

# PENGARUH INTENSITAS HUJAN, JANGKAUAN RADAR, DAN TOPOGRAFI TERHADAP PERKIRAAN HUJAN RADAR X-BAND MULTIPARAMETER

## Qonaah Rizqi Fajriani

Mahasiswa S2 Teknik Keairan  
Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika 2, Yogyakarta  
0878-3910-2081  
[qonaah.rizqi.f@mail.ugm.ac.id](mailto:qonaah.rizqi.f@mail.ugm.ac.id)

## Rachmad Jayadi

Dosen Departemen Teknik Sipil  
dan Lingkungan  
Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika 2, Yogyakarta  
081-746-7680  
[rjayadi@ugm.ac.id](mailto:rjayadi@ugm.ac.id)

## Djoko Legono

Dosen Departemen Teknik Sipil  
dan Lingkungan  
Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika 2, Yogyakarta  
081-126-7657  
[djokolegono@ugm.ac.id](mailto:djokolegono@ugm.ac.id)

### Abstract

*X-Band Multiparameter (XMP) radar has been operated in Museum Gunung Merapi since 2016. Radar rainfall estimation has a good spatial resolution, but the rain depth accuracy needs to be evaluated. Therefore, radar rainfall estimation should be compared with ground rainfall data measured by ARR. Correlation between radar rainfall and ARR rainfall is then observed according to a variety of rainfall intensity, radar range, and topography. The results indicate that the radar range does not significantly give an effect on radar rainfall estimation. Radar rainfall estimation is affected by topography in which the different elevation between XMP radar and ARR is proportional to the ratio of ARR rainfall depth and radar rainfall depth. Rainfall intensity also affects the accuracy of rain radar estimates. XMP radar has good accuracy when estimating rain for small rainfall intensity. However, in a heavy rainfall occurrence, the XMP radar tends to be less accurate (smaller than ARR).*

**Keywords:** radar rainfall, ground rainfall, correlation indicator, radar range, altitude

### Abstrak

Radar cuaca tipe X-Band Multiparameter telah dioperasikan di Museum Gunung Merapi sejak tahun 2016. Hasil perkiraan hujan radar memiliki resolusi spasial yang baik, namun ketelitiannya dalam memperkirakan kedalaman hujan perlu dievaluasi. Oleh karena itu hasil perkiraan hujan radar perlu dievaluasi dengan data hujan permukaan yang diukur menggunakan ARR. Pada penelitian ini dilakukan kajian pengaruh intensitas hujan, jangkauan radar, serta topografi terhadap korelasi data hujan radar dan hujan ARR. Hasil penelitian mendapatkan bahwa jangkauan radar tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap perkiraan hujan radar XMP. Perkiraan hujan radar XMP dipengaruhi oleh topografi pada jangkauan radar. Semakin tinggi perbedaan elevasi antara radar dan ARR maka rasio hujan ARR dan hujan radar cenderung semakin besar. Besarnya intensitas hujan juga mempengaruhi keakuratan perkiraan hujan radar, radar XMP memiliki ketelitian yang baik saat memperkirakan hujan dengan intensitas kecil. Pada kejadian hujan yang deras radar XMP cenderung memberikan hasil yang lebih kecil dari data hujan ARR.

**Kata Kunci:** hujan radar, hujan permukaan, indikator korelasi, jangkauan radar, ketinggian

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang perkiraan cuaca dapat memperbaiki ketelitian pengukuran parameter hidrologi. Salah satu teknologi yang berkembang saat ini yaitu perkiraan intensitas hujan menggunakan radar cuaca. Radar dapat memperkirakan intensitas hujan dengan resolusi spasial yang jauh lebih baik dibandingkan alat pengukur hujan permukaan.

Radar cuaca tipe X-Band Multiparameter (radar XMP) beroperasi di Museum Gunung Merapi sejak tahun 2016 melalui kerjasama penelitian *Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS)* antara Japan Science and Technology Agency (JST), Japan International Cooperation Agency (JICA) dengan beberapa institusi yang terkait bencana alam di Indonesia.

Walaupun hasil perkiraan hujan radar memiliki resolusi spasial yang baik, namun ketelitian radar dalam memperkirakan kedalaman hujan perlu dievaluasi. Hal tersebut disebabkan karena banyak faktor yang mempengaruhi perkiraan hujan radar seperti: kesalahan dalam memperkirakan nilai reflektivitas, variasi dari persamaan  $Z-R$  yang digunakan, dan perbedaan pengambilan sampel pengukuran radar (Wilson dan Brandes, 1979). Banyak peneliti terdahulu yang telah meneliti faktor penyebab dari kesalahan perkiraan hujan oleh radar cuaca, diantaranya jangkauan radar (Sebastianelli dkk., 2013), ketinggian, durasi hujan (Nikahd, 2018), dan intensitas hujan (Putra dkk., 2019). Fokus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh intensitas hujan, jangkauan radar, dan topografi terhadap ketelitian produk intensitas hujan dari radar XMP.

## PERKIRAAN HUJAN RADAR

Terdapat banyak tipe radar yang digunakan untuk perkiraan cuaca salah satunya radar X-Band. Radar X-Band merupakan radar dengan panjang gelombang pendek. Keuntungan yang didapat dari radar dengan panjang gelombang pendek adalah dapat mendeteksi partikel yang kecil dibandingkan radar S- atau C-band sehingga dapat memperkirakan intensitas hujan kecil. Akan tetapi perkiraan intensitas hujan oleh radar X-Band sangat sensitif terhadap efek atenuasi (Hong dan Gourley, 2015). Atenuasi merupakan melemahnya sinyal saat proses perambatan gelombang.

Cara kerja radar cuaca adalah dengan memancarkan gelombang elektromagnetik ke atmosfer. Saat gelombang tersebut menabrak benda hidrometeorologi di atmosfer (butiran air, es, dll) gelombang tersebut akan dipantulkan kembali dan ditangkap oleh *receiver* radar dalam bentuk parameter-parameter output radar. Parameter non-dimensi yang dihasilkan oleh radar disebut DRO (*dimensionless radar output*). Jenis DRO yang dihasilkan bergantung pada tipe radar. Marshall dan Palmer (1948) menurunkan persamaan untuk memperkirakan intensitas hujan radar dari DRO. Menurut persamaan yang diturunkan, dari beberapa DRO, parameter yang sangat berhubungan dengan intensitas hujan adalah reflektivitas radar ( $Z$ ). Sehingga persamaan reflektivitas-intensitas radar secara umum diturunkan sebagai fungsi power seperti Persamaan 1.

$$Z = aR^b \tag{1}$$

dengan:

- $Z$  = reflektivitas ( $\text{mm}^6/\text{mm}^3$ ),
- $R$  = intensitas hujan ( $\text{mm}/\text{jam}$ ),
- $a$  = merupakan prefactor, dan
- $b$  = merupakan eksponen.

Nilai  $a$  dan  $b$  adalah koefisien empiris yang dipengaruhi oleh tipe hujan, lokasi hujan, topografi, dan durasi hujan (Nikahd, 2018). Banyak peneliti yang telah menurunkan persamaan  $Z-R$  dengan tipe radar dan lokasi berbeda-beda. Walaupun nilai reflektivitas erat kaitannya dengan intensitas hujan namun bukan berarti hanya nilai reflektivitas yang mempengaruhi besarnya hujan (Nikahd, 2018). Pada radar polar tipe X-band, persamaan radar terbaik adalah dengan mengkombinasikan parameter  $K_{DP}$ ,  $Z_{DR}$ , dan  $Z_{eh}$  (Matrosov dkk., 2002). Park dkk. (2005) mengusulkan persamaan untuk memperkirakan hujan dengan mempertimbangkan koefisien perbedaan fase ( $K_{DP}$ ) sebagai berikut (Hambali dkk., 2019).

untuk  $K_{DP} \leq 0.3^\circ \text{ km}^{-1}$

$$R(Z_H) = 7.07 \times 10^{-3} Z_H^{0.819} \quad (2)$$

untuk  $K_{DP} > 0.3^\circ \text{ km}^{-1}$

$$R(K_{DP}) = 19.63 K_{DP}^{0.823} \quad (3)$$

Penggunaan parameter  $K_{DP}$  dalam memprediksi intensitas hujan bertujuan untuk mencegah kesalahan akibat atenuasi radar karena pada radar X-Band efek atenuasi tidak bisa diabaikan. Atenuasi pada nilai  $Z_H$  dan  $Z_{dr}$  perlu dikoreksi agar tidak terjadi *underestimate* dalam perkiraan hujan (Hong dan Gourley, 2015).

Guna menangani kesalahan perkiraan hujan seperti yang dikemukakan oleh Wilson dan Brandes (1979) diperlukan kalibrasi internal radar. Dibutuhkan DRO radar diantaranya:  $K_{DP}$ ,  $Z_{dr}$ , dan  $Z_h$  untuk melakukan kalibrasi internal. Data-data tersebut sulit diperoleh sehingga proses kalibrasi dengan DRO relatif sulit. Oleh karena itu pada penelitian ini evaluasi data radar dilakukan dengan menggunakan data intensitas hujan radar yang selanjutnya dibandingkan dengan data hujan permukaan.

## HUJAN PERMUKAAN

Alat penakar hujan mempunyai ketelitian yang tinggi dalam pengukuran hujan permukaan. Akan tetapi alat penakar hujan memiliki kekurangan yaitu data yang dihasilkan adalah data hujan titik. Guna mendapatkan hujan kawasan dengan ketelitian yang baik, dibutuhkan jaringan stasiun hujan yang rapat sehingga diperlukan banyak alat penakar hujan. Pemeliharaan alat penakar hujan tersebut mahal. Walaupun alat penakar hujan permukaan juga memiliki banyak sumber kesalahan (Ciach, 2002) (Habib dkk., 1999) pada analisis hidrologi hujan permukaan masih disebut sebagai '*ground truth*' atau hujan yang sebenarnya terjadi di permukaan dan dianggap benar.

## DATA PENELITIAN DAN METODOLOGI

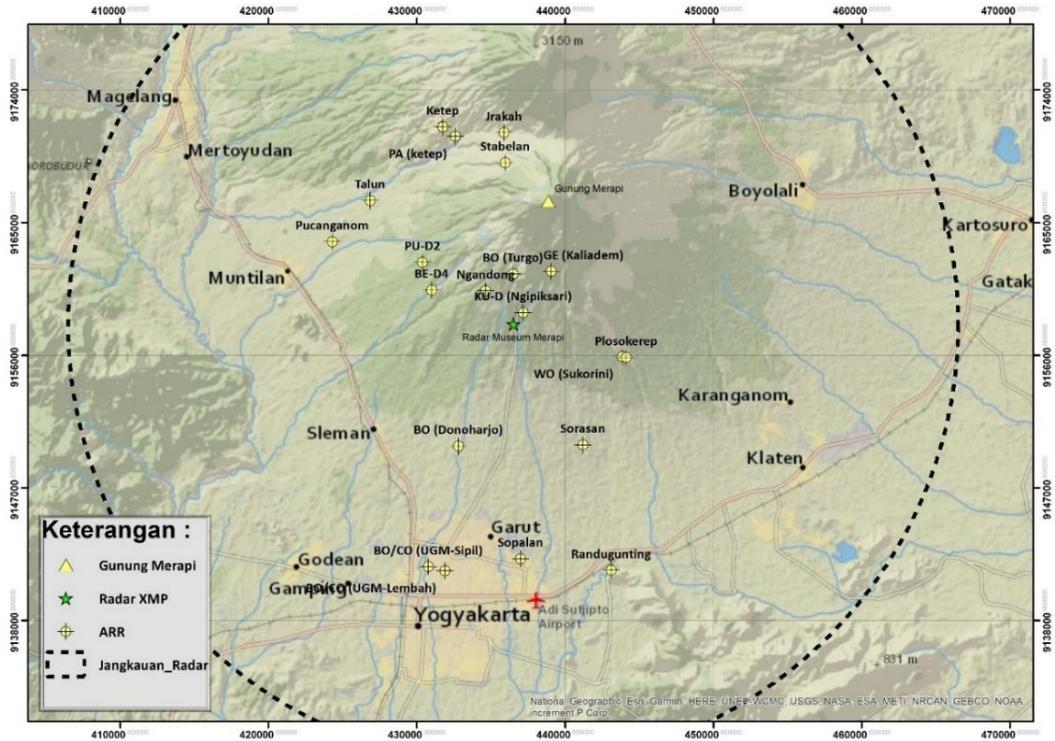
### Data

Data intensitas hujan radar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari radar XMP yang dipasang di Museum Gunung Merapi. Data intensitas hujan radar XMP berbentuk raster dan mempunyai resolusi spasial 1 piksel dengan ukuran sebenarnya 150m x 150m. Interval waktu dari data tersebut adalah 2 menit. Jangkauan wilayah pengukuran radar mencapai 30 km. Radar tersebut terletak pada elevasi +735 mMSL. Data hujan permukaan didapatkan dari hasil pembacaan *Automatic Rainfall Recorder* (ARR). ARR yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 20 buah yang dikelola oleh Laboratorium Hidraulika UGM dan Balai Sabo Puslitbang Sumber Daya Air. Masing-masing ARR memiliki interval waktu bervariasi antara 2 sampai 5 menit. Kejadian hujan yang digunakan dalam analisis adalah kejadian hujan November 2016 sampai Desember 2018. Jumlah hari hujan yang dipakai pada setiap ARR berbeda bergantung pada ketersediaan data hujan pada masing-masing ARR. Informasi terkait dengan ARR yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Peta letak radar XMP dan persebaran ARR dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Alat penakar hujan yang digunakan dalam penelitian

Stasiun ARR	Elevasi (m)	Jarak dari radar (km)	Stasiun ARR	Elevasi (m)	Jarak dari radar (km)
Pucanganom	465	13.43	BE-D4	683	5.95
Randugunting	135	17.96	BO (Turgo)	1021	3.42
Sopalan	155	15.94	PA (Ketep)	1053	13.33
Sorasan	300	9.44	PU-D2	700	7.49

Jrakah	1200	13.04	GE (Kaliadem)	1072	4.39
Ketep	1154	14.23	KU-(Ngipiksari)	759	1.02
Ngandong	840	2.91	WO (Sukorini)	547	7.67
Plosokerep	530	8.02	BO/CO (Sipil)	166	17.41
			BO/CO		
Stabelan	1402	10.97	(Lembah)	166	17.33
Talun	590	12.79	BO (Donoharjo)	304	9.06



Gambar 1. Persebaran alat penelitian

## Metodologi

Perbandingan data radar dan ARR dilakukan dengan memasangkan data intensitas hujan ARR dan radar. Seperti yang telah dijelaskan, data radar merupakan data hujan yang bersifat spasial sedangkan data hujan ARR merupakan hujan titik (*point rainfall*). Oleh karena itu harus ditentukan metode untuk mengambil data hujan radar yang berbentuk raster agar dapat dipasangkan dengan data hujan titik ARR. Perbedaan interval waktu antara radar (2 menit) dan ARR (2-5 menit) menjadikan analisis dilakukan dengan mengubah data radar dan ARR menjadi interval waktu 10 menit. Perbedaan hasil perkiraan hujan yang dihasilkan radar dan ARR diukur menggunakan 4 parameter statistik (Jayadi, dkk., 2018) yaitu: *Root Mean Square Error* (RMSE), *Fractional Standard Index* (FSE), koefisien korelasi *pearson* (r), dan rasio kedalaman hujan radar dan permukaan (*G/R*). Parameter-parameter statistik tersebut dihitung dengan Persamaan 4 sampai 7.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (i_r - i_g)^2}{N}} \quad (4)$$

$$FSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (i_r - i_g)^2}{N}}}{\sum_{i=1}^N i_g / N} \quad (5)$$

$$\left(\frac{G}{R}\right)_j = \frac{\sum_{i=1}^E G_i}{\sum_{i=1}^E R_i} \quad j = 1,2,3,4, \dots, 20 \quad (6)$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n G_i R_i - \sum_{i=1}^n G_i \sum_{i=1}^n R_i}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n G_i^2 - (\sum_{i=1}^n G_i)^2)(n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2)}} \quad (7)$$

dimana,

- $i_r$  = intensitas hujan radar (mm./jam),
- $i_g$  = intensitas hujan ARR (mm/jam),
- $N$  = jumlah data,
- $j$  = stasiun hujan ke-
- $G_i$  = kedalaman hujan ARR (mm), dan
- $R_i$  = kedalaman hujan radar (mm).

Jika nilai RMSE dan FSE mendekati nol maka perbedaan data radar dan ARR semakin kecil. Parameter  $G/R$  menunjukkan perbandingan dari data hujan permukaan dan data hujan radar. Jika  $G/R$  lebih dari 1 artinya secara umum hujan permukaan lebih besar daripada hujan radar. Jika nilai  $G/R$  kurang dari 1 maka secara umum hujan radar lebih besar daripada hujan permukaan. Pada saat pengukuran dilakukan, ada saat dimana pengukuran intensitas hujan radar atau ARR menghasilkan nilai nol (*zero measurement*). Dalam analisis ini semua pasangan data radar-ARR yang bernilai nol atau salah satu bernilai nol tidak dipakai dalam perhitungan karena dapat mengacaukan korelasi dari dua objek yang ditinjau (Yoo dan Ha, 2007).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan parameter statistik

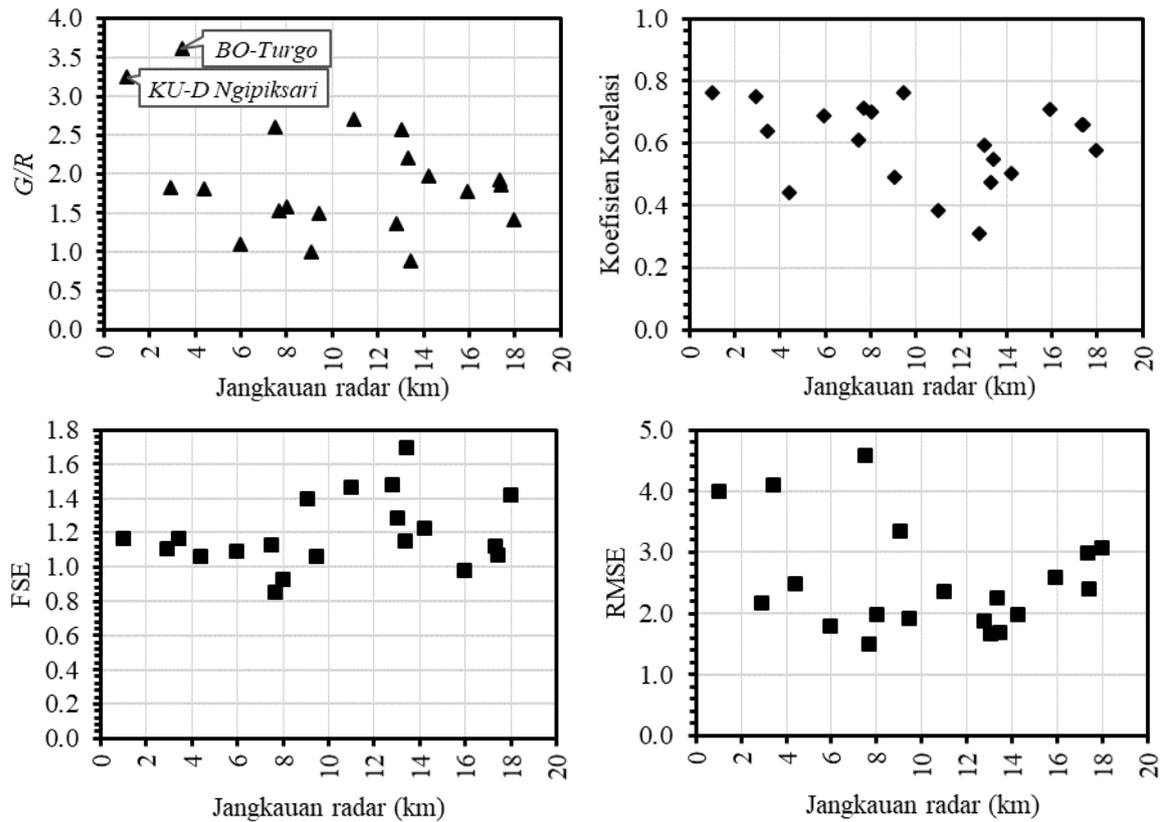
Setelah data intensitas hujan radar dan ARR dalam interval 10 menit dipasangkan, dihitung nilai parameter-parameter statistik dengan Persamaan 4 sampai 7. Hasil perhitungan parameter statistik tiap stasiun disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan parameter statistik

Stasiun	$G/R$	R	FSE	RMSE	Stasiun	$G/R$	R	FSE	RMSE
Pucanganom	0.89	0.55	1.70	1.68	BE-D4	1.10	0.69	1.09	1.80
Randugunting	1.41	0.58	1.42	3.07	BO (Turgo)	3.62	0.64	1.16	4.09
Sopalan	1.77	0.71	0.98	2.60	PA (Ketep)	2.20	0.47	1.15	2.26
Sorasan	1.49	0.76	1.06	1.93	PU-D2	2.61	0.61	1.13	4.58
Jrakah	2.56	0.59	1.29	1.66	GE (Kaliadem)	1.82	0.44	1.06	2.48
Ketep	1.97	0.50	1.23	1.97	KU-D (Ngipiksari)	3.25	0.76	1.16	3.99
Ngandong	1.82	0.75	1.11	2.17	WO (Sukorini)	1.53	0.71	0.85	1.50
Plosokerep	1.58	0.70	0.93	1.97	BO/CO (UGM-Sipil)	1.85	0.66	1.07	2.40
Stabelan	2.71	0.38	1.47	2.35	BO/CO (UGM-Lembah)	1.92	0.66	1.12	2.98
Talun	1.36	0.31	1.48	1.87	BO (Donoharjo)	0.99	0.49	1.40	3.34

### Pengaruh jangkauan terhadap perbandingan data radar-ARR

Jangkauan radar diartikan sebagai jarak antara ARR dengan radar XMP. Perhitungan jarak ARR dengan radar XMP dilakukan dengan mengukur jarak antara titik koordinat radar dengan masing-masing ARR. Grafik hubungan antara hasil perhitungan parameter statistik dengan jangkauan radar disajikan pada Gambar 2.

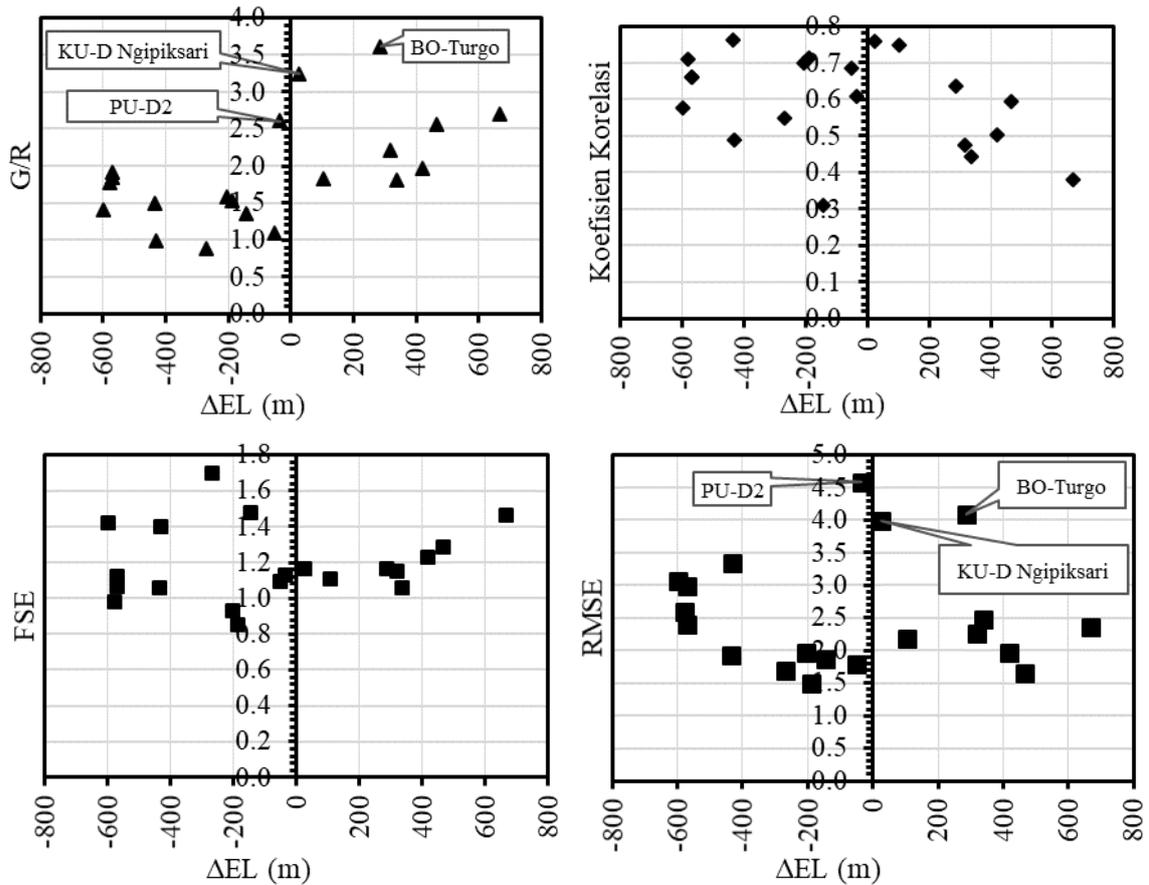


Gambar 2. Hubungan jangkauan radar dengan  $G/R$ , koefisien korelasi, FSE, RMSE

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai  $G/R$  terletak pada kisaran 1-2.5. Terdapat 2 stasiun yang mempunyai nilai  $G/R$  yang cukup tinggi yaitu BO-(Turgo) dan KU-D Ngipiksari. Jika dilihat pada grafik koefisien korelasi kedua stasiun tersebut mempunyai nilai korelasi yang cukup tinggi dibandingkan stasiun yang lain namun memiliki nilai RMSE yang paling tinggi. Hal tersebut dapat terjadi akibat kesalahan kalibrasi alat ARR. Grafik pada Gambar 2 menunjukkan tidak adanya pola relasi khusus hubungan kesalahan radar terhadap jangkauan sehingga dapat dikatakan jangkauan radar tidak mempengaruhi ketelitian pengukuran radar. Hal tersebut dikarenakan radar XMP merupakan radar dengan jangkauan pendek sehingga tidak terjadi atenuasi sinyal akibat jarak perambatan gelombang.

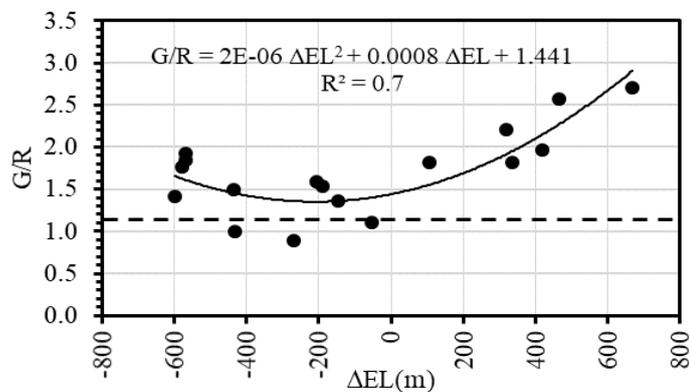
**Pengaruh perbedaan elevasi terhadap perbandingan data radar-ARR**

Radar XMP menjangkau wilayah disekitar lereng Gunung Merapi (Gambar 1). Perlu diteliti pengaruh topografi pada hasil perkiraan hujan radar. Pengaruh topografi dikaji dengan melihat pengaruh perbedaan elevasi ( $\Delta EL$ ) antara radar dan ARR terhadap korelasi dari keduanya.



Gambar 3. Hubungan antara  $G/R$ , koefisien korelasi, FSE, dan RMSE terhadap  $\Delta EL$

Gambar 3 menunjukkan hubungan hasil perhitungan parameter statistik terhadap  $\Delta EL$ . Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin besar  $\Delta EL$  maka nilai  $G/R$  cenderung semakin besar. Namun stasiun PU-D2, KU-D Ngipiksari, dan BO-Turgo mempunyai nilai  $G/R$  yang berbeda dengan yang lain. Jika dianalisis lebih lanjut, pada Grafik RMSE stasiun PU-D2, Ngipiksari, dan BO-Turgo memiliki nilai RMSE jauh lebih tinggi dibandingkan stasiun lain. Hal tersebut mengindikasikan jarak data intensitas ARR dan intensitas radar dari tiga stasiun tersebut sangat besar sehingga tiga stasiun tersebut tidak digunakan. Kemudian dibuat grafik hubungan  $G/R$  dengan  $\Delta EL$  dengan menggunakan 17 ARR yang tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan  $G/R$  dan beda elevasi dengan 17 stasiun hujan

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa hubungan antara  $G/R$  dan  $\Delta EL$  memiliki kecenderungan polinomial orde dua. Persamaan yang mewakili hubungan antara  $\Delta EL$  dan  $G/R$  adalah seperti Persamaan 8.

$$G/R = 2 \times 10^{-6} \Delta EL + 0.0008 \Delta EL + 1.441 \quad (8)$$

Gambar 4 dan Persamaan 8 menunjukkan bahwa pada ARR yang memiliki elevasi dibawah radar ( $\Delta EL$  negatif) bertambahnya perbedaan elevasi membuat rasio hujan ARR-radar meningkat namun tidak begitu signifikan. Pada ARR yang memiliki elevasi di atas radar pertambahan  $\Delta EL$  memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap rasio hujan ARR-radar.

### Klasifikasi intensitas hujan

Dari 20 stasiun hujan ARR yang dipakai, didapatkan 8000 lebih pasang data hujan ARR dan radar dengan interval waktu 10 menit. Guna menentukan cara klasifikasi data tersebut dibuat distribusi frekuensi dari data hujan ARR dengan membagi data tersebut menjadi 14 kelas. Tabel 3 menunjukkan rentang nilai pada setiap kelas serta frekuensi data tiap kelas

Tabel 3. Rentang nilai pada setiap kelas

Kelas	Rentang nilai intensitas hujan (mm/jam)	Frekuensi kejadian	Kelas	Rentang nilai intensitas hujan (mm/jam)	Frekuensi kejadian
1	0.00 - 11.48	5943	8	80.36 - 91.83	52
2	11.48 - 22.96	1977	9	91.83 - 103.31	20
3	22.96 - 34.44	599	10	103.31 - 114.79	14
4	34.44 - 45.92	322	11	114.79 - 126.27	5
5	45.92 - 57.40	174	12	126.27 - 137.75	9
6	57.40 - 68.88	107	13	137.75 - 149.23	0
7	68.88 - 80.36	87	14	149.23 - 160.71	3

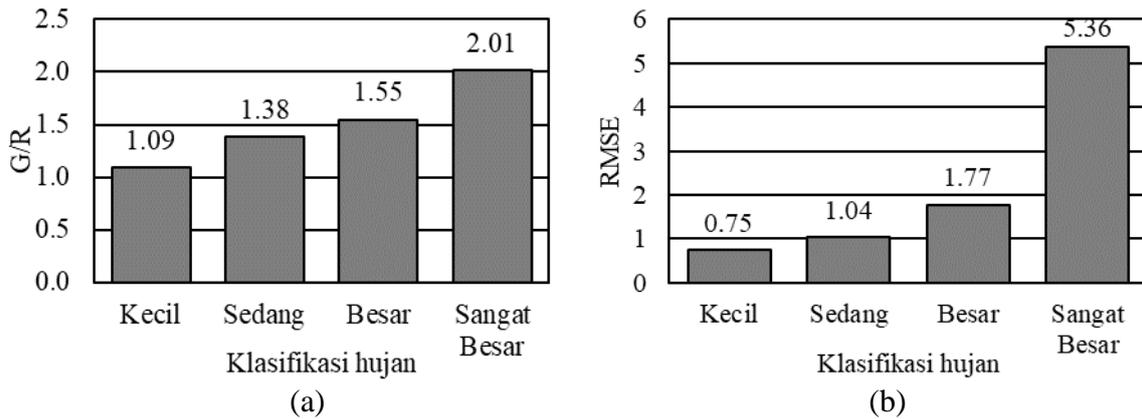
Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa frekuensi data terbesar adalah pada kelas ke-1. Nilai kemencengan dari sebaran data besar sehingga nilai rata-rata data tidak akan mencerminkan pusat data. Oleh karena itu digunakan metode jangkauan kuartil untuk mengklasifikasikan hujan menjadi 4 kelompok. Berdasarkan hasil pembagian kuartil tersebut data dikelompokkan menjadi 4 kategori dengan rentang nilai seperti Tabel 4. Klasifikasi tersebut akan menjadi dasar dalam analisis selanjutnya.

Tabel 4. Klasifikasi hujan

Kategori	Intensitas hujan (mm/jam)
Hujan kecil	0-3
Hujan sedang	>3-8
Hujan deras	>8-15
Hujan sangat deras	>15

### Pengaruh intensitas hujan terhadap korelasi data radar-ARR

Setelah dikelompokkan menjadi 4 kategori, masing masing kategori dihitung parameter  $G/R$  dan RMSE menggunakan Persamaan 4 dan 6. Grafik nilai  $G/R$  dan RMSE pada tiap kategori hujan tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai  $G/R$  (a) dan  $RMSE$  (b) setiap kelompok hujan

Dari Gambar 5a dapat dilihat bahwa nilai  $G/R$  pada hujan ringan mendapat angka 1.09. Kemudian nilai  $G/R$  naik pada hujan sedang, besar, dan hujan sangat besar memiliki nilai  $G/R$  terbesar yaitu 2.01. Pada Gambar 5b dapat dilihat bahwa semakin deras hujan maka kesalahan dari pembacaan radar meningkat. Hal tersebut menandakan bahwa perkiraan hujan radar XMP terpengaruh oleh atenuasi akibat hujan deras.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan. Dari grafik hubungan  $G/R$ ,  $RMSE$ ,  $FSE$ , dan koefisien korelasi terhadap jangkauan radar ditarik kesimpulan bahwa radar XMP tidak terpengaruh secara signifikan oleh atenuasi akibat jangkauan radar. Akan tetapi perkiraan hujan radar XMP dipengaruhi oleh topografi pada jangkauan radar. Radar XMP memiliki ketelitian yang lebih baik saat memperkirakan hujan pada daerah yang datar dibandingkan daerah yang memiliki topografi pegunungan. Selain itu besarnya intensitas hujan yang terjadi juga mempengaruhi ketelitian perkiraan hujan radar. Dari hasil analisis didapat bahwa radar memiliki ketelitian yang baik saat membaca hujan kecil. Pada kejadian hujan yang deras radar XMP cenderung memberikan hasil yang lebih kecil dari data hujan ARR. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pembacaan hujan oleh radar XMP dipengaruhi oleh atenuasi akibat hujan deras.

Hasil perkiraan intensitas hujan oleh radar XMP memiliki kecenderungan lebih rendah dibanding hujan permukaan yang dianggap lebih mewakili untuk input analisis hidrologi. Oleh karena itu sebelum menggunakan produk intensitas hujan radar sebagai input dari model hidrologi perlu dilakukan koreksi agar data radar mempunyai ketelitian yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ciach, G. J. 2002. Local Random Errors in Tipping-Bucket Rain Gauge Measurements. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20, hal. 752–759.
- Habib, E., Krajewski, W. F., Nespor, V., & Kruger, A. 1999. Numerical simulation studies of rain gage data correction due to wind effect. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 104(D16), hal. 19723–19733.
- Hambali, R., Legono, D., Jayadi, R., & Oishii, S. 2019. Improving Spatial Rainfall Estimates at Mt. Merapi Area Using Radar-Rain Gauge Conditional Merging. *Journal of Disaster Research*, 14(1), hal. 69–79.
- Hong, Y. dan Gourley, J. J. 2015. *Radar Hydrology: Principles, Models, And Applications*.

- Boca Raton: CRC Press.
- Jayadi, R., Legono, D., Sujono, J., Hambali, R., Fajriani, Q. R.. 2018. "Kajian Hujan Radar dan Hujan Permukaan di Wilayah Gunung Merapi", dalam Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat 2018 (Pangkalpinang, 2 Oktober 2018).
- Marshall, J. S., & Palmer, W. M. 1948. The Distribution of Raindrops With Size. *Journal of Meteorology*, Vol. 5, hal. 165.
- Matrosov, S. Y., Clark, K. A., Martner, B. E., & Tokay, A. 2002. X-Band Polarimetric Radar Measurements of Rainfall. *Journal of Applied Meteorology*, 41(9), hal. 941–952.
- Nikahd, A. 2018. Altitudes Effects in Calibration of Ground Doppler Radar for Rainfall Estimation. *Journal of Engineering Technology*, 1(5), hal. 1-8.
- Park, S.-G., Maki, M., Iwanami, K., Brongi, V. N., & Chandrasekar, V. 2005. Correction of Radar Reflectivity and Differential Reflectivity for Rain Attenuation at X Band. Part II: Evaluation and Application. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 22(11), hal. 1633–1655.
- Putra, S. S., Ridwan, B. W., Yamanoi, K., Shimomura, M., Sulistiyani, dan Hadiyuwono, D. 2019. Point Based Rainfall Intensity Information System in Mt. Merapi Area by X-Band Radar. *Journal of Disaster Research*, 14(1), hal. 80–89.
- Sebastianelli, S., Russo, F., Napolitano, F., dan Baldini, L. 2013. On precipitation measurements collected by a weather radar and a rain gauge network. *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(3), hal. 605–623.
- Wilson, J. W., dan Brandes, E. A. 1979. Radar Measurement of Rainfall—A Summary. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 60(9), hal. 1048–1057.
- Yoo, C., & Ha, E., 2007,. Effect of zero measurements on the spatial correlation structure of rainfall, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21(3), hal. 287–297.