

## ANALISIS HUBUNGAN DATA HUJAN SATELIT DENGAN HUJAN TERUKUR ARR KALIBAWANG

Jody Martin Ginting<sup>1</sup>, Joko Sujono<sup>2</sup>, dan Rachmad Jayadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Email: [jody199@hotmail.com](mailto:jody199@hotmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Email: [jsujono@ugm.ac.id](mailto:jsujono@ugm.ac.id) dan [rjayadi@ugm.ac.id](mailto:rjayadi@ugm.ac.id)

### ABSTRAK

Data hujan terukur diperlukan dalam melakukan analisis transformasi hujan aliran, namun di lapangan sering sekali data hujan terukur tidak tercatat karena berbagai kendala. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menggantikan data hujan terukur adalah dengan menggunakan data hujan satelit. Data hujan satelit dapat digunakan jika data hujan tersebut dapat dibuktikan hubungannya mendekati data hujan terukur. Data hujan yang akan dianalisis hubungannya adalah data hujan jam-jaman lebih dari 50 mm dalam sehari pada tahun 2016 dan 2017, sedangkan data hujan satelit yang digunakan adalah satelit hujan PERSIANN dan GPM. Pengujian ini bertujuan untuk mencari korelasi antara data hujan satelit dengan data hujan terukur (ARR). Keakuratan data hujan satelit terhadap hujan terukur dicari dengan menggunakan metode *Correlation Coefficient* ( $r$ ). Satelit hujan GPM memiliki korelasi total kedalaman hujan dengan  $r = 0,31$  dan lama hujan dengan  $r = 0,70$  yang lebih tinggi dibandingkan satelit PERSIANN, sedangkan, pada intensitas hujan maksimum, data satelit PERSIANN memiliki korelasi dengan  $r = 0,28$  yang lebih tinggi dibandingkan satelit GPM. Keakuratan data *lag* 5 jam hujan satelit GPM lebih tinggi dibandingkan satelit PERSIANN dengan  $r = 0,341$ . Dengan demikian, satelit GPM lebih dapat diandalkan dibandingkan satelit PERSIANN untuk mitigasi resiko bencana banjir.

Kata kunci: hujan, banjir, satelit, PERSIANN, GPM

### PENDAHULUAN

Banjir adalah ancaman musiman yang terjadi apabila air yang ada di sungai yang ada meluap dan melimpah keluar sungai serta menggenangi daerah di sekitarnya. Setiap tahun terjadi kejadian banjir di Yogyakarta yang tentunya sangat merugikan bagi penduduk. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Propinsi Yogyakarta (Purnomo, Edi. 2019), banjir banyak terjadi akibat meluapnya sungai-sungai besar yang ada di Yogyakarta. Hal ini terjadi karena hujan lebat di Propinsi DI Yogyakarta. Curah hujan yang sangat tinggi meningkatkan debit air yang ada di sungai sehingga sungai tidak mampu lagi menahan besarnya debit.

Penanganan dan perencanaan dapat dilakukan dengan berbagai upaya untuk mengantisipasi dan meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh banjir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan, yaitu dengan memprediksi seberapa besar debit yang akan terjadi jika hujan lebat serta durasi hujan terjadi pada suatu waktu tertentu. Untuk memprediksi debit yang akan terjadi, maka dilakukan analisis debit banjir pada daerah tersebut berdasarkan data debit terukur di lokasi yang ditinjau.

Pada umumnya, data data debit tidak tersedia sehingga perlu transformasi data hujan menjadi data debit. Untuk proses transformasi hujan-aliran diperlukan transformasi hujan yang akurat yang dapat diperoleh dari ARR. Namun demikian, terkadang data hujan dari ARR tidak tersedia. Tentunya diperlukan solusi untuk dapat menyikapi kendala ini dan salah satu solusinya yaitu dengan menggunakan data hujan satelit.

Data hujan satelit dapat digunakan jika hasil data hujan sesuai dengan yang terjadi di lapangan. Adanya pe-ngujian kesesuaian data hujan satelit dan yang terukur di lapangan sangat diperlukan

untuk mengukur seberapa akurat data hujan satelit yang diperoleh. Dalam penelitian ini, pengujian tersebut akan dilakukan dengan membandingkan data hujan terukur dan data hujan satelit. Pengujian ini diharapkan dapat mencari korelasi antara data hujan satelit dengan yang ada di lapangan sehingga nantinya data hujan satelit tersebut dapat digunakan untuk mengisi kekurangan data hujan terukur di lapangan.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah meninjau keakuratan data hujan satelit dalam penggunaannya dan mengetahui korelasi data hujan permukaan dan data hujan satelit untuk mitigasi resiko banjir. Penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk menganalisis debit banjir dengan menggunakan data hujan satelit. Hal ini diperlukan sebagai solusi dari banyaknya data hujan permukaan yang hilang.

### **Data Hujan Terukur**

Hujan merupakan hidrometeor yang jatuh berupa partikel-partikel air yang mempunyai diameter 0,5 mm atau lebih. Hidrometeor yang jatuh ke tanah disebut hujan, sedangkan yang tidak sampai tanah disebut Virga (Tjasyono, 1999). Partikel-partikel air yang jatuh ke tanah ini dapat diukur dengan mengukur tinggi hujan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil pengukuran ini disebut dengan curah hujan. Data curah hujan terukur di lapangan jarang memenuhi parameter yang dibutuhkan untuk analisis karakteristik curah hujan. Biasanya hal ini dapat terjadi akibat variasi spasial yang ada pada suatu daerah yang besar. Satelit hujan pun diharapkan dapat memenuhi semua informasi yang diperlukan untuk analisis karakteristik hujan yang lebih tepat.

### **Data Hujan Satelit**

Data hujan satelit merupakan pencatatan hujan yang dilakukan oleh satelit berdasarkan klasifikasi awan yang berpotensi menjadi hujan (presipitasi) dan menurunkannya menjadi curah hujan (Vernimmen et al., 2012). Menurut Vernimmen et al. (2012), kelebihan dari perkiraan data hujan yang diperoleh dari satelit adalah dalam hal akurasi, cakupan spasial, ketepatan waktu, dan efisiensi biaya dalam pengukuran kedalaman hujan jika dibandingkan data hujan permukaan. Kelebihan ini tentunya lebih menguntungkan untuk daerah-daerah di Indonesia yang memiliki peta kontur dan cakupan spasial yang berbeda-beda setiap pulau.

Satelit yang dapat digunakan dalam melakukan pengukuran curah hujan adalah Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Neural Network (PERSIANN). Satelit PERSIANN (Hsu et al., 2002) menggunakan data satelit inframerah (IR) dari satelit geosinkron global sebagai sumber utama informasi curah hujan. Menurut Hsu et al. (2002), Satelit PERSIANN dirancang untuk dapat mengekstrak dan menggabungkan informasi dari data berbagai jenis termasuk, misalnya, inframerah dan citra satelit microwave, alat pengukur hujan dan data radar berbasis-tanah, dan informasi topografi permukaan-tanah. Data PERSIANN telah digunakan dalam berbagai penelitian termasuk pemodelan hidrologi, pemantauan kekeringan, analisis kelembaban tanah, dan analisis banjir. Menurut Nguyen et al. (2018), satelit PERSIANN memiliki 3 jenis produk yang memiliki resolusi daerah tangkapan berbeda-beda. Ketiga produk itu adalah PERSIANN (0,25°x0,25°), PERSIANN-CCS (0,04°x0,04°) dan PERSIANN-CDR (0,25°x0,25°).

Satelit hujan lainnya selain PERSIANN adalah *Global Precipitation Measurement* atau GPM. Satelit ini menggunakan sensor yang mirip dengan yang digunakan satelit PERSIANN hanya saja memiliki resolusi yang lebih rendah dari PERSIANN, yaitu 10 km x 10 km atau 0,1° x 0,1°. Pada penelitian Zhang et al. (2018), satelit GPM dan satelit PERSIANN merupakan satelit yang cocok digunakan pada area yang memiliki daratan pegunungan dan tidak rata karena memiliki teknologi yang termasuk paling baru dari satelit lainnya serta ketelitiannya yang sangat tinggi dibandingkan dengan satelit lainnya. Selain itu juga, kedua satelit ini memiliki sensor yang lebih sensitif untuk menampilkan data hujan yang terjadi pada suatu wilayah (Zhang et al., 2018).

### **Hubungan Hujan Satelit dengan Hujan Terukur (*Ground*)**

Pada penelitian Pratiwi (2016), hubungan antara hujan satelit dengan hujan terukur dapat dicari dengan menggunakan metode *cross correlation*. Penelitian tersebut menganalisis setiap data hujan

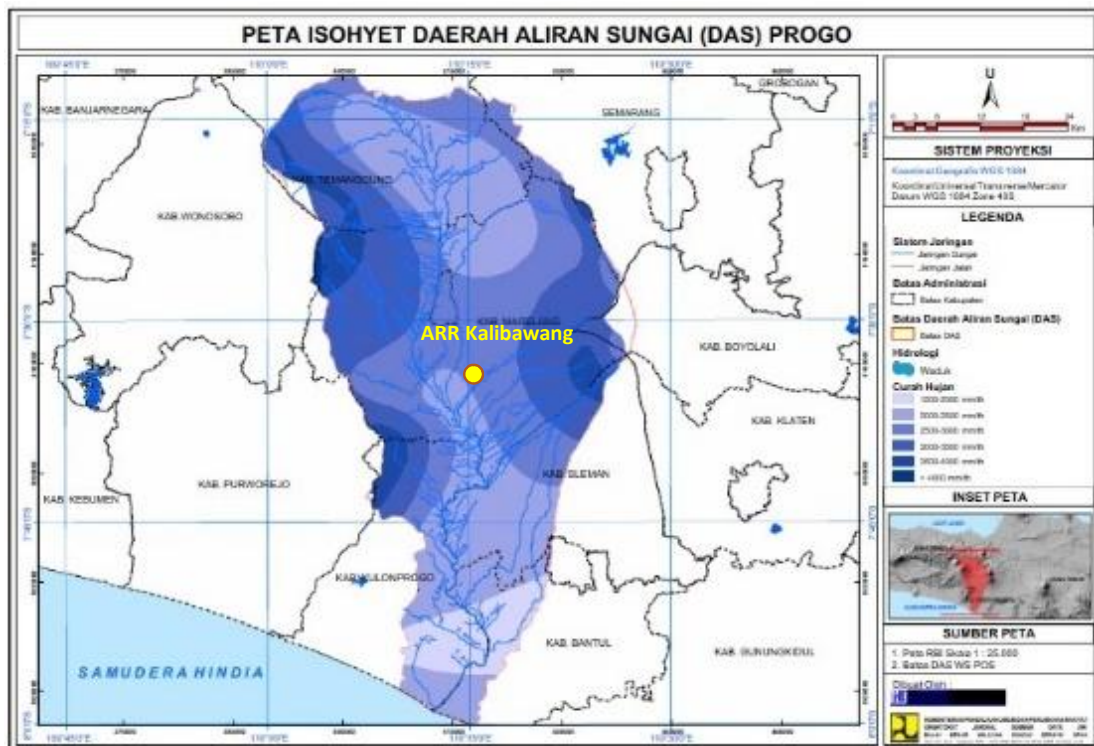
terukur dan hujan satelit untuk mencari waktu *lag* paling efektif digunakan untuk mengoreksi data hujan satelit. Penggunaan metode *lag* dilakukan karena tentu adanya perbedaan waktu pada pembacaan hujan satelit dimana data hujan satelit lebih dulu terbaca dibandingkan hujan permukaan karena satelit berada di ketinggian tertentu di atas permukaan. Hujan yang terbaca di satelit bisa saja mengalami berbagai hambatan sebelum jatuh ke tanah.

Metode korelasi dengan *lag time* merupakan metode yang paling sederhana dan paling umum digunakan pada setiap bidang penelitian sains. Menurut Runge et al. (2014), metode ini adalah langkah pertama untuk mendapatkan suatu wawasan dari mekanisme interaksi yang memungkinkan antara perbedaan dari beberapa proses yang ingin diteliti. Penggunaan *lag time* pernah digunakan oleh Estiningtyas (2007) untuk menentukan pengaruh tenggang waktu (*lag time*) antara curah hujan dengan suhu permukaan laut nino 3.4 terhadap performa model prediksi hujan. Hasilnya, beberapa parameter memiliki nilai validasi yang tinggi dengan menggunakan skenario *lag time* 0, 1 dan 2 bulan untuk Jawa Tengah yang sebagian besar memberikan pengaruh positif terhadap performa model prediksi hujan.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data hujan yang telah tercatat pada stasiun ARR Kalibawang pada bagian hilir DAS Progo yang mengalir di Yogyakarta. Secara astronomis stasiun tersebut terletak antara  $7^{\circ} 39' 42,624''$  LS dan  $110^{\circ} 15' 50,292''$  BT. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada letaknya yang dekat dan memiliki resiko banjir yang bisa berdampak pemukiman di sekitarnya sekaligus pengukuran hujan permukaan yang dapat dibandingkan dengan hujan satelitnya. Pemilihan lokasi juga dilakukan berdasarkan kelengkapan data yang ada pada lokasi tersebut seperti data hujan terukur dan data hujan satelitnya. Peta lokasi penelitian diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak D.I. Yogyakarta seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta DAS Progo

### Data Hujan Terukur

Data hujan permukaan yang digunakan adalah data hujan yang terjadi pada saat data hujan di ARR Kalibawang DAS Progo yang masuk dalam kategori hujan lebat atau lebih dari 50 mm per hari. Data hujan yang digunakan dalam bentuk jam-jaman diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak D.I. Yogyakarta untuk tahun 2016 dan 2017.

### Data Hujan Satelit

Data hujan satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan satelit PERSIANN dan GPM. Kedua satelit ini memiliki ketelitian yang sangat tinggi dibandingkan dengan satelit hujan lainnya. Ketelitian satelit PERSIANN memiliki resolusi daerah tangkapan sebesar  $0,04^\circ \times 0,04^\circ$  atau  $4 \text{ km} \times 4 \text{ km}$ , sedangkan GPM dengan ketelitian  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  atau  $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ . Selain itu, kelengkapan data yang dimiliki kedua satelit menjadi pertimbangan dalam pemilihan kedua satelit.

### Ketersediaan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini tersedia pada beberapa dinas dan *website* resmi satelit yang mengumpulkan data hujan. Beberapa data dan sumbernya dapat dilihat sebagai berikut.

- Peta DAS Progo diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak D.I. Yogyakarta.
- Data hujan jam-jaman terukur > 50 mm perhari (hujan lebat) di ARR Kalibawang DAS Progo pada tahun 2016 dan 2017 diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak D.I. Yogyakarta. (Tabel 1)
- Data hujan satelit PERSIANN diperoleh dari *website* <http://chrsdata.eng.uci.edu>. Data hujan PERSIANN yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan PERSIANN-CCS dimana data hujan ini memiliki keakuratan data resolusi tangkapan tertinggi dari data hujan PERSIANN lainnya, yaitu PERSIANN dan PERSIANN-CDR (Nguyen et al. 2018).
- Data hujan satelit GPM dari *website* <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/>. Data hujan GPM yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan GPM IMERG V.05 yang memiliki data setengah jaman yang kemudian diubah menjadi data jam-jaman. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan data satelit GPM dengan data hujan terukur dan satelit PERSIANN yang memiliki data hujan jam-jaman.

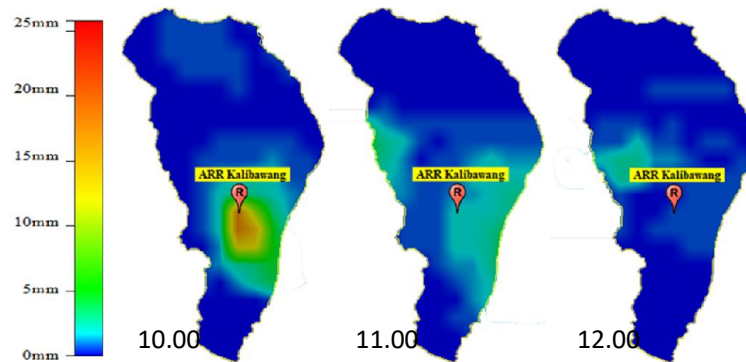
**Tabel 1. Data Hujan Terukur**

Tanggal	P terukur (mm)	Tanggal	P terukur (mm)	Tanggal	P terukur (mm)	Tanggal	P terukur (mm)
09-Jan-16	81,4	06-Jun-16	94,6	09-Okt-16	68,5	25-Feb-17	90,6
28-Feb-16	55,4	18-Jun-16	96,1	09-Nov-16	58,7	06-Apr-17	54,2
08-Mar-16	59,9	22-Jul-16	96,1	13-Nov-16	69,9	19-Apr-17	77,8
25-Mar-16	86,9	19-Sep-16	76,5	28-Nov-16	60,2	23-Apr-17	56,0
27-Mar-16	94,1	20-Sep-16	69,4	29-Nov-16	57,1	01-Mei-17	60,0
28-Mar-16	83,4	24-Sep-16	79,0	30-Nov-16	64,7	17-Okt-17	73,2
02-Apr-16	84,2	25-Sep-16	55,9	14-Jan-17	63,4	28-Nov-17	94,0
22-Mei-16	50,8	02-Okt-16	58,6	14-Feb-17	79,8	29-Nov-17	59,6

## METODOLOGI

### Pengolahan Data Hujan Satelit

Pada data hujan satelit, data tersedia dalam bentuk citra satelit atau gambar dengan persebaran hujan pada DAS Progo. Pengambilan data dilakukan dengan membuka *website* setiap satelit, kemudian memasukkan variable-variabel yang dibutuhkan. Variabel tersebut adalah tanggal kejadian hujan, koordinat lokasi dan DAS Progo, jenis data yang dibutuhkan, misalnya data hujan, dan jenis *extention file* yang mendukung data agar dapat di-tampilkan dalam *software*. Dalam penelitian ini, *software* yang digunakan untuk menampilkan data citra satelit hujan adalah *Global Mapper v.20*. *Extention file* yang didukung *Global Mapper* serta digunakan untuk menampilkan citra satelit PERSIANN adalah ASC II ".asc". Sedangkan untuk satelit GPM adalah NetCDF ".nc". *Extention file* inilah yang diinput pada masing-masing *website* pada setiap satelit. Contoh citra satelit PERSIANN yang diambil pada kejadian hujan 1 Mei 2017 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Data Hujan Satelit PERSIANN 01 Mei 2017

Gambar 2 di atas memperlihatkan perbedaan kedalaman hujan yang ditandai dengan warna yang berbeda pada setiap jamnya. Selain itu, cara lain untuk melihat kedalaman hujan dapat dilakukan dengan mengarahkan kursor ke arah titik lokasi hujan misal ARR Kalibawang, kemudian secara otomatis akan terlihat kedalaman hujan secara lebih detail dibandingkan dengan menggunakan skala warna tersebut. Data kedalaman tersebut direkap ke dalam *Software excel* sebagai data hujan satelit. Metode yang sama digunakan pula pada satelit GPM.

### Analisis Data Hujan

Pada penelitian ini, data hujan terukur dibandingkan dengan data hujan satelit. Setiap data hujan terukur dan satelit terlebih dahulu ditinjau awal terjadi hujannya, lama hujannya, kedalaman hujan totalnya dan intensitas hujan maksimum. Peninjauan tersebut dilakukan hanya pada terjadinya hujan tanpa ada pengaruh perbedaan waktu antara kejadian hujan satelit dan kejadian hujan terukur terlebih dahulu.

Hasil dari peninjauan setiap data hujan kemudian dicari hubungannya antara hujan satelit terhadap hujan terukur. Hubungan dari setiap data hujan yang dicari adalah hubungan **data kedalaman hujan total** atau **P total**, hubungan **data lama hujan** dan hubungan **data intensitas hujan maksimum**. Setelah hubungan diperoleh, maka dapat dicari persamaan korelasi dari setiap hubungan data hujannya dan nilai  $R^2$  atau koefisien korelasi ( $r$ ).

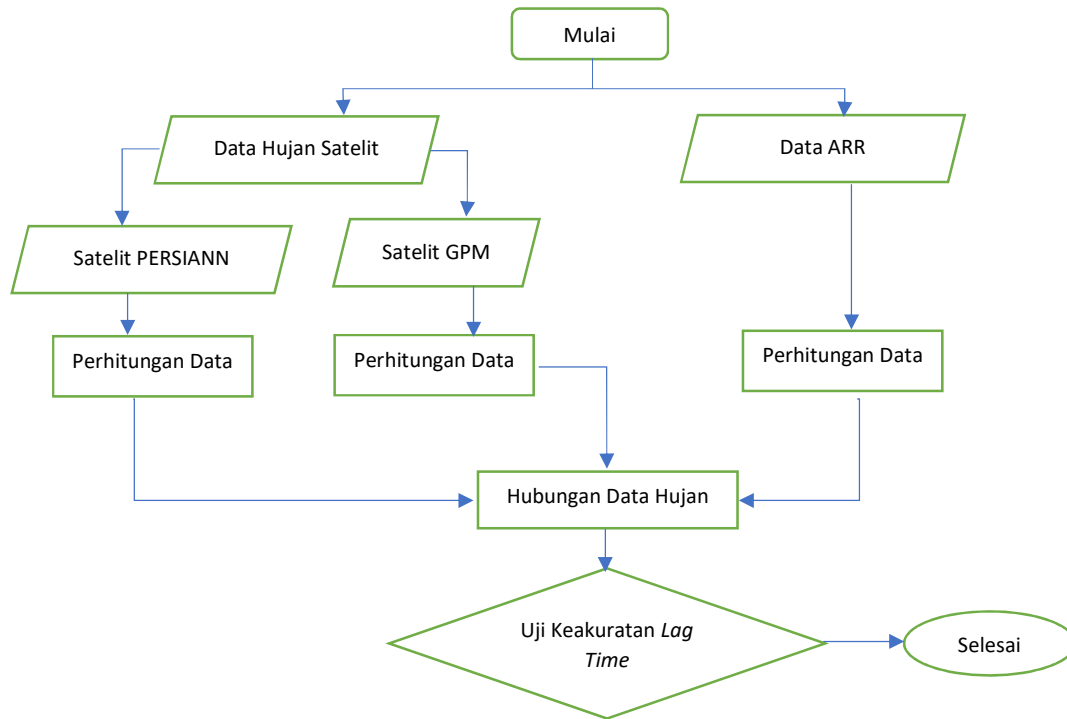
### Lag Time antara Hujan Terukur dengan Hujan Terukur

Analisis data hujan dengan menggunakan metode *lag time* atau waktu tunda dilakukan untuk mencari seberapa lama selang waktu data hujan yang tercatat pada satelit terhadap data hujan terukur. Pada analisis ini dilakukan perhitungan *lag time* mulai dari *lag* 0 jam atau sama dengan jam awal terjadinya hujan terukur sampai *lag* 6 jam atau 6 jam sebelum awal hujan pada data hujan terukur. Setiap *Lag* dibandingkan terhadap data hujan terukur dan dicari koefisien korelasinya dengan menggunakan formula *Correl* dari *Software Excel*. Dari seluruh koefisien korelasi dipilih

yang terbesar kemudian dicari persamaan korelasi antara data hujan satelitnya terhadap data hujan terukur.

### Diagram Alir Penelitian

Tahap penelitian dan diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3. Diagram Alir Penelitian**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Data Kejadian Hujan

**Tabel 2. Rekapitulasi Data Hujan Terukur**

Tanggal	Awal hujan (jam)	Lama hujan (jam)	P (mm)	Intensitas maks (mm/jam)	Tanggal	Awal hujan (jam)	Lama hujan (jam)	P (mm)	Intensitas maks (mm/jam)
09-Jan-16	14.00	2	81,4	46,0	09-Okt-16	14.00	6	68,5	34,1
28-Feb-16	14.00	5	55,4	27,0	09-Nov-16	14.00	8	58,7	17,8
08-Mar-16	15.00	7	59,9	39,5	13-Nov-16	07.00	11	70,0	38,8
25-Mar-16	16.00	6	87,0	41,3	28-Nov-16	16.00	8	60,2	40,9
27-Mar-16	14.00	3	94,1	47,1	29-Nov-16	15.00	9	57,1	18,4
28-Mar-16	10.00	7	83,4	28,3	30-Nov-16	16.00	8	64,7	41,2
02-Apr-16	18.00	3	84,2	38,0	14-Jan-17	15.00	9	63,4	16,3
22-Mei-16	05.00	3	50,8	30,7	14-Feb-17	16.00	8	79,8	42,1

06-Jun-16	13.00	6	94,6	37,9	25-Feb-17	16.00	8	90,6	41,7
18-Jun-16	14.00	10	96,1	37,7	06-Apr-17	14.00	8	54,2	15,6
22-Jul-16	16.00	4	96,1	32,5	19-Apr-17	13.00	5	77,8	44,6
19-Sep-16	18.00	5	76,5	34,0	23-Apr-17	14.00	3	56,0	27,3
20-Sep-16	17.00	7	69,4	37,2	01-Mei-17	15.00	3	60,0	35,7
24-Sep-16	13.00	11	79,0	38,9	17-Okt-17	00.00	8	76,2	40,9
25-Sep-16	14.00	5	55,9	36,2	28-Nov-17	06.00	18	94,0	14,2
02-Okt-16	13.00	11	58,7	37,2	29-Nov-17	00.00	12	59,6	13,9

Setiap analisis kejadian hujan dibandingkan antara hujan terukur dengan data hujan satelit PERSIANN dan GPM. Pada analisis awal ini, dilakukan hanya pada kejadian hujannya saja tanpa memperhitungkan waktu tunda atau *lag* time antara data hujan satelit dan data hujan terukur. Data Hujan terukur yang telah dianalisis dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 3. Rekapitulasi Data Hujan Satelit PERSIANN**

Tanggal	Awal hujan (jam)	Lama hujan (jam)	P (mm)	Intensitas maks (mm/jam)	Tanggal	Awal hujan (jam)	Lama hujan (jam)	P (mm)	Intensitas maks (mm/jam)
09-Jan-16	09.00	4	12,5	8,0	09-Okt-16	07.00	6	57,8	26,0
28-Feb-16	14.00	6	13,9	4,9	09-Nov-16	07.00	6	29,3	12,0
08-Mar-16	15.00	7	25,4	10,3	13-Nov-16	07.00	6	57,4	25,7
25-Mar-16	16.00	6	104,0	73,6	28-Nov-16	09.00	7	102,2	30,0
27-Mar-16	14.00	7	12,9	4,2	29-Nov-16	06.00	12	42,7	11,4
28-Mar-16	10.00	5	28,9	7,1	30-Nov-16	09.00	6	63,0	47,1
02-Apr-16	10.00	5	44,2	37,1	14-Jan-17	10.00	5	7,1	2,8
22-Mei-16	09.00	3	7,7	3,6	14-Feb-17	08.00	7	24,2	5,0
06-Jun-16	07.00	4	14,0	10,0	25-Feb-17	08.00	9	42,9	16,0
18-Jun-16	14.00	6	49,8	30,0	06-Apr-17	06.00	7	23,0	9,9
22-Jul-16	11.00	2	19,6	14,5	19-Apr-17	07.00	4	16,9	8,0
19-Sep-16	18.00	7	26,7	18,6	23-Apr-17	06.00	10	43,5	11,8
20-Sep-16	10.00	8	74,9	30,2	01-Mei-17	09.00	3	30,7	26,7
24-Sep-16	06.00	7	21,4	6,9	17-Okt-17	09.00	3	11,8	9,8
25-Sep-16	07.00	10	37,6	12,9	28-Nov-17	01.00	20	128,9	20,0
02-Okt-16	06.00	8	63,5	20,0	29-Nov-17	11.00	6	20,3	6,0

Kejadian data hujan terukur rata-rata terjadi pada siang hari, yaitu dengan awal hujan terjadi pada **pukul 13.00** serta lama hujan **7 jam**. P rata-rata hujan terukur sebesar **72,29 mm** dengan intensitas hujan maksimum rata-rata adalah **33,54 mm/jam**. Peninjauan data kemudian dilanjutkan pada

peninjauan data hujan satelit PERSIANN dengan rekapitulasi data hujan dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil analisis data hujan satelit PERSIANN menunjukkan rata-rata awal terjadi hujan pada pukul **09.00** dengan rata-rata lama hujan **7 jam**, sedangkan rata-rata P total hujan sebesar **39,34 mm** dengan intensitas hujan maksimum rata-rata adalah **17,5 mm/jam**. Perhitungan data hujan GPM dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Rekapitulasi Data Hujan Satelit GPM**

Tanggal	Awal hujan (jam)	Lama hujan (jam)	P (mm)	Intensitas maks (mm/jam)	Tanggal	Awal hujan (jam)	Lama hujan (jam)	P (mm)	Hujan maks (mm/jam)
09-Jan-16	08.00	6	8,3	2,3	09-Okt-16	04.00	19	59,2	13,6
28-Feb-16	08.00	6	24,8	5,5	09-Nov-16	07.00	8	68,1	15,7
08-Mar-16	03.00	14	40,9	7,6	13-Nov-16	01.00	13	29,3	10,5
25-Mar-16	07.00	12	32,9	11,8	28-Nov-16	04.00	16	36,6	7,5
27-Mar-16	07.00	7	22,8	6,1	29-Nov-16	07.00	12	69,1	17,2
28-Mar-16	07.00	14	52,4	20,1	30-Nov-16	03.00	17	46,6	9,6
02-Apr-16	10.00	6	5,5	3,0	14-Jan-17	09.00	13	52,1	23,2
22-Mei-16	08.00	7	3,3	1,0	14-Feb-17	08.00	13	47,4	11,9
06-Jun-16	07.00	6	15,9	5,2	25-Feb-17	09.00	9	94,1	35,0
18-Jun-16	07.00	12	136,8	32,3	06-Apr-17	06.00	8	34,3	8,8
22-Jul-16	10.00	4	56,9	19,9	19-Apr-17	04.00	10	94,1	35,0
19-Sep-16	07.00	10	24,2	5,7	23-Apr-17	05.00	10	31,0	7,9
20-Sep-16	10.00	9	83,7	20,9	01-Mei-17	08.00	3	10,9	8,1
24-Sep-16	02.00	16	205,2	84,5	17-Okt-17	09.00	2	3,2	2,7
25-Sep-16	04.00	10	23,3	4,9	28-Nov-17	00.00	24	172,2	18,8
02-Okt-16	04.00	20	86,0	14,5	29-Nov-17	05.00	13	29,8	5,9

Pada perhitungan data hujan satelit GPM, rata-rata awal hujan terjadi pada pukul **06.00** dengan lama hujan **11 jam**. Sedangkan, rata-rata P total hujan satelit GPM adalah sebesar **53,15 mm** dengan intensitas hujan maksimum rata-rata adalah **14,89 mm/jam**. Seluruh perhitungan data hujan dihubungkan dengan data hujan terukur.

Data hujan terukur dianggap sebagai acuan ketelitian dari data hujan satelit. Setiap data hujan satelit diteliti seberapa besar korelasinya dengan melihat  $R^2$  pada *trendline* grafik hubungan hujan satelit terhadap hujan terukur. Korelasi dicari dengan menggunakan jenis *trendline* linear atau dengan formula *Correl*.

#### Hubungan Data Total Hujan Satelit terhadap Total Hujan Terukur

Gambar 3a menunjukkan bahwa korelasi data P total hujan GPM memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan data hujan PERSIANN. Hal itu dilihat dari nilai r GPM sebesar atau **0,31** yang menunjukkan hubungan tetap ada tapi rendah (Sarwono, 2006), sedangkan PERSIANN memiliki r sebesar **0,11**.

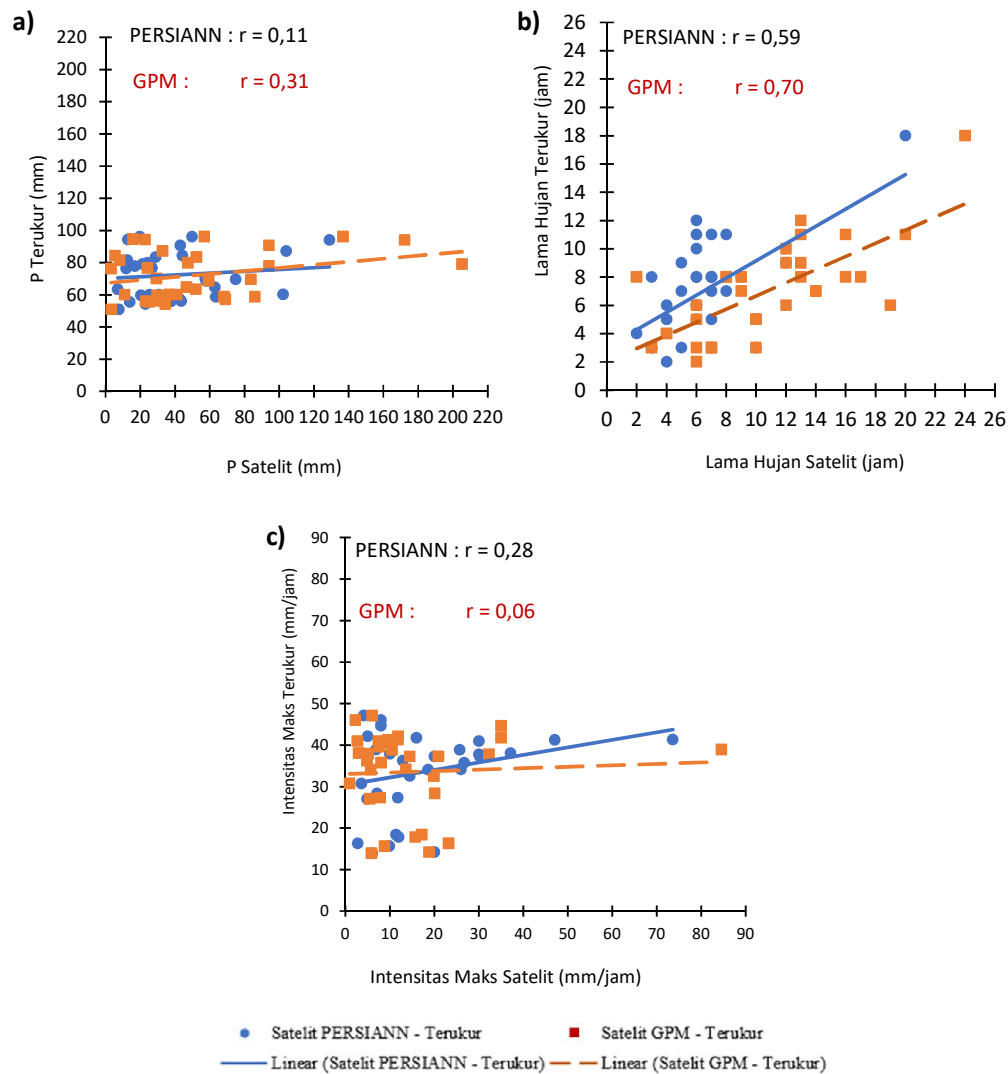


### Hubungan Data Lama Hujan Satelit terhadap Lama Hujan Terukur

Pada Gambar 3b, korelasi yang lebih tinggi terlihat pada satelit GPM terhadap data hujan terukur jika menggunakan persamaan linear. Nilai korelasi yang diperlihatkan oleh GPM adalah  $r = 0,70$  dibandingkan dengan nilai korelasi PERSIANN  $r = 0,59$ . Hal ini menunjukkan bahwa hubungan yang tinggi (Sarwono, 2006) antara data lama hujan satelit GPM dengan data lama hujan satelit PERSIANN.

### Hubungan Data Intensitas Hujan Maksimum Satelit terhadap Intensitas Hujan Maksimum Terukur

Jika pada perhitungan korelasi sebelumnya seluruh ketelitian yang lebih tinggi diperlihatkan dari perhitungan nilai  $r$  yang dimiliki oleh satelit GPM. Pada perhitungan hubungan data intensitas hujan maksimum antara satelit dengan data intensitas hujan maksimum terukur, nilai  $r$  yang dimiliki oleh satelit PERSIANN adalah  $0,28$  lebih besar dari satelit GPM dengan nilai  $r = 0,06$ . Menurut Sarwono, 2006, nilai  $r$  tersebut termasuk dalam kategori adanya hubungan tetapi rendah. Hubungan data intensitas hujan maksimum satelit terhadap terukur dapat dilihat pada Gambar 3c.



Gambar 4. Hubungan Data Hujan Satelit terhadap Terukur

Seluruh perhitungan hubungan data hujan satelit tersebut dapat menyimpulkan bahwa korelasi setiap hubungan data memiliki hasil yang berbeda-beda. Dimana satelit GPM memiliki korelasi yang lebih tinggi dibandingkan satelit PERSIANN pada data **P total** dan **lama hujan**, sedangkan, pada **intensitas hujan maksimum**, data satelit PERSIANN memiliki korelasi yang lebih tinggi terhadap data terukur dibandingkan dengan data intensitas hujan maksimum satelit GPM.

#### **Lag Time Data Hujan Terukur dengan Data Hujan Satelit**

Data hujan yang dibandingkan pada analisis ini adalah data P total atau total kedalaman hujan. P total pada hujan satelit sampai pada *lag* 6 jam dijumlahkan hingga jam akhir hujan pada data hujan terukur. Korelasi data hujan dihitung dengan membandingkan data hujan mulai dari *lag* 0 jam sampai *lag* 6 jam terhadap hujan terukur di lapangan. Perhitungan korelasi data P total satelit PERSIANN terhadap data P total terukur dapat dilihat pada Tabel 5.

Pada perhitungan analisis korelasi dengan koefisien korelasi  $r$  pada Tabel 5, hubungan satelit PERSIANN menunjukkan bahwa korelasi tertinggi terjadi pada *lag* jam ke-1 memiliki nilai  $r$  sebesar **0,211**. Koefisien korelasi  $r$  ini termasuk dalam kategori “hubungan ada tetapi rendah” (Sarwono, 2006). Kemudian, data kedalaman hujan total satelit PERSIANN diplot ke dalam grafik sehingga diperoleh *trendline* dari data tersebut. *Trendline* dan persamaan korelasi dapat dilihat pada Gambar 4a.

**Tabel 5. Hubungan Data P Total Terukur dengan Satelit PERSIANN sesuai Waktu Lag**

Tanggal	P (mm)	Lag (jam)						
		0	1	2	3	4	5	6
09-Jan-16	81,4	0,0	0,0	1,0	3,5	11,5	12,5	12,5
28-Feb-16	55,4	0,8	0,8	0,8	2,8	4,8	4,8	8,8
08-Mar-16	59,9	0,0	1,0	2,0	4,0	6,0	7,0	15,1
25-Mar-16	87,0	0,0	0,0	1,0	6,0	14,1	21,1	24,9
27-Mar-16	94,1	0,9	1,9	2,0	3,0	6,9	11,0	12,9
28-Mar-16	83,4	17,7	24,8	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6
02-Apr-16	84,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	7,0
22-Mei-16	50,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
06-Jun-16	94,6	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0	14,0
18-Jun-16	96,1	4,1	8,1	17,0	47,0	51,8	51,8	51,8
22-Jul-16	96,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5	19,6	19,6
19-Sep-16	76,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	5,9
20-Sep-16	69,4	13,4	22,4	32,4	36,3	36,4	36,5	44,7
24-Sep-16	79,0	0,1	1,0	5,0	11,9	15,0	15,1	15,2
25-Sep-16	55,9	1,0	2,0	5,0	17,9	23,9	26,8	28,7
02-Okt-16	58,7	1,0	6,0	12,0	23,9	43,9	48,0	49,0
09-Okt-16	68,5	6,0	6,0	10,9	21,9	47,9	62,9	63,8
09-Nov-16	58,7	0,0	0,0	0,0	3,1	9,2	16,3	28,3

13-Nov-16	70,0	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	63,5
28-Nov-16	60,2	0,0	1,0	5,0	11,1	24,1	54,1	74,2
29-Nov-16	57,1	5,9	7,9	10,9	14,0	15,0	22,0	26,1
30-Nov-16	64,7	0,0	0,0	1,0	1,2	14,9	62,0	63,0
14-Jan-17	63,4	1,0	1,9	4,8	6,8	8,1	8,1	8,1
14-Feb-17	79,8	0,0	0,0	1,1	3,1	7,2	10,2	15,2
25-Feb-17	90,6	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0	7,1	18,0
06-Apr-17	54,2	3,0	3,0	4,0	6,0	7,0	8,0	9,1
19-Apr-17	77,8	0,0	0,0	0,0	4,0	12,0	16,0	16,9
23-Apr-17	56,0	8,0	9,0	15,0	26,8	31,8	41,6	42,6
01-Mei-17	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,0	30,7
17-Okt-17	76,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28-Nov-17	94,0	94,9	107,9	113,0	117,0	122,0	128,9	128,9
29-Nov-17	59,6	3,3	3,6	3,3	3,3	9,2	4,3	11,4
Koefisien korelasi r	0.201	<b>0,211</b>	0,207	0,207	0,193	0,130	0,087	

Pada Tabel 5 terlihat juga bahwa data hujan satelit yang sudah dipengaruhi waktu *lag* memiliki perbedaan P total terhadap data hujan yang digunakan pada P total sebelumnya walaupun sudah pada *lag* jam yang ke-6. Hal ini dapat terjadi karena kejadian hujan yang tercatat pada satelit bisa saja terjadi sebelum *lag* jam yang ke-6 atau berada pada *lag* yang ke-7, 8, 9 atau seterusnya. Sehingga dapat disimpulkan, metode *lag* ini digunakan agar terlihat seberapa besar jarak waktu efektif terjadinya hujan di lapangan setelah pencatatan data hujan dari satelit sehingga nantinya dapat digunakan sebagai mitigasi resiko banjir di sekitar ARR Kalibawang.

**Tabel 6. Hubungan Data P Total Terukur dengan Satelit GPM sesuai Waktu *Lag***

Tanggal	P (mm)	<i>Lag</i> (jam)						
		0	1	2	3	4	5	6
09-Jan-16	81,4	0,0	0,9	2,8	4,3	5,8	8,1	8,3
28-Feb-16	55,4	0,1	0,1	1,0	4,2	8,8	11,5	17,0
08-Mar-16	59,9	0,7	1,8	5,8	12,2	19,0	25,9	33,5
25-Mar-16	87,0	0,7	0,8	6,4	10,7	12,5	12,9	17,3
27-Mar-16	94,1	0,0	0,1	0,7	6,7	12,6	15,8	21,3
28-Mar-16	83,4	44,2	48,5	50,0	52,1	52,1	52,1	52,1
02-Apr-16	84,2	0,0	0,0	0,0	1,0	1,1	1,9	4,9
22-Mei-16	50,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
06-Jun-16	94,6	0,0	1,0	1,8	6,6	11,8	15,2	15,9

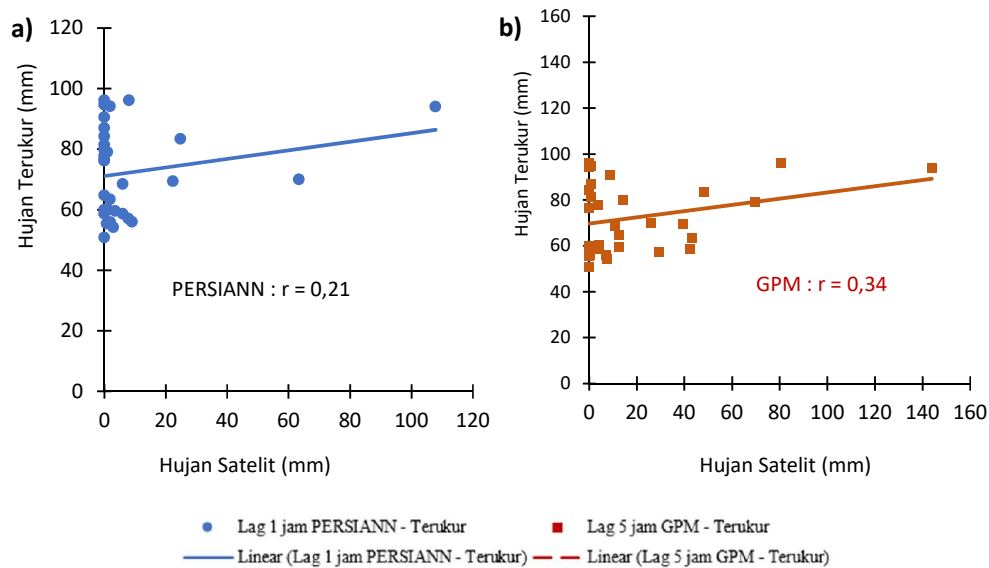
18-Jun-16	96,1	56,7	80,6	110,4	125,3	133,4	135,6	136,5
22-Jul-16	96,1	0,0	0,0	0,0	17,1	37,0	54,3	56,9
19-Sep-16	76,5	0,0	0,0	0,3	4,6	4,7	9,2	12,1
20-Sep-16	69,4	24,0	39,6	48,5	58,7	65,8	66,9	72,0
24-Sep-16	79,0	45,5	69,9	154,4	169,8	185,4	192,3	199,4
25-Sep-16	55,9	0,0	0,6	0,7	5,6	10,2	14,2	18,5
02-Okt-16	58,7	36,4	42,3	48,3	59,4	73,9	79,8	81,5
09-Okt-16	68,5	5,0	10,8	19,2	25,3	38,9	48,1	56,9
09-Nov-16	58,7	0,8	4,3	15,3	31,0	42,7	55,9	65,2
13-Nov-16	70,0	15,7	26,2	28,5	29,2	29,4	29,5	29,5
28-Nov-16	60,2	1,1	4,1	7,3	11,6	15,4	21,1	28,5
29-Nov-16	57,1	19,9	29,5	31,9	32,7	33,6	39,0	47,4
30-Nov-16	64,7	6,2	12,8	22,4	32,3	35,6	42,8	43,5
14-Jan-17	63,4	20,2	43,4	49,1	49,2	50,6	52,1	52,1
14-Feb-17	79,8	11,5	14,4	19,1	26,5	38,3	39,7	43,4
25-Feb-17	90,6	2,1	8,7	16,6	24,6	49,7	84,7	87,7
06-Apr-17	54,2	1,7	7,6	16,4	22,1	26,1	27,6	32,0
19-Apr-17	77,8	1,2	3,6	9,3	15,8	21,8	26,5	30,0
23-Apr-17	56,0	1,7	7,1	10,8	17,8	22,5	30,4	30,8
01-Mei-17	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	10,1
17-Okt-17	76,2	0,0	0,0	0,5	0,6	1,4	2,3	3,4
28-Nov-17	94,0	131,0	143,9	151,5	158,7	168,1	171,7	172,2
29-Nov-17	59,6	10,8	12,5	14,0	16,4	18,8	18,2	17,8
Koefisien Korelasi r	0,313	0,290	0,279	0,295	0,322	<b>0,341</b>	0,116	

Pada perhitungan satelit GPM, dilakukan metode yang sama, yaitu dengan menghitung P total setiap data hujan sesuai dengan waktu *lag*-nya. Hubungan data hujan satelit GPM terhadap terukur sesuai waktu *lag* dapat dilihat pada Tabel 6. Perhitungan koefisien korelasi *r*, *lag* terbaik diperoleh pada jam ke-5. Nilai *r* adalah sebesar **0,341**. Grafik korelasi *lag* 5 jam terhadap data hujan terukur dapat dilihat pada Gambar 4b. Hal ini menunjukkan korelasi yang masih rendah (Sarwono, 2006).

Nilai *r* yang diperoleh data hujan GPM sebesar 0,341 lebih besar dari data hujan PERSIANN dimana nilai *r* nya sebesar 0,211. Ini menunjukkan bahwa data hujan satelit GPM memiliki ketelitian data hujan yang lebih tinggi dibandingkan data hujan PERSIANN jika dilihat dari total hujannya. Sehingga untuk menghitung kedalaman total hujan pada suatu kejadian hujan, satelit GPM lebih dapat diandalkan dibandingkan satelit PERSIANN.

Pada analisis perhitungan *lag*, *lag* dari satelit GPM adalah *lag* 5 jam lebih besar dibandingkan PERSIANN yang memiliki *lag* 1 jam. Perbedaan *lag* ini menunjukkan bahwa satelit GPM secara

rata-rata dapat mencatat kejadian hujan yang lebih cepat 4 jam dari satelit PERSIANN, sehingga dalam penggunaannya untuk mitigasi resiko banjir, satelit GPM memiliki kapasitas yang lebih diandalkan dibandingkan satelit PERSIANN.



**Gambar 5. Hubungan P Total lag terbaik Hujan Satelit terhadap Hujan Terukur**

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Keakuratan dari hujan satelit GPM lebih tinggi dalam penggunaan data hujan satelit untuk menggantikan data hujan terukur di lapangan. Korelasi setiap hubungan data memiliki hasil yang berbeda-beda. Dimana satelit GPM memiliki korelasi data **P total** dengan  $r = 0,31$  dan **lama hujan** dengan  $r = 0,70$  yang lebih tinggi dibandingkan satelit PERSIANN, sedangkan, pada **intensitas hujan maksimum**, data satelit PERSIANN memiliki korelasi dengan  $r = 0,28$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan data intensitas hujan maksimum satelit GPM terhadap data terukur.
- Keakuratan data hujan satelit GPM dengan  $r = 0,341$ , lebih tinggi dibandingkan dengan satelit PERSIANN yang memiliki  $r = 0,211$ , sedangkan pada perhitungan waktu lag, waktu lag dari satelit GPM sebesar **5 jam** lebih besar dari satelit PERSIANN yang sebesar 1 jam. Dengan demikian, satelit GPM lebih dapat diandalkan dibandingkan satelit PERSIANN untuk mitigasi resiko bencana banjir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Estiningtyas, Woro. 2007. "Pengaruh Tenggang Waktu ( Time Lag ) Antara Curah Hujan Dengan Suhu Permukaan Laut Nino 3 . 4 Terhadap." *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika* 8(1):13–26.
- Hsu, Kou-lin, Xiaogang Gao, Soroosh Sorooshian, and Hoshin V. Gupta. 2002. "Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks." *Journal of Applied Meteorology* 36(9):1176–90.
- Nguyen, Phu, Mohammed Ombadi, Soroosh Sorooshian, Kuolin Hsu, Amir AghaKouchak, Dan Braithwaite, Hamed Ashouri, and Andrea Rose Thorstensen. 2018. "The PERSIANN Family of Global Satellite Precipitation Data: A Review and Evaluation of Products." *Hydrology and Earth System Sciences* 22(11):5801–16.
- Pratiwi, Destiana Wahyu. 2016. "Halaman Judul." 2016.

- Purnomo, Edi. 2019. "Yogyakarta Dikepung Banjir, Ketinggian Air Mencapai 1,5 Meter." *Merdeka.Com*. Retrieved March 5, 2019 (<https://www.merdeka.com/peristiwa/yogyakarta-dikepung-banjir-ketinggian-air-mencapai-15-meter.html>).
- Runge, Jakob, Vladimir Petoukhov, and Jürgen Kurths. 2014. "Quantifying the Strength and Delay of Climatic Interactions: The Ambiguities of Cross Correlation and a Novel Measure Based on Graphical Models." *Journal of Climate* 27(2):720–39.
- Sarwono, Jonathan. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif*. 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Su, Fengge, Yang Hong, and Dennis P. Lettenmaier. 2008. "Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its Utility in Hydrologic Prediction in the La Plata Basin." *Journal of Hydrometeorology* 9(4):622–40.
- Tjasyono, Bayong. 1999. *Klimatologi Umum*. Bandung: Penerbit ITB.
- Vernimmen, R. R. E., A. Hooijer, Mamenun, E. Aldrian, and A. I. J. M. Van Dijk. 2012. "Evaluation and Bias Correction of Satellite Rainfall Data for Drought Monitoring in Indonesia." *Hydrology and Earth System Sciences* 16(1):133–46.
- Zhang, Chi, Xi Chen, Hua Shao, Shuying Chen, Tong Liu, Chunbo Chen, Qian Ding, and Haoyang Du. 2018. "Evaluation and Intercomparison of High-Resolution Satellite Precipitation Estimates-GPM, TRMM, and CMORPH in the Tianshan Mountain Area." *Remote Sensing* 10(10).