

ANALISIS DATA *DOWNSCALED* IMERG TERKALIBRASI DAN STASIUN CURAH HUJAN DENGAN METODE REGRESI *RANDOM FOREST*

Muhammad Hadziq M.^{1*)}, Raden Harya Dananjaya²⁾, Galuh Chrismaningwang³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta Ketingan, Jl. Ir. Sutami No.36, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126;
Email: muhammadhadziq9@gmail.com^{1*)}, dananjaya.harya@gmail.com²⁾, galuh@ft.uns.ac.id³⁾

Abstrak

Tanah longsor sering terjadi di Indonesia, salah satunya di Kabupaten Karanganyar. Penyebabnya adalah intensitas curah hujan yang tinggi. Data curah hujan sangat penting untuk analisis tanah longsor, yang umumnya diperoleh dari stasiun pengamatan hujan. Namun, data ini memiliki beberapa keterbatasan, termasuk distribusi stasiun hujan pengamatan yang tidak merata dan jarang. Selain itu, data ini kurang efektif dalam memvisualisasikan curah hujan di suatu area. Salah satu solusinya adalah mengembangkan data curah hujan satelit, yaitu *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM* (IMERG). Namun, IMERG memiliki resolusi besar dengan skala piksel $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses *downscaled* dan kalibrasi. Studi ini bertujuan untuk menganalisis akurasi curah hujan yang di-*downscale* oleh IMERG dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan metode regresi *Random Forest* di Kecamatan Matesih, Kabupaten Karanganyar. Penelitian ini dilakukan dengan memproses data hujan. Proses pemrosesan data hujan dilakukan dengan men-*downscale* IMERG menggunakan metode regresi *Random Forest* (RF) menggunakan skrip *Python*. Kemudian, data hujan diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS GIS). Hasil validasi IMERG yang di-*downscale* dan dikalibrasi dengan metode RF menggunakan data stasiun curah hujan menunjukkan hasil yang sangat baik, dengan nilai R^2 antara 0.5 hingga 0.9.

Kata kunci: *Downscaling*, Data Hujan, *Random Forest*, Kalibrasi, Validasi.

Abstract

Landslides often occur in Indonesia, one of which is in Karanganyar Regency. The reason is the high intensity of rainfall. Rainfall data is essential for landslide analysis, which is generally obtained from rain observation stations. However, this data has several limitations, including uneven and rare observation station distribution. Furthermore, the data is less effective in visualizing rainfall in an area. One of the solutions is developing satellite rainfall data, Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). However, IMERG has a large resolution of $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ pixel scale. Thus it needs to be downscaled and calibrated. This study aims to analyze rainfall accuracy downscaled by IMERG and NDVI with Random Forest regression in Matesih District, Karanganyar Regency. This research was conducted by processing the rain data. Rain data processing is done by downscaling IMERG with the Random Forest (RF) regression method using Python script. Then the rain data was processed using Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) software. The results of the downscaled and calibrated IMERG validation with RF with rainfall station data are excellent, with the R^2 value is 0.5 to 0.9.

Keywords: *Downscaling, Rain Data, Random Forest, Calibration, Validation.*



Copyright © 2022 The Author(s)
This is an open access article under the [CC-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga rentan terhadap bencana hidrometeorologi, seperti tanah longsor. Selain itu, berdasarkan situs resmi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2022 ada sekitar 183 kejadian tanah longsor. Kabupaten Karanganyar merupakan salah satu

daerah yang rentan terhadap longsor di Provinsi Jawa Tengah. Salah satu faktor risiko tanah longsor ialah intensitas curah hujan yang tinggi pada saat musim hujan.

Analisis perhitungan angka aman kelongsoran sangat memerlukan data curah hujan yang didapatkan dari stasiun hujan sesuai daerah asal. Akan tetapi, Desa Plosorejo tidak memiliki data hujan stasiun sehingga diperlukan data

alternatif yang didapatkan melalui teknologi terbaru dengan penginderaan jarak jauh, dimana data curah hujan tersebut spasial dengan jangkauan luas, yaitu *Tropical Rainfaall Measuring Mission* (TRMM) yang sudah berhenti pada tahun 2019. Kemudian, data TRMM yang sudah berhenti tersebut dilanjutkan dengan data *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM* (IMERG) karena data hujan tersebut masih terus berlanjut hingga sekarang. IMERG merupakan data curah hujan spasial yang beresolusi kecil ataupun kasar, yaitu 10×10 kilometer, sehingga skalanya harus diturunkan (*downscaling*) agar memiliki resolusi yang besar.

Downscaling adalah penurunan skala yang dikerjakan dengan menyabungkan data IMERG dengan resolusi spasial yang kasar dan variabel lingkungan (*environment variable*). Salah satu contoh variabel lingkungan ialah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Proses *downscaling* data IMERG dilakukan dengan berbagai cara, antara lain *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) (Cheema, *etal.*, 2021)

Output nilai *downscaling* data IMERG kemudian dilanjutkan dengan kalibrasi serta validasi menggunakan curah hujan dari stasiun hujan. Prosedur tersebut bertujuan agar *output* nilai *downscaling* data IMERG yang dihasilkan sama dengan data curah hujan dari stasiun hujan. Data IMERG yang terkalibrasi dan tervalidasi dipakai dalam perhitungan kedalaman tanah jenuh akibat masuknya air hujan ke dalam tanah. Penelitian ini dilakukan agar mengetahui proses *downscaling* hujan IMERG dan tingkat akurasi data hujan IMERG dengan data hujan stasiun menggunakan metode *Random Forest* (RF) di Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.

2. METODE

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yang dihimpun berupa data citra satelit dan data curah hujan stasiun. Data citra satelit berupa data IMERG dan NDVI dapat diperoleh melalui situs-situs resmi yang ditampilkan pada **Tabel 1**. Sedangkan data curah hujan stasiun dapat

diperoleh melalui Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo.

Tabel 1. Situs-situs resmi data citra satelit

| Data | Situs |
|-------|---|
| IMERG | https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/GPM_3IMERGDF_06/summary |
| NDVI | https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13a3v006/ |

Metode penelitian

Proses *Downscaling* Data IMERG

Proses *downscaling* ini dilakukan untuk menurunkan skala atau memperbesar resolusi dari data IMERG agar memiliki resolusi yang sama dengan data *environment* berupa data NDVI. Kedua parameter yang telah memiliki resolusi yang sama tersebut kemudian dianalisis untuk mencari persamaan regresi dengan metode *Random Forest* (RF). Langkah-langkah *downscaling* data IMERG adalah sebagai berikut,

1. Menyiapkan data hujan IMERG yang memiliki resolusi $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ dalam harian dan data NDVI yang memiliki resolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ dalam tahunan.
2. Melakukan *upscaling* temporal terhadap data IMERG beresolusi $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ dalam satu harian (P_{IMERG}^{orig}) menjadi IMERG beresolusi $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ dalam tahunan ($P_{IMERG}^{uncal-10km}$),
3. Melakukan *upscaling* spasial terhadap data *environment* berupa data NDVI beresolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ dalam tahunan ($NDVI^{250m}$), menjadi data NDVI beresolusi $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ dalam tahunan ($NDVI^{10km}$),
4. Mencari hubungan antara data IMERG ($P_{IMERG}^{uncal-10km}$) dengan data *environment* ($NDVI^{10km}$) yang telah memiliki resolusi yang sama menggunakan model regresi *Random Forest* (RF),
5. Menghitung hujan perkiraan (P_{IMERG}^{10km}), dengan memasukkan data *environment* beresolusi $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ ($NDVI^{10km}$) ke dalam model regresi yang telah diperoleh pada langkah 3,

6. Menghitung hujan residu beresolusi $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ (P_{res}^{10km}) dengan mengurangi hujan perkiraan (P_{IMERG}^{10km}) dengan data hujan IMERG beresolusi $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ ($P_{IMERG}^{uncal-10km}$),
7. Melakukan interpolasi *spline* terhadap estimasi hujan residu (P_{res}^{10km}) sehingga diperoleh hujan residu beresolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ (P_{res}^{250m}),
8. Menghitung hujan tak terkoreksi residu (P_{env}^{10m}) dengan memasukkan data *environment* beresolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ ($NDVI^{250m}$) ke dalam model regresi yang telah diperoleh pada langkah 3,
9. Menghitung hujan terkoreksi ($P_{IMERG}^{uncal-250m}$), dengan cara menambahkan hasil hujan residu (P_{res}^{250m}) dengan hujan tak terkoreksi residu (P_{env}^{250m}). Data hujan terkoreksi ($P_{IMERG}^{uncal-250m}$) merupakan hasil dari *downscaling* data IMERG.

Penentuan Data Training dan Testing

Data *training* dan *testing* yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan stasiun yang diperoleh melalui Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo. Data *training* diperlukan untuk proses kalibrasi data IMERG dan data *testing* diperlukan untuk proses validasi data IMERG. Data curah hujan stasiun yang diperoleh memiliki rentang waktu 10 tahunan (2012-2021) dan terdiri atas 16 pos stasiun hujan. Proses penentuan data *training* dan *testing* dari data curah hujan stasiun adalah sebagai berikut,

1. Mengurutkan 16 pos stasiun hujan dengan urutan rata-rata curah hujan tahunan terendah hingga tertinggi (stasiun 1 – stasiun 16),
2. Sembilan stasiun hujan dengan urutan stasiun 1, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 13, dan 15 digunakan sebagai data *training*,
3. Enam stasiun hujan dengan urutan 2, 4, 6, 10, 12, 14, dan 16 digunakan sebagai data *testing*.

Kalibrasi Data IMERG

Proses kalibrasi data IMERG dilakukan dengan menggunakan data hujan terkoreksi ($P_{IMERG}^{uncal-10m}$) hasil dari *downscaling* IMERG dan data *training* curah hujan stasiun ($P_{training}^{RGS}$). Metode yang digunakan dalam proses ini adalah *Geographical Differential Analysis* (GDA). Langkah-langkah untuk mengkalibrasi data IMERG adalah sebagai berikut,

1. Menghitung selisih hujan *error* (P_{error}^{point}) dengan mengurangi data hujan terkoreksi hasil *downscaling* IMERG ($P_{IMERG}^{uncal-10m}$) dengan data *training* hujan stasiun ($P_{training}^{RGS}$),
2. Melakukan interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW) terhadap selisih hujan *error* (P_{error}^{point}) untuk menghasilkan hujan *error* beresolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ (P_{error}^{10m}),
3. Menghitung hujan terkalibrasi ($P_{IMERG}^{cal-250m}$) dengan menambahkan hujan *error* beresolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ (P_{error}^{250m}) dengan estimasi hujan terkoreksi hasil *downscaling* ($P_{IMERG}^{uncal-250m}$). Hujan terkalibrasi ($P_{IMERG}^{cal-250m}$) merupakan hasil dari kalibrasi data IMERG.

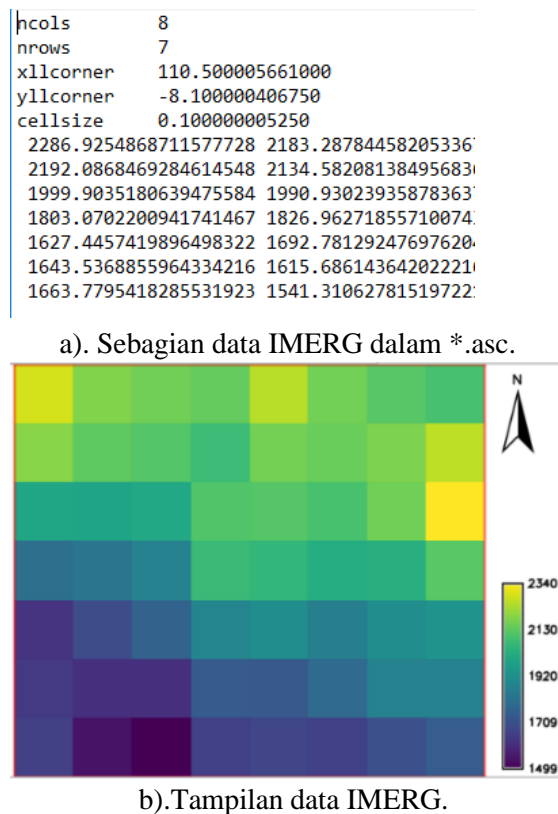
Validasi Data IMERG

Proses validasi data IMERG dilakukan dengan menggunakan data hujan terkalibrasi ($P_{IMERG}^{cal-250m}$) yang akan divalidasi terhadap data *testing* curah hujan stasiun ($P_{testing}^{RGS}$). Proses validasi dilakukan dengan metode *Root Mean Square Error* (RMSE), *R-Squared* (R^2), dan Bias. Curah hujan terkalibrasi dengan hasil validasi terbaik akan dipilih sebagai estimasi curah hujan terbaik dalam tahunan ($P_{IMERG}^{best-250m-annual}$). Estimasi curah hujan terbaik akan digunakan untuk menghitung kedalaman tanah jenuh (Z_w).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data IMERG

Data IMERG yang digunakan diperoleh dari website <https://disc.gsfc.nasa.gov/> dalam rentang waktu dari tahun 2012 hingga tahun 2021. Data asli IMERG yang didapat berupa data IMERG perhari dari tahun 2012 hingga tahun 2021 dalam format *.asc. Data tersebut berbentuk peta persegi panjang yang terdiri dari 56 grid dengan resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ per-gridnya. Data asli ini perlu diolah untuk dapat digunakan dalam proses *downscaling*. Pengolahan data IMERG mentah ini dilakukan dengan proses *upscaling temporal* dengan langkah proses *downscaling* hujan IMERG yang dilakukan di GRASS GIS, sehingga didapat data IMERG tahunan. Visualisasi data IMERG dapat di lihat pada **Gambar 4** di bawah ini.



Gambar 4. Tampilan data IMERG tahun 2021.

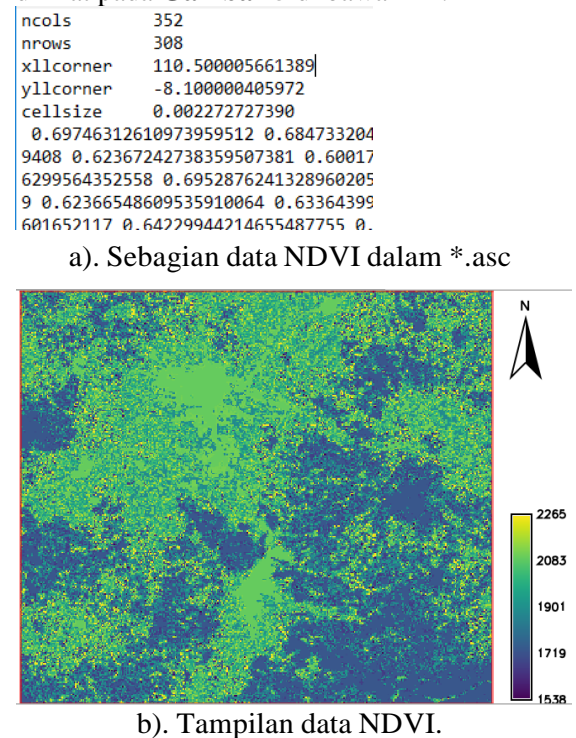
Data Stasiun Pengamatan

Data hujan stasiun pengamatan hujan didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo. Data stasiun hujan yang digunakan adalah data hujan dari tahun 2012 hingga tahun 2021 yang berasal dari 16 stasiun yang tersebar di wilayah eks

karesidenan Surakarta. Keenambelas stasiun tersebut adalah Stasiun Hujan Giriwoyo, Colo, Pracimantoro, Songputri, Nepen, Pabelan, Waduk Delingan, Klaten, Purwanto, Parangjoho, Baturetno, Waduk Nawangan, Tawangmangu, Tritis, Jatisrono, Kalijambe. Data tersebut digunakan untuk proses kalibrasi dan validasi.

Data NDVI

Data NDVI yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui website <https://lpdaac.usgs.gov/> dalam rentang waktu dari tahun 2012 hingga tahun 2021. Data asli NDVI berupa data NDVI bulanan dari tahun 2012 hingga tahun 2021 dalam format *.asc. Data tersebut memiliki bentuk peta persegi panjang yang terdiri dari 108.416 grid dengan resolusi $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ per grid. Sebelum data NDVI dapat digunakan dalam proses *downscaling*, data asli tersebut perlu diolah. Pengolahan data NDVI asli dilakukan melalui proses *upscaling temporal* dan *spasial* sesuai dengan langkah-langkah yang dijelaskan dalam proses *downscaling*, yang dilakukan menggunakan GRASS GIS. Dengan demikian, didapatkan data NDVI tahunan dengan resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Visualisasi data NDVI dapat dilihat pada **Gambar 5** di bawah ini.



Gambar 5. Tampilan data NDVI tahun 2021.

Downscaling IMERG

Data yang digunakan pada proses *downscaling* adalah data IMERG tahunan resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, data NDVI tahunan resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, dan data-data NDVI tahunan resolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ yang semuanya dalam format *.asc. Proses *downscaling* dilakukan sesuai dengan langkah pada proses *downscaling* hujan IMERG. Tujuan proses ini adalah mendapatkan data hujan estimasi terkoreksi tahunan dalam resolusi $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ ($P_{IMERG}^{uncal-250m}$).

Regresi Random Forest

Regresi *Random Forest* (RF) merupakan tahap awal dari rangkaian proses *downscaling* IMERG pada penelitian ini. Regresi RF dibuat dengan menuliskan beberapa *script* menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan menggunakan modul library yang disediakan oleh *scikit-learn*. Semua proses regresi RF dilakukan dengan *Jupyter Notebook*. Tahapan regresi RF akan dijelaskan di bawah ini.

1. Memasukkan Data ASCII Grid ke Dalam Script Regresi RF

Data IMERG tahunan resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, data NDVI tahunan resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, dan data-data NDVI tahunan resolusi $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ dalam format *.asc dimasukkan ke dalam *script* regresi RF dengan menggunakan *script python* yang didapat dari skripsi Marzuki (2021). Pastikan bahwa data tersebut memiliki struktur yang sesuai dan sesuai dengan kebutuhan *script* regresi RF.

2. Menyusun Script Model Regresi RF

Setelah memasukkan data, langkah selanjutnya adalah mulai menyusun *script* untuk membuat model regresi RF. Dalam *script* ini, kita perlu memanggil modul *Random Forest Regressor* dari library *scikit-learn* menggunakan perintah **from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor**. Regresi RF membutuhkan parameter *n_estimators* yang menentukan jumlah pohon prediktor yang akan dibuat. Kita kemudian perlu mencari nilai terbaik atau *best parameter* untuk *n_estimators*, dan ini dapat dilakukan dengan menggunakan modul *Grid Search Cross Validation* dari library

scikit-learn dengan perintah **from sklearn.model_selection import GridSearchCV**. Berikut adalah daftar nilai *n_estimators* yang dapat digunakan untuk mencari best parameter: *n_estimators* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300. Setelah mendapatkan nilai *n_estimators* terbaik, nilai tersebut akan digunakan sebagai parameter dalam pembuatan model regresi RF. Model regresi RF ini akan digunakan untuk memprediksi nilai estimasi hujan perkiraan ($P_{NDVI}^{10 \text{ km}}$). Hasil prediksi dari model regresi RF akan digunakan untuk membuat peta estimasi hujan perkiraan dalam format *.asc, seperti yang ditampilkan dalam **Gambar 6**. di bawah ini. Pastikan untuk menyusun *script* dengan benar, termasuk mengatur *best parameter* dan menggunakan nilai *n_estimators* yang telah dicari untuk membuat model regresi RF.

```
hcols      8
nrows      7
xllcorner  110.500005661389
yllcorner  -8.100000405972
cellsize   0.100000005139
2258.3019814874046  2176.363647154643  205:
2070.3914272937154  2102.327469836222  211:
1946.2737365882683  1977.086977538594  206:
1938.3646883515175  1936.1120012661333  20:
1656.9160150474358  1770.6175065228958  18:
1681.2588712637014  1670.118574481937  177:
1701.7256688790196  1670.7917076271  1561:.
```

a). Sebagian data estimasi dalam *.asc.



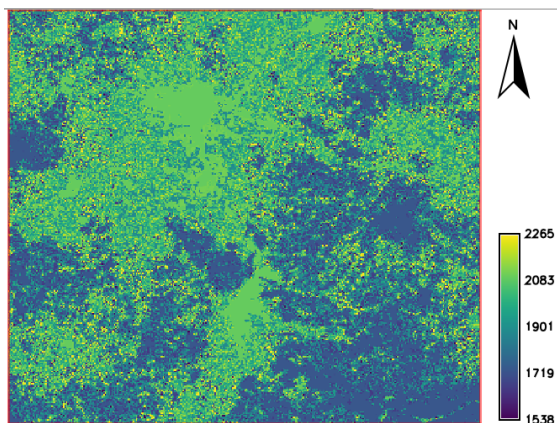
b). Tampilan data hujan estimasi.

Gambar 6. Tampilan estimasi hujan perkiraan tahun 2021.

Model regresi yang telah dibuat juga digunakan untuk memprediksi estimasi hujan tak terkoreksi residu (P_{NDVI}^{250m}). Dalam hal ini, nilai NDVI tahunan dengan resolusi $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ digunakan sebagai variabel prediktor. Dengan memasukkan nilai NDVI ini ke dalam model regresi, dilakukan prediksi estimasi hujan tak terkoreksi residu. Hasil prediksi tersebut kemudian digunakan untuk membuat peta estimasi hujan tak terkoreksi residu dalam format *.asc. Peta tersebut akan menunjukkan distribusi dan nilai estimasi hujan tak terkoreksi residu di wilayah penelitian. Visualisasi peta estimasi hujan tak terkoreksi residu dapat dilihat pada **Gambar 7** di bawah ini. Pastikan untuk memasukkan nilai NDVI tahunan dengan resolusi $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ ke dalam model regresi yang telah dibuat dan menggunakan hasil prediksi untuk membuat peta estimasi hujan tak terkoreksi residu dalam format *.asc..

```
ncols      352
nrows     308
xllcorner 110.500005661389|
yllcorner -8.10000405972
cellsize  0.002272727390
           0.69746312610973959512 0.684733204
9408 0.62367242738359507381 0.60017
6299564352558 0.6952876241328960205
9 0.62366548609535910064 0.63364399
601652117 0.64229944214655487755 0.
```

a). Sebagian data dalam *.asc.

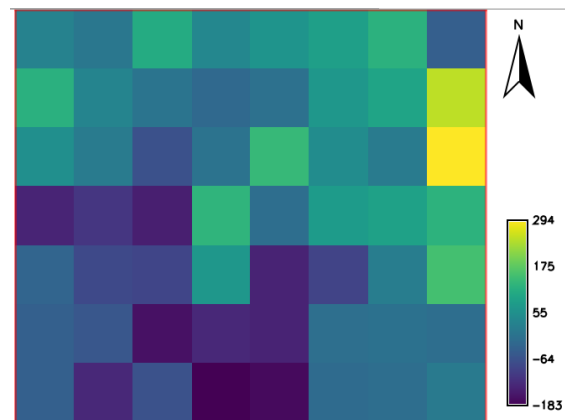


b). Tampilan data hujan.

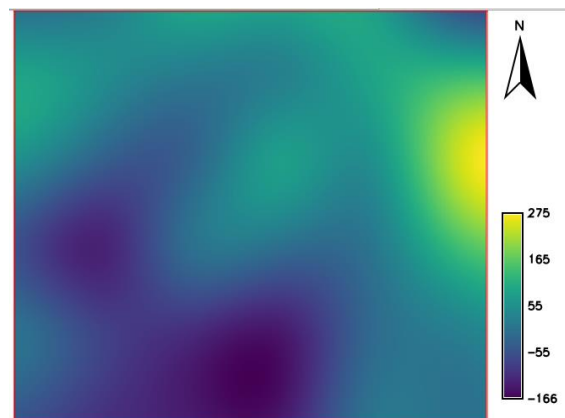
Gambar 7. Tampilan data hujan tak terkoreksi residu tahun 2016.

Hujan Estimasi Terkoreksi

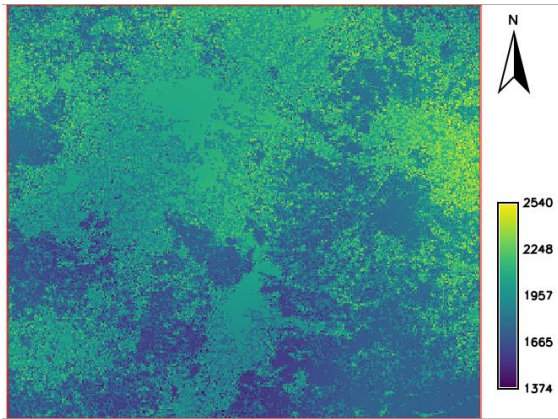
Tahapan downscaling selanjutnya melibatkan langkah 6, 7, dan 9 dari proses *downscaling* data NDVI sesuai metode penelitian. Semua langkah ini dilakukan menggunakan GRASS GIS. Hasil dari langkah ke 6 menunjukkan estimasi hujan residu ($P_{Residu}^{10\text{ km}}$), yang dapat dilihat pada **Gambar 8**. Estimasi hujan residu ini memiliki resolusi $0,1^\circ \times 0,1^\circ$. Selanjutnya, hasil estimasi hujan residu tersebut diperoleh dengan resolusi yang lebih tinggi, yaitu $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ dalam langkah ke 7. Hasil estimasi hujan residu dengan resolusi $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ (P_{Residu}^{250m}) ditampilkan dalam **Gambar 9**. Langkah terakhir dari *downscaling* adalah mendapatkan hasil estimasi hujan terkoreksi ($P_{IMERG}^{uncal-250m}$), yang merupakan tujuan utama dari proses ini. Hasil estimasi hujan terkoreksi ini dapat dilihat pada **Gambar 10** di bawah ini.



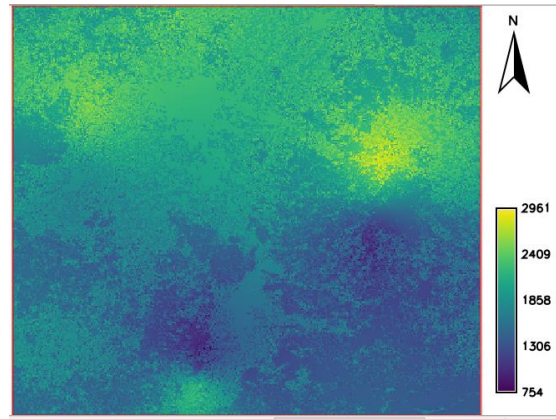
Gambar 8. Hujan residu tahun 2021.



Gambar 9. Hujan residu resolusi $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ tahun 2021.



Gambar 10. Hujan estimasi terkoreksi tahun 2021.

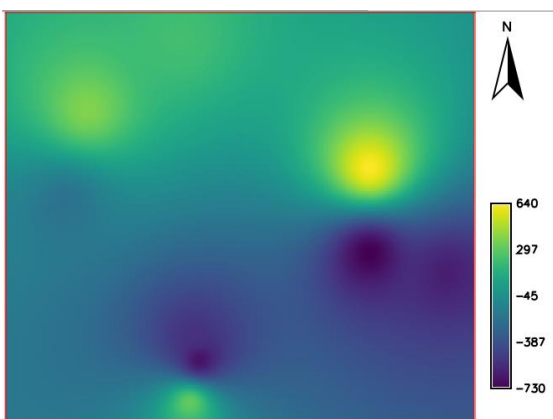


Gambar 12. Hujan terkalibrasi tahun 2021.

Kalibrasi IMERG

Kalibrasi dilakukan untuk meningkatkan akurasi data IMERG yang telah *downscaling* atau estimasi hujan terkoreksi. Tahap pertama kalibrasi dilakukan dengan langkah sesuai proses *downscaling* data IMERG pada metode penelitian. Proporsi data *training* dan *testing* stasiun hujan adalah 60:40 yaitu dengan 9 stasiun *training* dan 6 stasiun *testing*. Stasiun *training* dan stasiun *testing* yang digunakan adalah dari tahun 2012 hingga 2021.

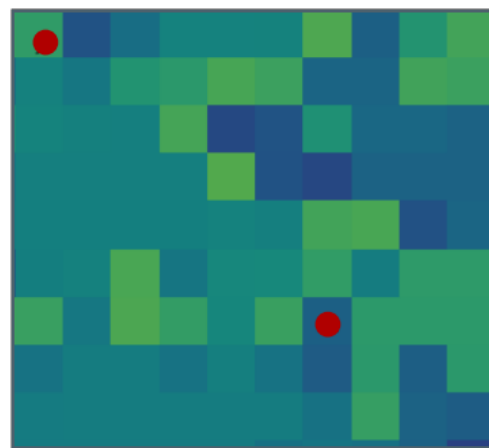
Tahap kedua adalah melakukan langkah sesuai dengan metode yang semua prosesnya dilakukan di GRASSGIS. Hasil dari hujan *error* beresolusi 1 km ditunjukkan pada **Gambar 11**. Hasil dari hujan terkalibrasi ditunjukkan pada **Gambar 12**.



Gambar 11. Hujan *error* tahun 2021.

Validasi IMERG Terkalibrasi

Validasi dilakukan untuk melihat akurasi curah hujan terkalibrasi. curah hujan terkalibrasi setiap tahun akan divalidasi dengan data hujan stasiun *testing* dengan menggunakan metode koefisien determinasi (R^2), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan Bias (B). Data curah hujan terkalibrasi yang diambil untuk validasi adalah data yang berasal dari grid atau $pixel$ yang memuat titik atau lokasi dari stasiun hujan *testing*, untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **Gambar 12** di bawah ini. Rekapitulasi data curah hujan untuk validasi ditunjukkan **Tabel 2** di bawah ini.



Gambar 13. Titik stasiun hujan.

Tabel 2. Rekapitulasi data curah hujan tahun 2021

| Tahun | IMERG | Stasiun |
|-------|------------|------------|
| | kalibrasi | Pengamatan |
| | (mm/tahun) | (mm/tahun) |
| 2021 | 1649.54 | 1231.00 |
| | 1798.32 | 1330.00 |
| | 1520.13 | 1400.00 |
| | 1971.89 | 1633.00 |
| | 2066.26 | 1957.00 |
| | 2244.61 | 2226.00 |
| | 2493.66 | 2350.00 |

Rekapitulasi hasil validasi ditampilkan dari **Tabel 3** di bawah ini.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil validasi

| Tahun | R ² | RSME | Bias |
|-------|----------------|---------|-------|
| 2021 | 0,882 | 282,010 | 0,133 |

Berdasarkan hasil validasi tersebut maka dapat dikatakan bahwa data hujan IMERG *downscaling* dan terkalibrasi dengan metode RF memiliki tingkat akurasi yang tinggi, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai $R^2 > 0,5$ sehingga dapat dikatakan valid dan dapat digunakan untuk mempresentasikan curah hujan di wilayah penelitian.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa metode *downscaling* dan kalibrasi dengan regresi *Random Forest* mampu meningkatkan akurasi data hujan IMERG asli hal tersebut dibuktikan dengan validasi data IMERG *downscaling* dan terkalibrasi terhadap data hujan stasiun pengamatan yang hasilnya sangat baik karena nilainya di atas 0,5. Berdasarkan hal tersebut maka data hujan IMERG *downscaling* dan terkalibrasi dapat digunakan untuk analisis curah hujan meskipun penelitian lebih lanjut pada tahun-tahun dan tempat-tempat yang lainnya masih diperlukan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sebelas Maret Surakarta dan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo

atas fasilitas yang telah diberikan pada penelitian ini. Kemudian, ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Raden Harya Dananjaya dan Ibu Galuh Chrismaningwang selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya selama proses penelitian

Tak lupa juga penulis ucapkan terima kasih kepada Raka Mahindraguna dan Ariz Amanullah yang selalu memberikan *support* untuk mengerjakan penelitian ini.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya pada semua pihak yang terlibat yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, M. (2013). Downscaling in Remote Sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 22 (1): 106–14. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.04.012>.
- Cheema, M. J. M., & Bastiaanssen, W. G. M. (2012). Local Calibration of Remotely Sensed Rainfall from the TRMM Satellite for Different Periods and Spatial Scales in the Indus Basin. *International Journal of Remote Sensing*, 33 (8): 2603–27. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.617397>.
- Era., F. (2021). Analisis Angka Aman Kelongsoran Menggunakan Data TRMM Downscaling Dan Terkalibrasi Dengan Metode Random Forest. *Digilib UNS*.
- Fitria, I. (2021). Eliminasi Faktor pada Model Pemetaan Risiko Kerentanan Longsor Berbasis Sistem Kecerdasan Buatan. *Skripsi thesis : Universitas Sebelas Maret*.
- Immerzeel, W.W, Rutten, M. M., & Droogers, P. (2009). Spatial downscaling of TRMM precipitation using vegetative response on the Iberian Peninsula. *Jurnal Remote Sensing of Environment*, 113 (2009) 362-370.
- Jia, S. , Zhu, W., Lü, A., & Yan, T. (2011). A statistical spatial downscaling algorithm of TRMM precipitation based on NDVI

- and DEM in the Qaidam Basin of China. *Jurnal Remote Sensing of Environment*, Vol 115.
- Jing, W., Yang, Y., Yue, X., & Zhao, X. (2016). A spatial downscaling algorithm for satellite-based precipitation over the Tibetan plateau based on NDVI, DEM, and land surface temperature. *Remote Sensing*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/rs8080655>.
- Karbalaye, A., Hessels, T., Moghim, S., & Afshar, A. (2021). Comparison and assessment of spatial downscaling methods for enhancing the accuracy of satellite-based precipitation over Lake Urmia Basin. *Journal of Hydrology*, 596 (2021) 126055.
- Latuamury, B. (2013). Hubungan Antara Indeks Vegetasi Ndvi (Normalized Difference Vegetation Index) Dan Koefisien Resesi Baseflow Pada Beberapa Subdas Propinsi Jawa Tengah Dan Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknosains*, 2 (2): 71–92. <https://doi.org/10.22146/teknosains.5998>.
- Mulyahati, I. L. (2020). Implementasi Machine Learning Prediksi Harga Sewa Apartemen Menggunakan Algoritma Random Forest Melalui Framework Website Flask Python. *Skripsi thesis : Universitas Islam Indonesia*.
- Naryanto, H. S., H. Soewandita, D. Ganesha, F. Prawiradisastra, and A. Kristijono. (2019). Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.272-282>.
- Park, N. W. (2013). Spatial downscaling of TRMM precipitation using geostatistics and fine scale environmental variables. *Advances in Meteorology*, 2013, <https://doi.org/10.1155/2013/237126>.