

# MENGINISI DATA HUJAN YANG HILANG DENGAN METODE AUTOREGRESSIVE DAN METODE RECIPROCAL DENGAN PENGUJIAN DEBIT KALA ULANG (STUDI KASUS DI DAS BAKALAN)

Riswandha Dwi Kurniawan <sup>1)</sup>, Rintis Hadiani <sup>2)</sup>, Setiono <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: riswandha.dk@gmail.com

## Abstrak

Ketersediaan data curah hujan masih rendah, masih kurang lengkap dan kurang akurat, dalam praktik sesungguhnya sering ditemukan data yang tidak lengkap karena adanya kekosongan/kehilangan data hujan. Kelengkapan data hujan merupakan bagian terpenting dalam perencanaan dan perancangan bangunan-bangunan hidraulik, perencanaan manajemen keairan dan manajemen sumber daya air. Maka dari itu perlu dilakukan model hidrologi untuk mengisi data hujan yang hilang. Pada penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bakalan yang terletak di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Diawali dengan eliminasi data dengan metode sampling, kemudian melakukan pengisian data hujan kembali dengan metode *Reciprocal* dan model *Autoregressive*. Parameter untuk menilai model dengan melihat debit banjir kala ulang hasil perhitungan. Hasil penelitian menunjukkan korelasi rata-rata data hujan asli dengan data hujan tiruan metode *Reciprocal* dan model *Autoregressive* sebesar 0,806 dan 0,786. Debit banjir maksimum kala ulang 5 tahun ( $Q_5$ ), 20 tahun ( $Q_{20}$ ), 50 tahun ( $Q_{50}$ ) berturut-turut sebesar 253,383 m<sup>3</sup>/dt, 340,709 m<sup>3</sup>/dt, 411,614 m<sup>3</sup>/dt. Korelasi debit banjir maksimum dengan data hujan tiruan metode *Reciprocal* dan model *Autoregressive* sebesar 0,999 dan 0,998. Dengan pengujian debit banjir kala ulang diketahui bahwa metode *Reciprocal* merupakan metode paling sesuai untuk model pengisian data hujan, karena mendekati perhitungan data hujan asli.

**Kata kunci :** *Autoregressive, Reciprocal, Data Hujan, Debit Kala Ulang*

## Abstract

*The availability of rainfall data is still low, incomplete and less accurate, where in actual practice is often found incomplete data due to vacancy/loss of rain data. Completion of rainfall data is important part in planning and design of hydraulic buildings, water management planning and water resource management. Therefore it is necessary to build hydrological model to fill up the unavailable rain data. This research is conducted in Bakalan watershed located in Jepara regency, Central Java. Beginning with the elimination of data by sampling method, then redo the rain data filling with Reciprocal method and Autoregressive model. Parameters to assess the model by looking at the flood discharge when recalculating the calculation results. The results showed the average correlation value of the original rainfall data with the simulated rainfall data of Reciprocal method and Autoregressive model is 0,806 and 0,786. The maximum flood discharge on repeat period of 5 year ( $Q_5$ ), 20 year ( $Q_{20}$ ), 50 year ( $Q_{50}$ ) is 253,383 m<sup>3</sup>/dt, 340,709 m<sup>3</sup>/dt, 411,614 m<sup>3</sup>/dt. The correlation value of the original rainfall data with the simulated rainfall data of Reciprocal method and Autoregressive model is 0.999 and 0,998. With flood discharge calculation testing it is known that the Reciprocal method is the most appropriate method for the rainfall data filling model, as it is similar the original rainfall data calculations.*

**Keywords :** *Autoregressive, Reciprocal, Rainfall Data, Flood Discharge Period*

## PENDAHULUAN

Informasi hidrologi menjadi bagian yang sangat penting pada setiap kegiatan pengembangan sumber daya air, baik dalam perencanaan maupun perancangan. Untuk melakukan pembangunan di semua bidang sarana dan prasarana infrastruktur, terutama pembangunan fisik di bidang pengairan yaitu bangunan sipil air guna mensejahterahkan masyarakat di Kabupaten Jepara, Propinsi Jawa Tengah, maka diperlukan sebuah perencanaan yang baik sesuai dengan spesifikasi teknis yang sesuai dengan bangunan sipil air. Adapun data-data teknis yang diperlukan adalah data curah hujan. Khususnya data curah hujan pada lokasi penelitian yaitu di Sungai Bakalan, DAS Bakalan. Ketersediaan data curah hujan saat ini masih rendah, masih kurang lengkap dan kurang akurat, bahkan dalam praktek sesungguhnya sering ditemukan data yang tidak lengkap karena adanya kekosongan/kehilangan data hujan. Hal ini disebabkan antara lain karena kerusakan alat, kelalaian petugas, penggantian alat, pemindahan alat pengukur, bencana dan pengrusakan. Ketidaklengkapan data yang diperoleh akan berpengaruh terhadap analisis selanjutnya. Oleh sebab itu untuk mendapatkan hasil analisa yang baik, maka diperlukan perkiraan untuk pengisian data hujan yang hilang. Untuk memperbaiki atau memperkirakan data yang tidak lengkap atau hilang, maka dalam penelitian ini dipergunakan model *Autoregressive (AR)* dan metode *Reciprocal*.

## TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama. DAS memiliki karakteristik yang spesifik dan erat hubungannya dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng.

### Curah Hujan

Curah hujan 1 (satu) millimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Curah hujan kumulatif (mm), merupakan jumlah hujan yang terkumpul dalam rentang waktu kumulatif tersebut. Dalam periode musim, rentang waktunya adalah rata-rata panjang musim pada masing-masing Daerah Prakiraan Musim (DPM).

### Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode kurva massa ganda (*Double Mass Curve*). Model regresi dikatakan sempurna apabila  $R^2 = 1$ .

$$R^2 = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i / n}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n} \cdot \frac{\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 / n}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- $R^2$  = koefisien deterministik,
- $x_i$  = nilai kumulatif data hujan ke,
- $y_i$  = nilai kumulatif rata-rata data hujan ke,
- $n$  = jumlah data.

### Uji *Boxplot*

Menurut Helsel dan Hirsch (2002), *Boxplot* adalah sebuah grafik ringks yang disajikan untuk meringkas persebaran dari sebuah data. Data *Outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Uji data *outlier* gunanya untuk mencari data curah hujan yang ada, apakah ada data yang menyimpang jauh dari kumpulan datanya (Soewarno, 1995).

### Uji Stasioner

Data yang akan diuji untuk analisis distribusi peluang harus homogeny, yang berarti data berasal dari populasi yang sama jenis (Soewarno, 1995). Pada penelitian ini digunakan Uji Varian dan Uji Kestabilan Nilai Rata-rata.

### Hujan Wilayah

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menentukan tinggi curah hujan rata-rata wilayah adalah metode polygon *Thiesen*. Metode ini digunakan cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5.000 km<sup>2</sup> dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibanding luasnya serta memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya.

$$\bar{P} = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

- $\bar{P}$  = curah hujan rata-rata DAS (mm),
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = curah hujan di stasiun hujan 1, 2, ..., n (mm),
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = luas areal poligon dari stasiun hujan 1, 2, ..., n (km<sup>2</sup>),

### Uji Kesesuaian Distribusi Data

Analisis penelitian ini menggunakan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof. Dilakukan dengan cara membandingkan probabilitas pada tiap-tiap variabel dari suatu distribusi yang hasilnya akan didapat perbedaan ( $\Delta$ ). Perbedaan maksimum ( $\Delta_{maks}$ ) yang dihitung dibandingkan dengan perbedaan kritis ( $\Delta_{cr}$ ) untuk banyaknya varian tertentu. Sebaran dikatakan sesuai jika  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$

### Hujan Efektif

Hujan efektif merupakan hasil perkalian dari koefisien limpasan dengan Hujan total.

$$H_{eff} = X_T \times c \dots \dots \dots (3)$$

dengan :

- $H_{eff}$  = hujan efektif,
- $X_T$  = hujan rancangan,
- $c$  = koefisien limpasan.

### Koefisien Limpasan

Koefisien Limpasan merupakan perbandingan laju debit puncak dengan intensitas hujan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti laju infiltrasi, tata guna lahan dan kemampuan tanah untuk menahan air.

### Analisis Pola Hujan Jam-jaman

Pada penelitian ini, analisis pola agihan hujan jam-jaman yang digunakan adalah pola agihan *Alternating Block Method* (ABM) dengan perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe.

### Waktu Konsentrasi

Pada penelitian ini, digunakan rumus Kirpich.

$$t_c = 0,06628 \cdot k \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \dots \dots \dots (4)$$

dengan :

- $t_c$  = waktu konsentrasi (jam),
- $k$  = koefisien Kirpich, dapat dilihat pada Tabel 2.5,
- $L$  = panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km),
- $S$  = kemiringan rata-rata saluran (m).

### Intensitas Hujan

Penelitian ini menggunakan metode Mononobe.

$$I_t = \frac{R_{24}}{t_c} \left[ \frac{t_c}{t} \right]^{2/3} \dots \dots \dots (5)$$

dengan :

- $I_t$  = Intensitas curah hujan pada jam ke-t (mm/jam),
- $R_{24}$  = tinggi hujan rancangan dalam 24 jam (mm),
- $t_c$  = waktu konsentrasi (jam),
- $t$  = jam ke-1 s/d jam ke- $t_c$ .

### Alternating Block Method (ABM)

Salah satu model distribusi hujan yang dikembangkan untuk mengalih ragamkan hujan harian ke hujan jam-jaman menggunakan *Alternating Block Method* (ABM). Hasil yang diharapkan menggunakan metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi  $\Delta t = 1$  jam selama waktu  $T_d = n \times \Delta t$ .

### Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu

Metode HSS Nakayasu merupakan hidrograf satuan sintetis yang menggunakan parameter luas DAS ( $A$ ), panjang sungai ( $L$ ) dan koefisien pengaliran ( $c$ ).

$$Q_p = \frac{c \cdot A \cdot R_e}{3,6 \cdot (0,3T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots (6)$$

dengan :

- $Q_p$  = debit puncak banjir,
- $A$  = luas DAS (km<sup>2</sup>),
- $R_e$  = curah hujan efektif (mm),
- $c$  = koefisien aliran (=1),
- $T_p$  = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (jam),
- $T_{0,3}$  = waktu dari puncak banjir sampai 30% debit puncak banjir (jam),

### Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) SCS

Metode SCS (*Soil Conservation Service*) menggunakan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf satuan dari data lapangan dengan berbagai ukuran DAS dan lokasi berbeda.

$$Q_p = q_p \cdot P_e \cdot 0,028 \dots\dots\dots (7)$$

dengan :

- $Q_p$  = debit puncak limpasan (m<sup>3</sup>/s),
- $q_p$  = debit puncak (in),
- $P_e$  = kedalaman hujan efektif (in),

### Sampling Data

Pada penelitian ini digunakan sampling *Purposive* dengan tingkat kesalahan/signifikansi 1%.

### Model Autoregressive

Model *Autoregressive* akan menyatakan suatu ramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari *time series* tertentu. Model *Autoregressive* (AR) dengan order  $p$  dinotasikan dengan AR ( $p$ ).

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \cdot \tilde{Z}_{t-1} + \phi_2 + \dots + \phi_p \cdot Z_{t-p} + a_t \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

- $\phi_p$  = parameter *Autoregressive* ke- $p$ ,
- $a_t$  = nilai kesalahan pada saat  $t$ .

### Metode Reciprocal

Metode *Reciprocal* merupakan metode untuk mencari data hujan yang hilang dengan mempertimbangkan data hujan dari stasiun lainnya yang berada disekitarnya. Pertimbangan untuk digunakan metode ini adalah data hujan dari stasiun lain dan jarak antar stasiun.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \dots\dots\dots (9)$$

dengan:

- $P_x$  = data curah hujan pada stasiun X yang diperkirakan data hilang,
- $P_i$  = data hujan disekitarnya pada periode yang sama,
- $L_i$  = jarak antar stasiun.

## METODE PENELITIAN

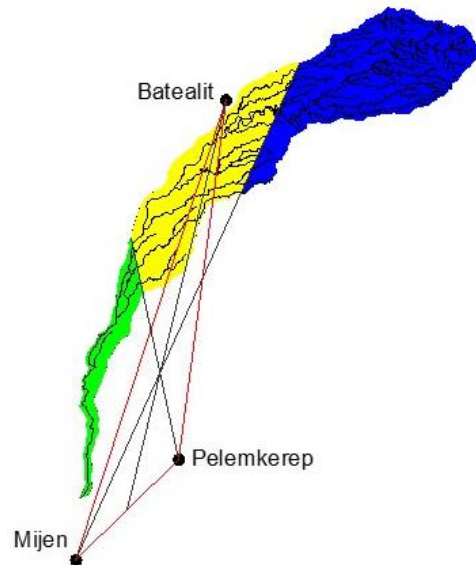
Lokasi penelitian ini dilakukan di Sungai Bakalan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Sungai ini terletak di wilayah DAS Bakalan yang memiliki luas 44 km<sup>2</sup>. Data-data yang diperlukan antara lain data hujan harian tahun 2001-2015 dari tiga stasiun yang dipilih, peta DAS Bakalan skala 1:25000. Analisis data dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel*, *AutoCAD* dan *Minitab*.

Penelitian yang pertama dilakukan adalah uji konsistensi data hujan yang diperoleh. Setelah itu dilakukan uji *outlier* dan stasioner data hujan. Kemudian dilakukan sampling data untuk nantinya dilakukan simulasi pengisian data hujan dengan metode *Reciprocal* dan model *Autoregressive*. Parameter untuk menilai model dengan melihat debit banjir kala ulang hasil perhitungan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Hujan Wilayah

Perhitungan hujan wilayah pada penelitian ini menggunakan metode Poligon Thiessen berdasarkan peta stasiun hujan di DAS Bakalan. Pembuatan Poligon Thiessen DAS Bakalan ini menggunakan program *AutoCAD* dengan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Poligon Thiessen DAS Bakalan

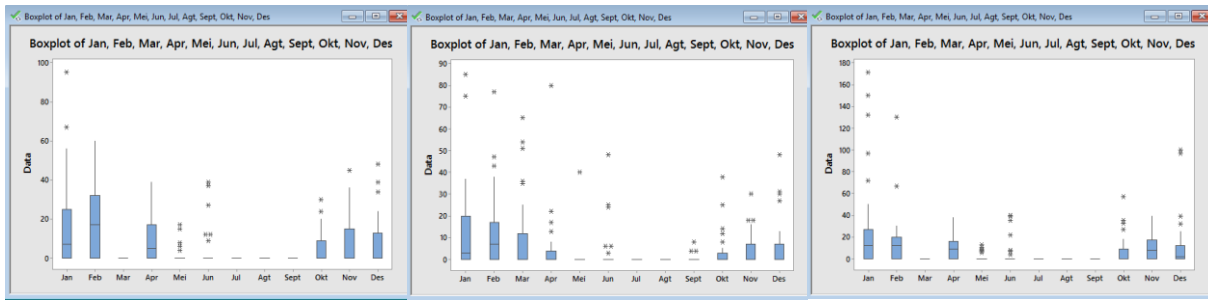
Dari poligon Thiessen tersebut dapat dihitung koefisien Thiessen untuk masing-masing stasiun hujan sesuai dengan luasan poligon seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Thiessen Stasiun Hujan

Stasiun Hujan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen
Pelemkerep	22	0,50
Mijen	5	0,11
Batealit	17	0,39
<b>Jumlah</b>	<b>44</b>	<b>1</b>

### Uji *Boxplot*

Analisis *boxplot* pada penelitian ini dibantu dengan menggunakan *software Minitab17*. Hasil pengujian *boxplot* dengan *Minitab* dipilih analisis *vertical box*, yang secara visual nilai *outliers* bisa diketahui seperti pada Gambar 2 - 4.



Gambar 2. Uji *Boxplot* Pelemkerep

Gambar 3. Uji *Boxplot* Mijen

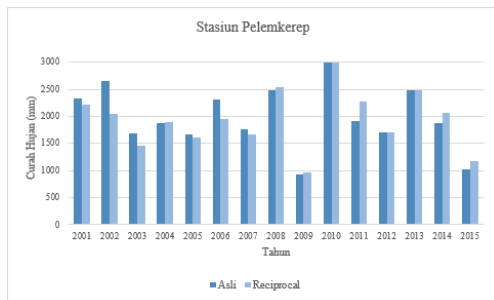
Gambar 4. Uji *Boxplot* Batealit

### Uji Stasioner

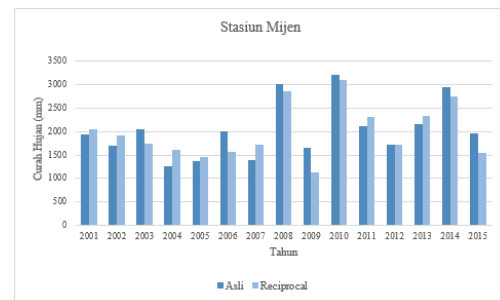
Untuk mengetahui data hujan yang digunakan pada penelitian ini stasioner atau tidak, maka perlu dilakukan Uji Varian dan Uji Kestabilan Nilai Rata-rata. Stasiun Pelemkerep, Mijen dan Batealit dari hasil Uji Varian syarat  $F_{hitung} < F_{Tabel}$  terpenuhi secara berturut-turut yaitu  $0,934 < 4,21$ ;  $2,283 < 4,21$ ; dan  $0,149 < 4,95$ . Uji Kestabilan Nilai Rata-rata Stasiun Pelemkerep, Mijen dan Batealit syarat  $t_{hitung} < t_{Tabel}$  terpenuhi yaitu  $0,87 < 2,16$ ;  $1,18 < 2,16$ ; dan  $2,05 < 2,20$ .

### Simulasi Data Hujan dengan Metode *Reciprocal*

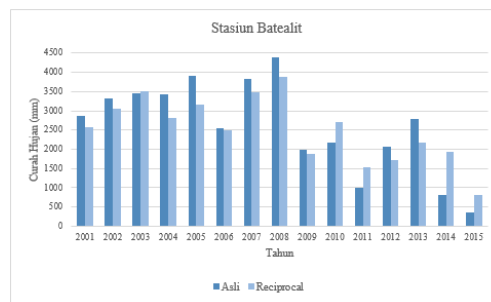
Dalam penggunaan metode *Reciprocal* ini, jarak antar stasiun digunakan sebagai pembagi yang menandakan bahwa persebaran hujan juga dipengaruhi oleh faktor jarak.



Gambar 5. Metode *Reciprocal* Pelemkerep



Gambar 6. Metode *Reciprocal* Mijen

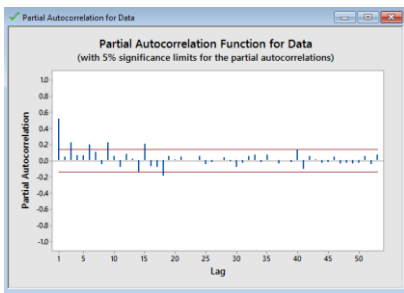


Gambar 7. Metode *Reciprocal* Batealit

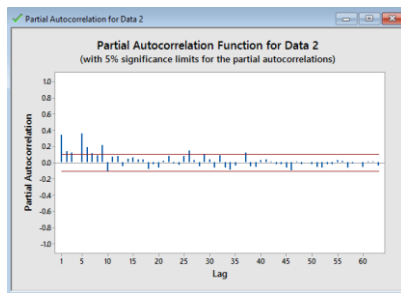
Dari hasil perhitungan yang diperlihatkan pada Gambar 5 - 7, perbandingan data hujan asli dengan pengisian metode *Reciprocal* stasiun Pelemkerep, Mijen, dan Batealit secara berturut adalah 0,86; 0,76; 0,81 yang berarti menunjukkan korelasi yang tinggi.

### Simulasi Data Hujan dengan Metode *Reciprocal*

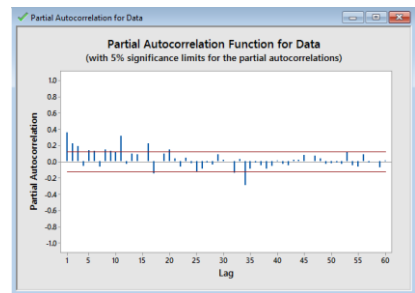
Proses analisis *Autoregressive* hanya dapat dilakukan pada satu kolom saja. Oleh sebab itu, sajian data dirubah menjadi satu kolom. Setelah data menjadi satu kolom kemudian dilakukan *plotting* PACF (*Partial Autocorellation Function*) seperti pada Gambar 8 - 10.



Gambar 8. *Plotting* PACF Pelemkerep



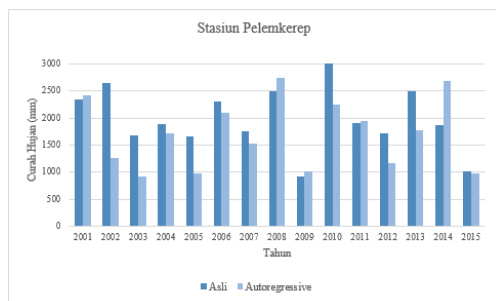
Gambar 9. *Plotting* PACF Mijen



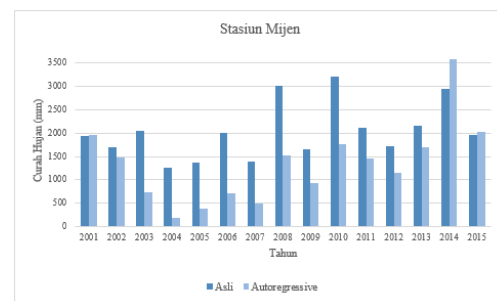
Gambar 10. *Plotting* PACF Batealit

Dari hasil *plotting* PACF menunjukkan nilai ordo  $p$  pada AR atau  $AR(p)$ , yang nantinya akan dijadikan acuan untuk peramalan data hujan model *Autoregressive*.

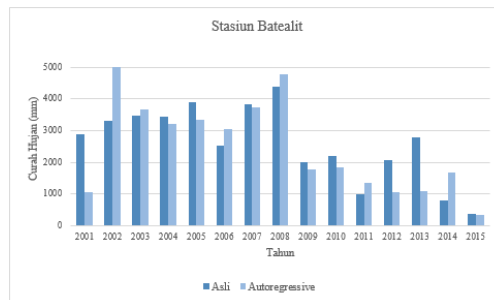
Hasil perhitungan simulasi pengisian data hujan menggunakan model *Autoregressive* diperlihatkan pada Gambar 11 - 13.



Gambar 11. Model *Autoregressive* Pelemkerep



Gambar 12. Model *Autoregressive* Mijen



Gambar 13. Model *Autoregressive* Batealit

Dari hasil perhitungan yang diperlihatkan pada Gambar 11 - 13, perbandingan data hujan asli dengan pengisian metode *Reciprocal* stasiun Pelemkerep, Mijen, dan Batealit secara berturut adalah 0,88; 0,65; 0,82 yang berarti menunjukkan korelasi yang tinggi.

### Perhitungan Debit Banjir Maksimum

Perhitungan debit banjir maksimum menggunakan metode hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu dan HSS SCS untuk kala ulang 5, 20, 50 tahun. Berdasarkan hasil unit hidrograf koreksi masing-masing metode yang dikalikan dengan intensitas hujan jam-jaman, maka akan didapatkan nilai debit banjir rencana yang disajikan pada Tabel 2 - 4.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana (Data Hujan Konsisten)

Hujan	Debit banjir rencana (Q) menurut metode -		
	HSS Nakayasu	HSS SCS	
Kala Ulang	5	151,641	203,377
	20	218,772	293,410
	50	279,463	374,807

Ket : Debit banjir dinyatakan dalam satuan m<sup>3</sup>/detikTabel 3. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana (Data Hujan Metode *Reciprocal*)

Hujan	Debit banjir rencana (Q) menurut metode -		
	HSS Nakayasu	HSS SCS	
Kala Ulang	5	188,927	253,383
	20	254,040	340,709
	50	306,907	411,614

Ket : Debit banjir dinyatakan dalam satuan m<sup>3</sup>/detikTabel 4. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana (Data Hujan Model *Autoregressive*)

Hujan	Debit banjir rencana (Q) menurut metode -		
	HSS Nakayasu	HSS SCS	
Kala Ulang	5	81,532	109,348
	20	108,880	146,026
	50	128,732	172,652

Ket : Debit banjir dinyatakan dalam satuan m<sup>3</sup>/detik

Perhitungan debit banjir maksimum menggunakan metode hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu dan (HSS) SCS untuk kala ulang 5, 20, 50 tahun dengan menggunakan data hujan simulasi metode *Reciprocal* menghasilkan nilai korelasi 0,999527, sedangkan dengan menggunakan data hujan simulasi model *Autoregressive* adalah 0,998057 yang berarti menunjukkan korelasi yang sangat tinggi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Korelasi rata-rata data hujan asli/konsisten dengan data hujan simulasi menggunakan metode *Reciprocal* untuk stasiun Pelemkerep, Mijen dan Batealit berturut-turut adalah 0,855; 0,755 dan 0,809. Sedangkan menggunakan model *Autoregressive* untuk stasiun Pelemkerep, Mijen dan Batealit berturut-turut adalah 0,881; 0,653 dan 0,824. Nilai tersebut menunjukkan korelasi yang tinggi dari data simulasi dengan data asli.
2. Debit banjir maksimum yang terjadi di Sungai Bakalan berdasarkan perhitungan HSS Nakayasu secara berturut-turut Q<sub>5</sub>, Q<sub>20</sub>, Q<sub>50</sub> adalah 188,927 m<sup>3</sup>/dt, 254,040 m<sup>3</sup>/dt, dan 306,907 m<sup>3</sup>/dt. Berdasarkan perhitungan HSS SCS secara berturut-turut Q<sub>5</sub>, Q<sub>20</sub>, Q<sub>50</sub> adalah 253,383 m<sup>3</sup>/dt, 340,709 m<sup>3</sup>/dt, dan 411,614 m<sup>3</sup>/dt.
3. Korelasi berdasarkan nilai debit banjir maksimum yang terjadi di Sungai Bakalan berdasarkan perhitungan metode HSS Nakayasu dan HSS SCS dengan menggunakan data hujan simulasi metode *Reciprocal* dan model *Autoregressive* berdasarkan data hujan konsisten berturut-turut adalah 0,999 dan 0,998, yang berarti menunjukkan korelasi yang sangat tinggi, serta menyatakan bahwa menggunakan data hujan tiruan model *Autoregressive* ataupun metode *Reciprocal* nilai korelasinya sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [2] Ary, Achmad, dan Osaliana Budiarto. 2012. *Peramalan Data Curah Hujan dengan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) dengan Deteksi Outlier sebagai Upaya Optimalisasi Produksi Pertanian di Kabupaten Mojokerto*. Universitas Trunojoyo. Madura.
- [3] Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2016. SNI 2415-2016 : *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*
- [4] Dewi, Aji dan Anik Djuraidah. 2011. *Model Vektor Autoregressive untuk Peramalan Curah Hujan di Indramayu*. Forum Statistika dan Komputasi. Vol. 16, No. 2, ISBN: 0853-8115, Oktober 2011.
- [5] Damar, Ahmad, dan Sumiharni. 2015. *Studi Pemodelan Curah Hujan Sintetik dari Beberapa Stasiun di Wilayah*



- Pringsewu*. JRSDD. Vol. 3, No. 1, Hal: 45-56, ISSN:2303-0011, Maret 2015.
- [6] Fahmi, Ikromi. 2015. *Analisis Pencarian Data Curah Hujan yang Hilang dengan Model Periodik Stokastik*. Jurnal Rekayas. Vol. 19, No. 2, Agustus 2015.
- [7] Fanny, Ahmad dan Subuh Tugiono. 2016. *Analisis Data Curah Hujan yang Hilang dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Rata-rata Aljabar*. JRSDD. Volume 4, No. 3, Hal 397-406, ISSN:2303-0011, September 2016.
- [8] Lailawati, Titi. 2015. *Pengaruh Pengisian Data Hujan yang Hilang dalam Analisis Hidrologi Terhadap Hujan Rancangan*, Tesis, Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung, Lampung.
- [9] Nurir, Rosadana. 2015. *Transformasi Hujan Harian ke Hujan Jam-Jaman menggunakan Metode Mononobe dan Pengalibragaman Hujan Aliran*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [10] Purwanto. 2016. *Model Hidrologi untuk Mengisi Data Hujan yang Hilang Berdasarkan Debit Andalan*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [11] Rosita, Tita. 2011. *Analisis Vector Autoregressive (VAR) untuk Pemodelan Curah Hujan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [12] Schwab, G.O., Fangmeir, D.D., Elliot, W.J., and Frevert, R.K. 1992. *Soil and Water Conservation Engineering*. Four Edition, John Wiley & Sons. Inc, New York. Susanto, R.H. dan Purnomo, R.H (penterjemah). 1997. *Teknik Konservasi Tanah dan Air*. CFWMS Sriwijaya University. Palembang.
- [13] Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistika Jilid 1*. Nova. Bandung
- [14] Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistika Jilid 2*. Nova. Bandung
- [15] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta
- [16] Triatmojo, Bambang. *Hidrologi Terapan*. 2008. Beta Offset. Yogyakarta
- [17] Tunnisa, Lathifa. 2014. *Potensi Banjir di DAS Simaluh menggunakan Metode Soil Conservation Service dan Soil Conservation Service Modifikasi Sub Dinas Pengairan Jateng*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta