

POTENSI PENGGUNAAN INTENSITAS HUJAN HASIL PENGAMATAN SATELIT UNTUK AMBANG HUJAN PEMICU TANAH LONGSOR

Agus Setyo Muntohar¹, Ani Hairani², Karina Aliya Nabila^{1*}, Nuriah Agrina²

¹*Landslide Research Center*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Kampus UMY
Jl. Brawijaya Tamantirto, D.I. Yogyakarta. 55183, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Kampus UMY
Jl. Brawijaya Tamantirto, D.I. Yogyakarta. 55183, Indonesia
email: karinaaliya14@gmail.com

Abstrak: Kejadian longsor yang dipicu oleh hujan sangat berkaitan erat dengan intensitas dan durasi hujan. Informasi waktu terjadinya longsor memerlukan rekaman curah hujan yang akurat melalui pengukuran di lokasi longsor. Namun, seringkali rekaman curah hujan tidak diperoleh di area longsor. Naskah ini menyajikan hasil kajian curah hujan hasil pengukuran di stasiun hujan permukaan (*ground station*) dan pengukuran satelit. Penelitian bertujuan mengkaji hubungan data curah hujan hasil pengukuran dengan *rain gauge* (RG) dengan data hujan satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) dan *Global Precipitation Measurement* (GPM). Lokasi kajian berada di Kalibawang yang berada pada koordinat 7°40'33"LS/110°15'49"BT. Hasil kajian menyimpulkan bahwa hubungan antara *rain gauge* dengan data satelit termasuk dalam kategori sedang dengan nilai korelasi dari 0,50 hingga 0,55. Data satelit memiliki performa yang lebih baik dalam pengukuran curah hujan dibandingkan pengukuran curah hujan langsung di lapangan karena intensitas TRMM > intensitas GPM > intensitas *rain gauge*.

Kata kunci: : curah hujan, satelit, *rain gauge*, GPM, TRMM

1. PENDAHULUAN

Penelitian-penelitian terdahulu (seperti oleh Aleoti, 2004; Keefer dkk., 1987; Reichenbach dkk., 1998; Muntohar, 2008; Muntohar dkk., 2021) telah dilakukan untuk mengembangkan suatu sistem untuk memprediksi peristiwa longsor. Prediksi ini digunakan sebagai peringatan dini tanah longsor untuk mengurangi risiko kerusakan serta korban. Menurut (Keefer et al. 1987), pemodelan hubungan kejadian longsor dengan curah hujan anteseden atau curah hujan kumulatif sebelum kejadian longsor dapat memprediksi kejadian tanah longsor. Informasi waktu dan lokasi kejadian longsor sangat berkaitan erat dengan intensitas dan durasi hujan yang memicu terjadinya longsor (Glade dkk., 2000; Miardini dan Susanti, 2020). Sehingga, informasi curah hujan yang akurat menjadi salah satu parameter penentu dalam pemodelan ambang batas hujan. Kendala yang sering dijumpai adalah ketidakterediaan data hujan di dekat lokasi longsor.

Penggunaan data satelit dapat membantu untuk pengambilan data curah hujan di lokasi kejadian longsor. Data satelit yang sering digunakan dalam penentuan ambang hujan pemicu longsor adalah *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) dan *Global*

Precipitation Measurement (GPM). Umumnya, satelit curah hujan yang digunakan dalam penelitian prediksi kejadian longsor adalah satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (Villarini et al. 2008). Namun saat ini, TRMM diteruskan dengan generasi baru yaitu *Global Precipitation Measurement* (GPM). Misi satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) bertujuan untuk menetapkan standar baru dan memberikan produk curah hujan generasi baru. Produk presipitasi TRMM mengungguli produk satelit lainnya seperti PERSIANN dan CMORPH. Namun, setelah adanya generasi baru yaitu GPM, produk GPM IMERG umumnya berkinerja lebih baik daripada produk TRMM TMPA pada rentang waktu harian dan bulanan (Zhang dkk. 2018).

Hasil-hasil penelitian yang telah diuraikan pada paragraf di atas telah menunjukkan bahwa pengamatan curah hujan berbasis satelit dapat digunakan sebagai alternatif ketidakterediaan data curah hujan di lokasi longsor. Penelitian bertujuan untuk mengkaji hubungan data curah hujan *Rain Gauge* dengan data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) dan *Global Precepitation Measurement* (GPM). Hasil kajian ini dapat memberikan kontribusi untuk penentuan ambang hujan pemicu tanah longsor.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data Hujan

Data hujan yang digunakan berasal dari alat ukur curah hujan (*rain gauge*) di Kalibawang yang berada pada koordinat $7^{\circ}40'33''\text{LS}/110^{\circ}15'49''\text{BT}$ seperti pada Gambar 1. Data hujan dari *rain gauge* (RG) merupakan hasil pengukuran hujan harian selama tahun 2015. Selanjutnya, data curah hujan berbasis satelit *TRMM* dan *GPM* diambil dengan memasukkan koordinat stasiun hujan melalui laman <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>. Data curah hujan yang diunduh dari laman tersebut adalah *daily accumulated precipitation (combine microwave-IR) estimate-Final Run* dalam format *csv*.



Gambar 1. Peta titik koordinat lokasi dan stasiun hujan

2.2. Analisis Data

Analisis korelasi curah hujan hasil pengukuran RG dengan *TRMM*, dan *GPM* dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara ketiga data hujan. Terdapat tiga grafik hubungan yaitu hubungan (1) hujan RG dan hujan *TRMM*, (2) hujan RG dan hujan *GPM*. Analisis hubungan dilakukan untuk intensitas hujan harian dan hujan kumulatif. Hubungan linier kedua variabel hujan ditentukan dengan koefisien korelasi r seperti pada persamaan 1. Derajat korelasi kedua variabel hujan dinilai berdasarkan Tabel 1.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

Tabel 1. Kategori Koefisien Korelasi (Azka et al. 2018)

Interval Koefisien Korelasi (r)	Kategori Korelasi
0,00 – 0,199	Sangat Lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Pada penelitian ini, data hujan dari hasil pengukuran RG sebagai variabel terikat (*dependent*, Y) dan hujan berbasis data satelit (*GPM* dan *TRMM*) sebagai variabel bebas (*independent*, X). Uji kesalahan dari hujan *TRMM* dan *GPM* terhadap hujan rain RG dihitung dengan MAE dan RMSE seperti dituliskan pada persamaan 2 dan 3.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n (RE_i - \hat{RE}_i)}{n} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RE_i - \hat{RE}_i)^2}{n}} \quad (3)$$

dengan, RE_i = Nilai hasil observasi; \hat{RE}_i = Nilai hasil prediksi; n = Jumlah data.

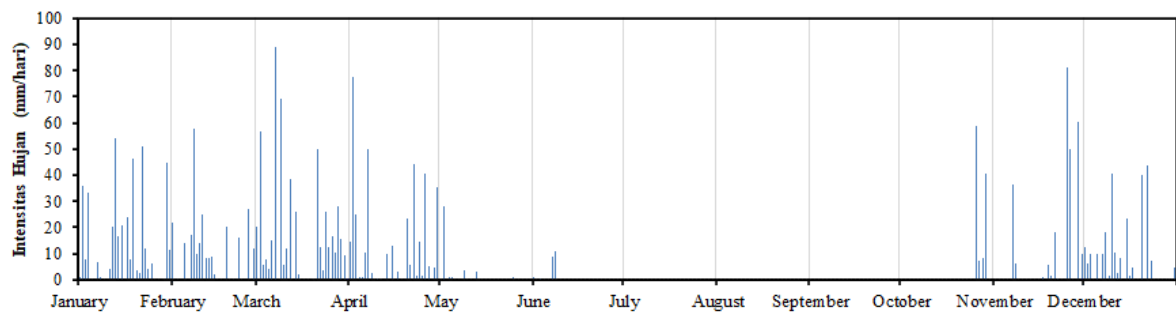
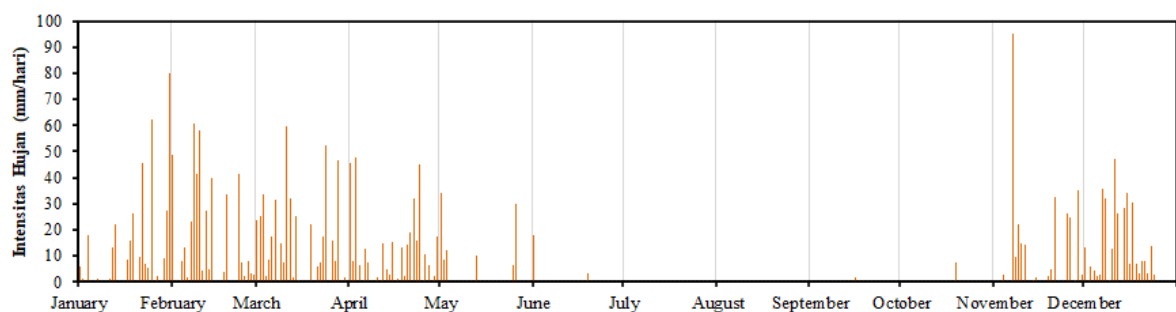
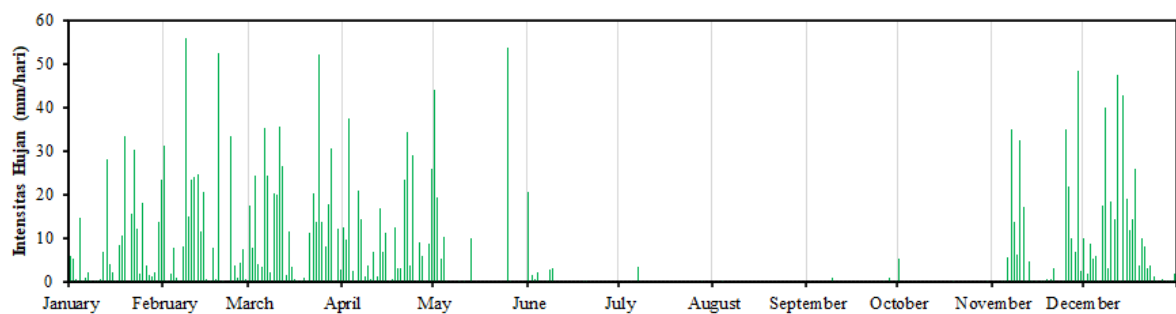
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekaman intensitas hujan harian selama setahun untuk hasil pengukuran RG, *TRMM*, dan *GPM* disajikan pada Gambar 2 hingga Gambar 4. Secara umum pada bulan-bulan kering antara Juli hingga September hampir tidak terjadi hujan atau intensitas hujan sangat rendah sekali (*intensitas* $< 0,1$ mm/hari). Tabel 2 menyajikan intensitas hujan rata-rata dan jumlah hari hujan (HH) pada tiap-tiap bulan untuk masing-masing jenis pengukuran hujan. Mengacu pada skenario perubahan iklim model *CMIP5* yang dilakukan oleh Muntohar dan Ikhsan (2015), bulan basah terjadi pada bulan November hingga April, sedangkan bulan kering terjadi pada bulan Mei hingga Oktober. Hasil pengamatan hujan RG, mengindikasikan bahwa pada bulan Juli – September tidak terjadi hujan. Namun, hasil pengukuran ini berbeda dengan hasil pengamatan *TRMM* dan *GPM* seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata intensitas hujan dan jumlah hari hujan

Bulan	RG		TRMM		GPM	
	I _{av}	HH	I _{av}	HH	I _{av}	HH
Januari	18	23	19,1	19	11,2	22
Februari	17,5	15	21,7	20	19,6	17
Maret	21,5	25	20,1	23	16,2	26
April	16	24	15,1	23	12,7	24
Mei	5	8	17	6	23,8	6
Juni	5	4	11	2	6,1	5
Juli	0	0	0	0	3,4	1
Agustus	0	0	0	0	0	0
September	0	0	2	1	0	0
Oktober	29	4	7	1	5,3	1
November	25	11	18	16	17,3	14
Desember	14,1	18,0	15,0	22	13,9	23

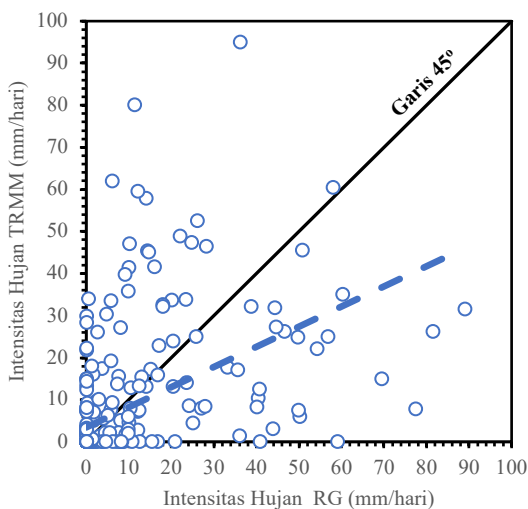
Keterangan : I_{av} = intensitas hujan (mm/hari); HH = jumlah hari hujan (hari)

**Gambar 2.** Rekaman intensitas hujan hasil pengukuran RG**Gambar 3.** Rekaman intensitas hujan hasil pengukuran TRMM**Gambar 4.** Rekaman intensitas hujan hasil pengukuran GPM

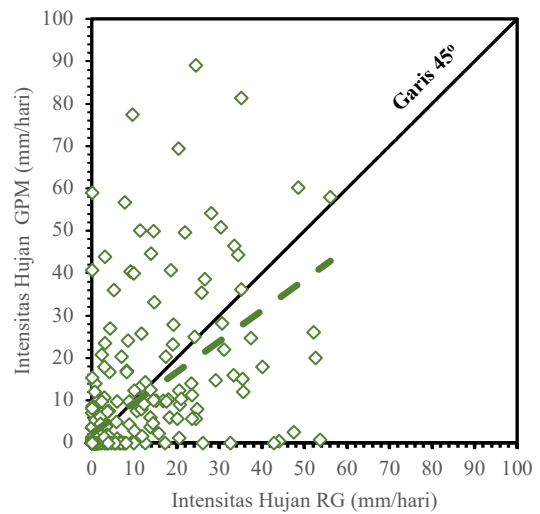
Analisis hubungan antara intensitas hujan harian RG dan TRMM serta hubungan intensitas hujan harian RG dan GPM disajikan pada Gambar 5 dan 6. Koefisien korelasi masing-masing disajikan pada Tabel 3 yang berkisar 0,5 hingga 0,55. Berdasarkan Tabel 1, nilai korelasi antara intensitas hujan RG dan TRMM termasuk kategori korelasi sedang ($r = 0,5$). Untuk korelasi intensitas hujan RG dan GPM juga memiliki hubungan kategori sedang ($r = 0,55$). Sedangkan korelasi antara hujan kumulatif RG dan TRMM serta GPM disajikan pada Gambar 7 dan 8. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing hubungan hujan kumulatif seperti disajikan pada Tabel 4. Berbeda dengan hubungan intensitas hujan, hubungan antar hujan kumulatif ini sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi yang lebih besar dari 0,80. Berdasarkan hubungan intensitas hujan dan hujan kumulatif antara data RG dan data satelit, maka hubungan hujan dari data RG lebih kuat dengan data GPM daripada dengan TRMM. Hasil ini sesuai dengan kajian yang dilakukan oleh As-Syakur dkk. (2011), Azka dkk. (2018), dan Sipayung dkk. (2014).

Tabel 1. Nilai korelasi antara data intensitas hujan harian

Parameter	Hubungan Intensitas Hujan	
	RG – TRMM	RG – GPM
Koefisien korelasi, r	0,50	0,55
MAE	-0,16	0,62
RMSE	13,95	12,25



Gambar 5. Grafik korelasi data intensitas hujan harian *rain gauge* dengan TRMM



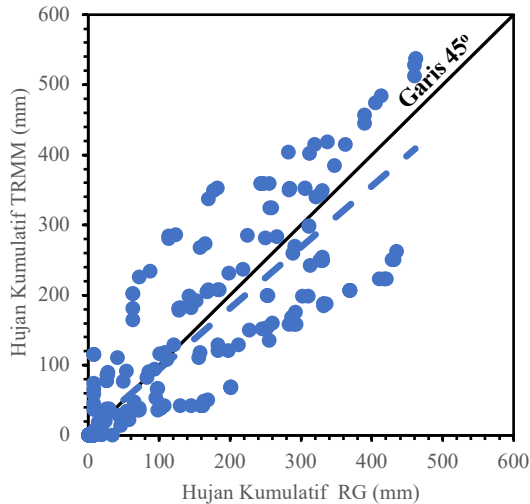
Gambar 6. Grafik korelasi data intensitas hujan harian *rain gauge* dengan GPM

Tabel 2. Nilai korelasi antara data hujan kumulatif

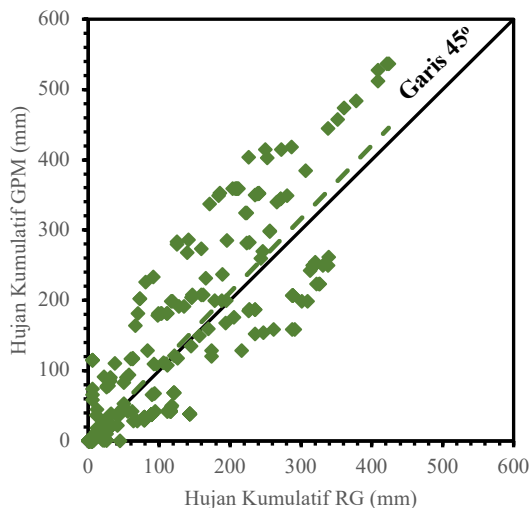
Parameter	Hubungan Hujan Kumulatif	
	RG – TRMM	RG – GPM
Koefisien korelasi, r	0,87	0,88
MAE	-6,6	6,5
RMSE	65,15	61,6

Pada penelitian ini, dilakukan analisis selisih intensitas hujan antara RG, TRMM, dan GPM. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapat hasil bahwa selisih antara RG dengan TRMM sangat besar hingga -65,15 sehingga dapat diartikan bahwa TRMM memiliki intensitas yang lebih besar dibandingkan *rain gauge*. Hal yang sama terjadi pada *rain gauge* dan GPM, selisih antara keduanya mencapai -61,6 sehingga intensitas GPM lebih besar dari pengukuran RG. Namun, jika sesama data satelit dibandingkan, didapati hasil bahwa TRMM lebih besar dari pada GPM. Maka didapatkan hasil bahwa intensitas hujan harian TRMM lebih besar dari GPM dan lebih besar dari pengukuran RG ($\text{Intensitas TRMM} > \text{Intensitas GPM} > \text{Intensitas RG}$). Setelah menentukan besaran nilai korelasi untuk mengetahui hubungan dari masing-masing parameter, dilakukan uji MAE dan RMSE. Pada penelitian ini, masing-masing data curah hujan memiliki nilai korelasi yang cukup tinggi ditunjukkan pada nilai MAE dan RMSE pada Tabel 3 dan 4. Sehingga, data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini (*data rain gauge*

maupun data satelit) masih memiliki tingkat kesalahan yang cukup tinggi.



Gambar 7. Grafik korelasi data hujan *rain gauge* dengan TRMM



Gambar 8. Grafik korelasi data hujan kumulatif *rain gauge* dengan GPM

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan antara *rain gauge* dengan data satelit termasuk dalam kategori sedang hingga kuat terlihat dari nilai korelasi 0,50 - 0,55. Dan data satelit memiliki performa yang lebih baik dalam pengukuran curah hujan dibandingkan pengukur curah hujan langsung dilapangan karena intensitas TRMM > intensitas GPM > intensitas *rain gauge*. Nilai koefisien korelasi untuk masing-masing hubungan hujan kumulatif sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi yang lebih besar dari 0,80. Pada penelitian ini,

masing-masing data curah hujan memiliki nilai korelasi yang cukup baik, akan tetapi memiliki nilai MAE dan RMSE masih memiliki tingkat kesalahan yang cukup tinggi. Sehingga, data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini (data *rain gauge* maupun data satelit) masih perlu dikaji tingkat kesalahannya dalam rentang waktu yang lebih spesifik.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan dana penelitian berjudul “Satellite-Derived Rainfall Threshold for Landslide Early Warning” melalui skema Penelitian Kerjasama Luar Negeri tahun 2021. Penelitian ini didukung oleh mitra dari University of Twente dan Balai Teknik SABO.

6. REFERENSI

- Aleotti, P., 2004, A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Engineering Geology*, 73, 247–265. Doi: 10.1016/j.enggeo.2004.01.007
- As-Syakur A.R., T. Tanaka, R. Prasetya, I. Swardika, I. Kasa. 2011. Comparison of TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA) products and daily-monthly gauge data over Bali. *International Journal of Remote Sensing* 32 (24):8969-8982
- Azka M.A., P.A. Sugianto, A.K. Silitonga, I.R. Nugraheni. 2018. Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit GPM IMERG di Surabaya, Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* 19 (2):83-88
- Glade, T., Crozier, M., Smith, P., 2000, Applying Probability Determination to Refine Landslide-triggering Rainfall Thresholds Using an Empirical “Antecedent Daily Rainfall Model”. *Pure and Applied Geophysics*, 157 1059–1079.
- Keefer D.K., R.C. Wilson, R.K. Mark, E.E. Brabb, W.M. Brown, S.D. Ellen, E.L. Harp, G.F. Wiczorek, C.S. Alger, R.S. Zatkun. 1987. Real-time landslide warning during heavy rainfall. *Science* 238 (4829):921-925
- Miardini, A., Susanti, P.D., 2020, Determination of cumulative rainfall threshold trigger of landslides in Grindulu watershed as an early warning effort. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7(2), 2059-2064. Doi: 10.15243/jdmlm.2020.072.2059
- Muntohar, A.S., 2008, Toward Regional Rainfall Threshold For Landslide Occurrence In

- Yogyakarta And Central of Java. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 40-47.
- Muntohar A.S., Ikhsan, J., 2015, Studi Dampak Perubahan Iklim Terhadap Longsoran Lereng, Laporan Tahun ke-1 Penelitian Hibah Kompetensi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Muntohar A.S., Mavrouli O., Jetten V.G., van Westen C.J., Hidayat R., 2021, Development of Landslide Early Warning System Based on the Satellite-Derived Rainfall Threshold in Indonesia. In: Casagli N., Tofani V., Sassa K., Bobrowsky P.T., Takara K. (eds) *Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk*. WLF 2020. ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction. Springer, Cham, pp. 227-235. Doi: 10.1007/978-3-030-60311-3_26
- Reichenbach, P., Cardinali, M., De Vita, P., & Guzzetti, F., 1998, Regional hydrological thresholds for landslides and floods in the Tiber River Basin (Central Italy) *Environmental Geology*, 35(2-3), 146-159. Doi: 10.1007/s002540050301
- Sipayung S.B., N. Cholianawati, I. Susanti, E. Maryadi. 2014. Pengembangan Model Persamaan Empiris Dalam memprediksi Terjadinya Longsor di Daerahaliran Sungai (DAS) Citarum (Jawa Barat) Berbasis Data Satelit TRMM. *Jurnal Sains Dirgantara* 12 (1):12-21
- Villarini G., P.V. Mandapaka, W.F. Krajewski, R.J. Moore. 2008. Rainfall and sampling uncertainties: A rain gauge perspective. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 113, D11102, Doi: 10.1029/2007JD009214
- Zhang S., D. Wang, Z. Qin, Y. Zheng, J. Guo. 2018. Assessment Of The Gpm and Trmm Precipitation Products Using The Rain Gauge Network Over The Tibetan Plateau. *Journal of Meteorological Research* 32 (2):324-336