupaten Luwu Utara dan wilayah tipe hujan monsun yang diwakili oleh Kota Makassar. Penelitian ini dilakukan selama satu tahun dengan mengambil sampel bulan puncak curah hujan di kedua wilayah. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kualitas hasil estimasi curah hujan dengan menggunakan metode CST dan metode mCST. Berdasarkan hasil estimasi curah hujan, metode CST menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan metode mCST di kedua wilayah yang ditandai dengan nilai korelasi yang lebih baik. Nilai eror RMSE berkisar 33.80 mm/jam hingga 42.66 mm/jam dan Nilai MAE berkisar 26.30 mm/jam hingga 34.55 mm/jam. Berdasarkan penelitian ini, kedua metode estimasi curah hujan ini, kurang mampu mempresentasikan data curah hujan di kedua wilayah.

Kata kunci : *Estimasi curah hujan, Himawari-8, CST, mCST.*

ABSTRACT

Rainfall is one of the most important weather parameters for life. Rainfall data information is able to show the pattern of rainfall types in an area. The lack of a meeting of the distribution of rainfall observation instruments has resulted in a narrow coverage area. Therefore, the use of rainfall estimation methods using satellite data is one solution to obtain rainfall data in areas that do not have rainfall observation tools. In this study, the bulk estimation used Himawari-8 satellite data using the Convective Stratiform Technique (CST) method and the Modified Convective Stratiform Technique (mCST). The CST method is a method that separates the convective and stratiform cloud components, while the mCST method is a method of modifying rainfall intensity and the average area area covered by pixels to the CST method. This research was conducted in the equatorial rain type area represented by North Luwu Regency and the monsoon rain type area represented by Makassar City. This research was conducted for one year by taking samples of the peak months of rainfall in both regions. The purpose of this study was to compare the quality of the estimation results of rainfall using the CST method and the mCST method. Based on the results of rainfall estimation, the CST method produced better values compared to the mCST method in both regions which were characterized by better correlation values. RMSE error values range from 22.80 mm / hour to 42.66 mm / hour and MAE values range from 26.30 mm / hour to 34.55 mm / hour. Based on this research, these two rainfall estimation methods are not able to present rainfall data in the two regions.

Keywords : *Rainfall estimation, Himawari-8, CST, mCST.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu wilayah tropis dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Hal ini disebabkan adanya banyaknya interaksi sirkulasi udara baik dalam skala lokal, regional, dan global (Hasanah dkk., 2017). Data curah hujan di manfaatkan untuk mengetahui pola curah hujan di suatu wilayah untuk mengetahui kapan terjadinya awal musim hujan, awal musim kemarau serta puncak musim hujan untuk mengantisipasi bencana seperti kekeringan dan banjir.

Data curah hujan umumnya didapatkan melalui pengamatan langsung secara konvensional dengan menakar curah hujan menggunakan alat pengukur hujan. Akan tetapi, alat pengukur hujan yang hanya tersebar di beberapa wilayah dengan sebaran yang kurang rapat sehingga hanya bisa mencakup wilayah yang sempit (Danamik dkk., 2018). Sehingga menyebabkan tidak tersedianya data curah hujan di beberapa wilayah yang tidak memiliki alat pengukur hujan. Oleh karena itu, dibutuhkan metode estimasi curah hujan untuk mengatasi masalah tersebut. Pemanfaatan alat penginderaan jauh seperti satelit diharapkan sebagai solusi terhadap tidak tersedianya data curah hujan di beberapa wilayah (Krisnayanti dkk., 2020). Salah satu satelit cuaca yang sering digunakan adalah satelit *Himawari-8*.

Salah satu metode estimasi curah hujan yang memanfaatkan data satelit cuaca berupa kanal *Infrared (IR)* dengan berdasarkan suhu puncak awan adalah *Convective Startiform Technique (CST)* dan *Modified Convective Startiform Technique (mCST)*. Metode *Convective Startiform Technique (CST)* merupakan metode estimasi curah hujan dengan memanfaatkan suhu kecerahan awan untuk memisahkan awan konvektif dan *stratiform* yang di temukan oleh Alder dan Negri (1998), sedangkan Metode *Modified Convective Startiform Technique (mCST)* merupakan metode modifikasi intensitas curah hujan serta luasan area rata-rata yang dilingkupi piksel (Endarwin, 2014). Dalam penelitian yang dilakukan di wilayah Pontianak bahwa kedua metode *Convective Startiform Technique (CST)* dan *Modified Convective Startiform Technique (mCST)* memiliki hasil estimasi curah hujan per jam dengan kualitas yang baik serta korelasi yang kuat (Andani dan Endarwin, 2016). Kemudian dalam penelitian di wilayah Pontianak sebagai wilayah dengan tipe curah hujan ekuatorial serta di wilayah Surabaya sebagai wilayah dengan tipe curah hujan monsunial bahwa metode *Convective Startiform Technique (CST)* dan *Modified Convective Startiform Technique (mCST)*

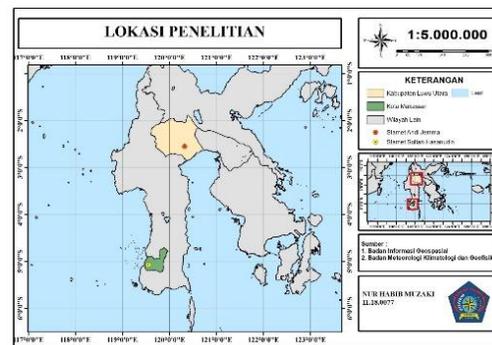
memiliki kemampuan yang cukup baik untuk estimasi curah hujan ringan dan sangat lebat (Andani dan Putra, 2016).

Dalam penelitian ini, metode *Convective Startiform Technique (CST)* dan *Modified Convective Startiform Technique (mCST)* digunakan dalam estimasi curah hujan pada tahun 2020 di pulau Sulawesi dengan wilayah yang memiliki tipe curah hujan ekuatorial dan monsunial. Untuk wilayah dengan tipe curah hujan ekuatorial yang memiliki dua puncak hujan dalam setahun diwakili oleh Kabupaten Luwu Utara dan tipe curah hujan monsunial diwakili oleh wilayah Kota Makassar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan kualitas hasil estimasi curah hujan dari metode *Convective Startiform Technique (CST)* dan *Modified Convective Startiform Technique (mCST)*.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Luwu Utara yang memiliki koordinat 20°30' sampai 2°37' Lintang Selatan dan 119°41' sampai 12°43' Bujur Timur dan Kota Makassar dengan koordinat 5° 30' hingga 5° 14' Lintang Selatan dan 19° 18' hingga 119° 32' Bujur Timur seperti yang digambarkan pada Gambar 1



Gambar 1. Peta wilayah penelitian.

2.2. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan curah hujan bulanan dan setiap satu jam selama satu tahun pada 2020 di Stasiun Meteorologi kelas III Andi Jemma dan Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, serta data satelit *Himawari-8* kanal 13 atau kanal *Infrared Enhance (IR)* yang diperoleh dari <ftp://satelit.bmkg.go.id> dalam format netCDF (.nc) setiap satu jam pada bulan Juni dan Desember pada tahun 2020.

2.3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk estimasi curah hujan adalah metode *Convective Stratiform Technique* (CST) dan *Modified Convective Stratiform Technique* (mCST). Data yang sudah ada di olah menggunakan *Microsoft Excel* serta *Google Colab*. Adapun pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan dan mengolah dalam *Microsoft Excel* data curah hujan bulanan sepanjang tahun 2020 di wilayah Kabupaten Luwu Utara dan Kota Makassar dalam bentuk garfik untuk melihat bulan puncak curah hujan.

2. Mengatur waktu dan koordinat lokasi penelitian

3. Konversi Data

Data satelit *Himawari-8* kanal *Infrared Enhance* (IR) setiap satu jam dalam bulan puncak hujan di konversi dalam ekstensi file *NetCDF* (.nc) sehingga diperoleh temperatur kecerahan awan (T_{BB}) atau T minimum dalam satu atau multi piksel.

4. Penentuan Inti Konvektif

Setelah melakukan identifikasi terhadap suhu kecerahan awan (T_{BB}), dilakukan pengukuran kekuatan awan konvektif dengan memperhitungkan *slope parameter* (S) (Alder dan negri, 1988).

5. Pemisahan Awan Konvektif dan *Stratiform*

Pemisahan awan konvektif dan *stratiform* ini dilakukan dengan menggunakan data satelit *Himawari-8* kanal *Infrared* dengan mencari *slope parameter* (S) dengan menggunakan rumus (Islam dkk., 2002; Endarwin, 2014):

$$S = k(T_{i-1,j-1} + T_{i-1,j} + T_{i+1,j+1} + T_{i+1,j} + T_{i,j-1} + T_{i,j} + 1 + T_{i+1,j-1} + T_{i-1,j+1} - 8T_{i,j}) \tag{1}$$

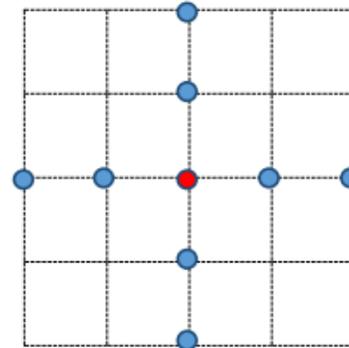
Keterangan:

S = *slope parameter* (S) (K)

i dan j = posisi nilai piksel dimana S dihitung

T = temperatur kecerahan awan (T_{BB}) (K)

K = konstanta (0.125)



Gambar 2. Lokasi 8 titik penentuan *slope parameter*.

Untuk pemisahan awan konvektif dan *stratiform* dilakukan dengan pembatasan yang menggunakan persamaan (Islam dkk, 2002; Endarwin, 2014):

$$S \geq \exp [0.0826 (T_{\min} - 207)] \tag{2}$$

Keterangan

T_{\min} = temperature minimum relatif dari T_{BB} (K)

Dalam penelitian ini, dilakukan pemilihan satu piksel sebagai perwakilan koordinat stasiun, sehingga data T_{\min} merupakan temperatur pada piksel tersebut. Apabila nilai *slope parameter* (S) memenuhi persamaan 2 maka merupakan inti awan konvektif dan sebaliknya (Islam dkk., 2002).

6. Penentuan luasan wilayah konvektif dan *stratiform*

Penentuan luasan wilayah konvektif dan *stratiform* ditentukan dengan menggunakan persamaan (Islam dkk., 2002; Endarwin, 2014). Untuk luasan awan konvektif ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\ln (A_c) = a T_{ci} + b \tag{3}$$

Keterangan:

A_c = luasan area hujan konvektif (km^2)

T_{ci} = temperatur puncak awan pada inti konvektif ke- i (K)

$a = -0.0492$

$b = 15.27$

Sedangkan untuk luasan awan *stratiform* ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\ln (A_s) = a T_s + b \tag{4}$$

Keterangan:

A_s = luasan area hujan *stratiform* (km^2)

T_s = temperatur puncak awan *stratiform* (K)

Dalam penelitian ini, hanya dipilih satu piksel yang mewakili koordinat stasiun, maka T_{\min} untuk T_{ci} dan T_s merupakan sebagai temperatur kecerahan awan pada piksel yang dibaca dalam penentuan T_s .

7. Tahapan estimasi curah hujan setiap jam. Estimasi curah hujan dengan menggunakan metode *Convective Startiform Technique* (CST) menggunakan persamaan sebagai berikut (Islam dkk., 2002; Enderwin, 2014):

$$\text{Curah Hujan Stratiform (mm)} = C(A_c/A)TR_c \tag{5}$$

Keterangan:

- C = baingan sel konvektif
- A_c = luasan area hujan konvektif (km²)
- A = rata-rata area yang dilingkup piksel (km²)
- T = rata-rata periode estimasi (jam)
- R_c = intensitas curah hujan konvektif (mm/jam)

$$\text{Curah Hujan Stratiform (mm)} = S_t(A_s/A)TR_s \tag{6}$$

Keterangan:

- S_t = bilangan sel stratiform
- A_s = luasan area hujan stratiform (km²)
- A = rata-rata area yang dilingkup piksel (km²)
- T = rata-rata periode estimasi (jam)
- R_s = intensitas curah hujan stratiform (mm/jam)

Nilai T adalah 1, dikarenakan estimasi curah hujan dilakukan untuk curah hujan setiap jam serta nilai C dan S_t juga adalah 1 karena pada penelitian ini hanya merujuk pada titik tertentu yang dipilih. Perbedaan spesifikasi metode *Convective Startiform Technique* (CST) dan *Modified Convective Startiform Technique* (mCST) yang digunakan dapat dilihat pada table table 1.

Tabel 1. Perbedaan spesifikasi metode CST dan mCST.

Metode	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)		Luasan Rata-Rata Area Yang Dilingkupi
	Konvektif (R _c)	Stratiform (R _s)	
CST	20	3.5	121
Mcst	26	0.8	202.1243

8. Verifikasi hasil estimasi curah hujan. Verifikasi hasil estimasi curah hujan dilakukan dengan data pengamatan curah hujan dari stasiun yang telah dipilih. Verifikasi dilakukan untuk melihat bagus atau tidak nya kedua metode tersebut terhadap hasil data pengukuran curah hujan observasi. Menurut Pahlevi (2016) verifikasi hasil estimasi curah hujan terhadap curah hujan observasi dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

a. Koefisien Korelasi (C)

Korelasi merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengetahui menguji ada atau tidaknya hubungan antar variabel, sedangkan koefisien korelasi (C) adalah bilangan yang

menyatakan besar kecilnya suatu hubungan (Pahlevi, 2016).

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (RO_i - \overline{RO})(RE_i - \overline{RE})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (RO_i - \overline{RO})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (RE_i - \overline{RE})^2}} \tag{7}$$

Tabel 2. Kategori koefisien korelasi.

Interval Korelasi	Tingkat Hubungan
0.00 - 0.199	Sangat Lemah
0.20 - 0.399	Lemah
0.40 - 0.599	Sedang
0.60 - 0.799	Kuat
0.80 - 1.000	Sangat Kuat

b. *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE digunakan untuk mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi antara data curah hujan hasil estimasi dengan data curah hujan hasil pengamatan atau observasi (Rizki, 2020).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RE_i - RO_i)^2}{n}} \tag{8}$$

c. *Mean Absolute Error* (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) adalah rata-rata absolut dari kesalahan estimasi, tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif.

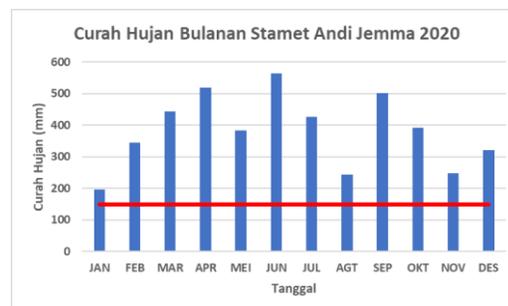
$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(RE_i - RO_i)| \tag{9}$$

Keterangan:

- RE_i dan RO_i = nilai estimasi curah hujan dan observasi ke-i
- \overline{RE} dan \overline{RO} = nilai rata-rata estimasi dan observasi
- n = jumlah data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penentuan Puncak Curah Hujan



Gambar 3. Curah hujan bulanan Stasiun Meteorologi Andi Jemma 2020.

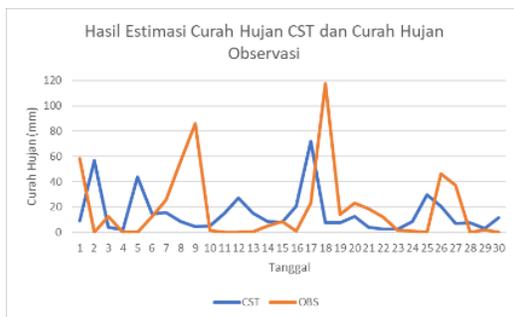
Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan curah hujan bulanan stasiun meteorologi Andi Jemma pada tahun 2020. Terlihat bahwa puncak curah hujan terjadi pada bulan Juni sebesar 563.6 mm.



Gambar 4. Curah hujan bulanan Stasiun Meteorologi Sultan Hasanudin 2020.

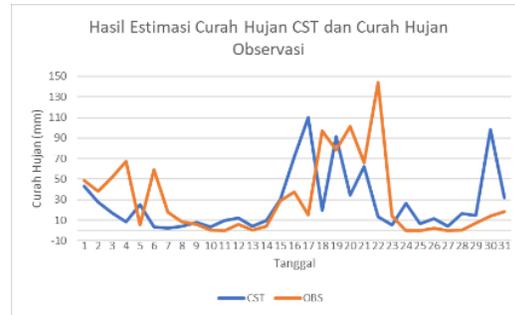
Berdasarkan Gambar 4, menunjukan curah hujan bulanan pada Stasiun Meteorologi Sultan Hasanudin pada tahun 2020. Terlihat bahwa puncak curah hujan terjadi pada bulan Desember sebesar 939.1 mm.

3.2. Estimasi Curah dengan Metode Convective Startiform Technique (CST)



Gambar 5. Hasil estimasi curah hujan CST dan curah hujan observasi di Stasiun Meterologi Andi Jemma.

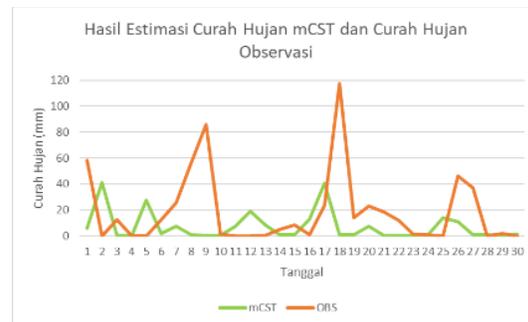
Berdasarkan Gambar 5, terlihat nilai estimasi curah hujan dengan metode Convective Startiform Technique (CST) di Kabupaten Luwu Utara, dengan menghasilkan estimasi curah hujan harian dengan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan data observasi, dengan selisih yang cukup tinggi. Data hasil estimasi curah hujan kurang baik dalam mempresentasikan curah hujan yang rendah di Kabupaten Luwu Utara.



Gambar 6. Hasil estimasi curah hujan CST dan curah hujan observasi di Stasiun Meteorologi Sultan Hasanudin.

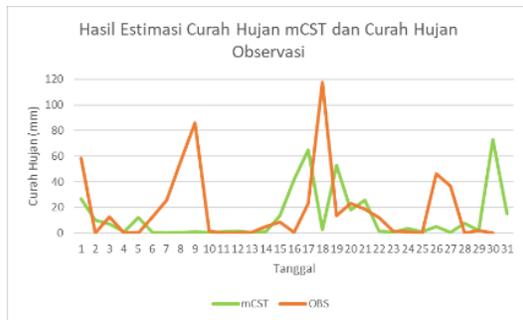
Berdasarkan Gambar 6, terlihat nilai estimasi curah hujan dengan metode Convective Startiform Technique (CST) di Kota Makassar, dengan menghasilkan estimasi curah hujan harian yang mampu mengikuti pola curah hujan dengan intensitas tinggi dari hasil data curah hujan observasi. Beberapa data hasil estimasi curah hujan juga dapat mendekati nilai curah hujan observasi.

3.3. Estimasi Curah Hujan dengan Metode Modified Convective Startiform Technique (mCST)



Gambar 7. Hasil estimasi curah hujan mCST dan curah hujan observasi di Stasiun Meterologi Andi Jemma.

Berdasarkan Gambar 7, terlihat nilai estimasi curah hujan dengan menggunakan metode Modified Convective Startiform Technique (mCST) di Kabupaten Luwu Utara. Pola estimasi curah hujan dengan metode mCST sangat berbeda dengan pola yang dihasilkan dari data curah hujan observasi. Nilai estimasi curah hujan yang berada di bawah nilai curah hujan observasi dengan selisih yang cukup besar.



Gambar 8. Hasil estimasi curah hujan mCST dan curah hujan observasi di Stasiun Meteorologi Sultan Hasanudin

Berdasarkan Gambar 8, terlihat nilai estimasi curah hujan dengan menggunakan metode *Modified Convective Startiform Technique* (mCST) di Kota Makassar. Pola estimasi curah hujan dengan metode mCST cukup baik dalam mempresentasikan curah hujan dalam intensitas yang rendah dengan selisih yang tidak terlalu besar. Akan tetapi tidak cukup baik dalam mempresentasikan data curah hujan observasi dalam intensitas yang tinggi, ditandai dengan besarnya selisih hasil data estimasi dan data observasi.

3.4. Verifikasi Hasil Estimasi Curah Hujan dengan Data Observasi

Tabel 3. Verifikasi data curah hujan hasil estimasi dengan data observasi.

	CST	mCST	Wilayah
Korelasi	-0.15	-0.17	Luwu Utara
RMSE	34.55	33.80	
MAE	23.27	21.46	
Korelasi	0.19	0.13	Makassar
RMSE	42.17	42.66	
MAE	26.93	26.30	

Berdasarkan Tabel 3, menunjukkan bahwa metode *Convective Startiform Technique* (CST) lebih baik dibandingkan dengan metode *Modified Convective Startiform Technique* (mCST) dengan nilai korelasi yang lebih besar yang menunjukkan bahwa curah hujan hasil metode *Convective Startiform Technique* (CST) lebih mendekati terhadap curah hujan hasil observasi. Nilai korelasi di Kota Makassar lebih besar dibandingkan dengan nilai korelasi di Kabupaten Luwu Utara yang menunjukkan bahwa metode *Convective Startiform Technique* (CST) di Kota Makassar lebih mendekati hasil observasi. Kemudian berdasarkan nilai RMSE, menunjukkan bahwa hasil kedua metode baik metode *Convective Startiform Technique* (CST) dan *Modified Convective Startiform Technique* (mCST) memiliki penyimpangan atau *error* yang besar terhadap data

observasi curah hujan, yaitu 33.8 nilai MAE atau nilai rata-rata sebesar 21.46 mm/jam hingga 26.30 mm/jam yang menunjukkan bahwa rata-rata penyimpangan estimasi curah hujan cukup besar dari kedua metode terhadap curah hujan observasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil estimasi curah hujan setiap jam dengan metode *Convective Startiform Technique* (CST) dan *Modified Convective Startiform Technique* (mCST) di wilayah dengan tipe curah hujan ekuatorial yang diwakili oleh Kabupaten Luwu Utara serta wilayah dengan tipe curah hujan monsunial yang diwakili oleh Kota Makassar diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode estimasi curah hujan *Convective Startiform Technique* (CST) menghasilkan estimasi curah hujan yang lebih dibandingkan metode *Modified Convective Startiform Technique* (mCST) di kedua wilayah.
2. Hasil estimasi curah hujan dari kedua metode di Kota Makassar memiliki estimasi yang lebih mendekati curah hujan hasil observasi dibandingkan dengan di Kabupaten Luwu Utara yang dapat dilihat dengan nilai korelasi yang lebih besar di Kota Makassar sebesar -0.15 hingga 0.19.
3. Berdasarkan hasil verifikasi estimasi curah hujan dan data observasi, bahwa estimasi curah hujan dengan metode *Convective Startiform Technique* (CST) dan *Modified Convective Startiform Technique* (mCST) ini menghasilkan penyimpangan yang besar terhadap curah hujan hasil observasi, yaitu sebesar 33.80 mm/jam hingga 42.66 mm/jam. Sehingga, kedua metode ini tidak cocok digunakan untuk estimasi curah hujan di Kota Makassar dan Kabupaten Luwu Utara.

DAFTAR PUSTAKA

Andani, A.J.P. dan Enderwin., (2016). Kajian Penerapan Estimasi Curah Hujan Per Jam Memanfaatkan Metode *Convection Stratiform Technique* (CST) dan *Modified Convective Stratiform Technique* (mCST) di Pontianak. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 3(3), 9-20.

Andani, A.J.P. dan Putra, R.M. (2016). Penerapan Curah Hujan dengan Metode CST dan MCST di Wilayah Tipe Curah hujan Ekuatorial dan Monsunial (Studi kasus Pontianak, November 2014 dan Surabaya,

- Januari 2014). Prosiding Seminar Hari Meteorologi Dunia
- Danamik R.A., Dewi, N.K.T., Wulandari, A.V., Fadlan,, A., 2018. Penggunaan Metode *Modified Convective Stratiform Technique* (mCST) di Wilayah Tipe Curah Hujan Ekuatorial, Monsunal dan Lokal. Seminar Nasional Penginderaan Jauh.
- Enderwin, 2014, Modifikasi *Convective Stratiform Technique* dengan Kombinasi Data Satelit Gelombang Mikro Pasif dan Inframerah untuk Estimasi Curah Hujan di Indonesia, Disertasi, Program Studi Sains Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Hasanah, N., Ugiarto, M., dan Puspitasari, N., 2017, Sistem Pengelompokan Curah Hujan Menggunakan Metode K-Means Di wilayah Kalimantan Timur, Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Vol. 2. No. 2.
- Islam, M. N., Islam, A. K. M. S., Hayashi, T., Terao, T. dan Uyeda, H, 2002, Application of a Method to Estimate Rainfall in Bangladesh Using GMS- 5 Data, *Journal of Natural Disaster Science*, Vol. 24, no. 2 pp 83-89.
- Jiang, S., Ren, L., Yong, B., Yang, X. dan Shi, L, 2010, Evaluation of High Resolution Satellite Precipitation Products with Surface Rain Gauge Observations from Laohahe Basin in Northern China. *Water Science and Engineering*, Vol. 3, no. 4 pp 405- 417.
- Krisnayanti, D. S., Welkis, D. F. B., Hepy, F. M., dan Legono, D. 2020. Evaluasi Kesesuaian Data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Dengan Data Pos Hujan Pada Das Temef Di Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(1), 51-62.
- Pahlevi, A. R., 2016. Skema Parameterisasi Kumulus Untuk Prediksi Hujan di Wilayah Bandar Lampung. *Prosiding SNSA*.
- Rizki, M., Basuki, S., & Azhar, Y. 2020. Implementasi Deep Learning Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory Untuk Prediksi Curah Hujan Kota Malang. *Repositor*, 2(3), 331-338.