

# APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MENGESTIMASI DATA CURAH HUJAN TAHUNAN YANG TIDAK TEREKAM DI DAS CISADANE

*(Artificial neural network application for The estimation of annual rainfall data  
unrecorded In cisadane watershed)*

**Elhamida Rezkia Amien<sup>1</sup>, Roh Santoso Budi Waspodo<sup>2</sup>, Budi Indra Setiawan<sup>3</sup>, Rudiyanto<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

Penulis korespondensi : Elhamida Rezkia Amien. Email: elhamidarezkia@gmail.com

Diterima: 20 Januari 2016

Disetujui: 27 Januari 2016

## ABSTRACT

*Naturally in a watershed rainfall distributes spatially. To know rainfall in the watershed needs information from many installed rain gauges. However, rainfall data is found not completely recorded. It is then important to estimate missing or unrecorded rainfall data. This study aims to estimate annual rainfall data in stations by using ANN (Artificial Neural Network). This study was conducted in Cisadane watershed. This study performed using rainfall data for 14 periods, the location of rainfall post (coordinates and elevation), DEM map, and watershed map. Data processing and analyzing performed using Ms. Excel 2010, ArcGIS 10.0, and BackPropogation Neural Network 1.0 program. Data used as input in ANN to estimates unrecorded rainfall data were coordinates (X,Y) and elevation (Z) of each rainfall post. ANN can be used to predict the amount of rainfall in cisadane watershed marked with a value of determination ( $R^2$ ) 0,97. After all data complete, average of rainfall in Cisadane watershed can be calculate using arithmetic, thiessen polygon, and isohyet. The amount of rainfall watershed in Cisadane using the arithmetic mean produce rainfall of 2.609 mm, with Thiessen Polygon of 2.539 mm, and with Isohyets of 2.594 mm.*

*Keywords: ANN, annual rainfall, Cisadane watershed, estimation of rainfall*

## PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane memiliki keunikan karena terdapat pada 3 provinsi yaitu Provinsi Jawa Barat, Provinsi DKI Jakarta, dan Provinsi Banten yang meliputi 43 kecamatan. Tutupan lahan DAS Cisadane didominasi oleh daerah pertanian dengan persentase 62,06% yang meliputi perkebunan, pertanian lahan kering, dan sawah. Daerah pertanian sebagian besar tersebar di wilayah hulu dan tengah. Jumlah penduduk DAS Cisadane pada tahun 2012 sejumlah 3.255.002 jiwa (BBWS Ciliwung Cisadane 2012). Kepadatan penduduk ini akan berimbas

pada penggunaan air yang akan meningkat baik untuk memenuhi kebutuhan domestik, pertanian, perternakan, dan industri. Salah satu sumber air utama dalam sistem hidrologi suatu DAS adalah curah hujan.

Curah hujan merupakan faktor utama yang mengendalikan siklus hidrologi suatu DAS (Asdak 2007). Oleh karena itu data curah hujan yang akurat sangat diperlukan dalam suatu analisis hidrologi. Permasalahannya adalah data yang akurat tersebut sulit diperoleh. Salah satu yang menyebabkan masalah ini ialah terbatasnya jumlah alat pengukuran yang dipasang dan tidak semua data tercatat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menduga besarnya curah hujan yang datanya tidak tersedia adalah

interpolasi. Interpolasi merupakan suatu metode untuk menduga data baru dari data-data yang ada. Metode interpolasi dapat digunakan dalam pendugaan curah hujan karena setiap titik yang diinterpolasi dipengaruhi oleh nilai dari titik yang ada di sekitarnya (Pasaribu dan Haryani 2012; Ma *et al.* 2014). Dalam hal ini, zona curah hujan yang terbentuk dari hasil interpolasi dapat digunakan untuk menggambarkan pola curah hujan yang terjadi.

Interpolasi data-data curah hujan dapat diduga salah satunya dengan menggunakan ANN (*Artificial Neural Network*) (Bustami *et al.* 2007; Hung *et al.* 2009). ANN merupakan suatu model kecerdasan yang meniru sistem saraf manusia. Pada beberapa penelitian, model ini dapat digunakan dalam pendugaan dan

**METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan di DAS Cisadane dengan luas 1515.77 km<sup>2</sup> yang secara administratif terdapat di Pulau Jawa bagian Barat. DAS Cisadane secara geografis terletak pada 6°0'22"-6°47'16" LS dan 106°28'29"-106°56'48" BT.

Data berupa curah hujan, koordinat, dan elevasi DAS Cisadane diolah dan disimpan dalam *MS. Excel 2010* dan selanjutnya diinputkan ke dalam ArcGIS 10.0 untuk di proses lebih lanjut. Data curah hujan diperoleh dalam periode 14 tahun. Namun masing-masing pos hujan mempunyai ketersediaan data dengan rentang waktu yang berbeda. Data yang dikumpulkan diperoleh dari berbagai sumber yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jenis dan sumber data yang digunakan pada penelitian

No.	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
1.	Data curah hujan	BBWS Ciliwung-Cisadane, BPSDA Ciliwung-Cisadane, Pusair Bandung, Dinas Bina Marga, BP DAS Citarum-Ciliwung, BMKG Dramaga	13 pos hujan periode 2000-2013
2.	Data elevasi dan koordinat pos hujan	BBWS Ciliwung-Cisadane, BPSDA Ciliwung-Cisadane, Pusair Bandung, BP DAS Citarum-Ciliwung	13 pos hujan
3.	Peta DAS Cisadane	BBWS Ciliwung-Cisadane	Skala 1:50.000
4.	DEM	<a href="http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp">http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp</a>	ASTERGDEM ( <i>Aster Global Digital Elevation Map</i> )

perhitungan curah hujan wilayah. Pada penelitian Wu dan Chaw (2011) model ANN memberikan hasil yang baik dalam mengestimasi curah hujan. Penelitian lain menyebutkan hasil dari model ANN mendekati data observasi (Somvanshi *et al.* 2006). Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan model ANN sebagai interpolator dalam memestimasi data curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi data hujan yang tidak tercatat menggunakan ANN dan mendapatkan curah hujan DAS Cisadane.

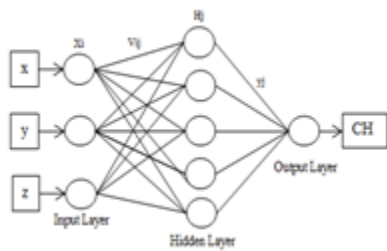
Jumlah pos hujan yang digunakan sebanyak 13 pos hujan. Masing-masing pos hujan diberi kode dengan rincian sebagai berikut.

- PH1 : Pasir Jaya
- PH2 : Kracak
- PH3 : Ranca Bungur
- PH4 : Pasar Baru
- PH5 : Cigudeg
- PH6 : Cianten
- PH7 : Kuripan
- PH8 : Cihideung
- PH9 : Cikluwung
- PH10 : Empang
- PH11 : Serpong
- PH12 : Sepatan
- PH13 : Dramaga

Tabel 2 Data curah hujan tahunan tidak lengkap

Pos Hujan	Tahun												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
PH1	2594	2804	3433	1982	3771	3482	2731	4187	3471	4376	6081	2674	3055
PH2	2454	1887	2817	2796	2751	1681	2152	3967	4310	4020	5118	2142	2944
PH3		955		2082	1171	1676			1937	1781	1725	1236	2315
PH4	956	1298	1944	1121	1478	1599	944	2019	1386	1852	1966	1333	1304
PH5			3124	1737	1480	1049	1278	1373	829	795	407	1126	77
PH6	1830			2231	2407	2261	1554	1529	2093	2806	3578	2761	
PH7	2421	3530	3201	2418	2594	3344	2870	3540	3615	3284	3794	1998	
PH8	2031	2708	3215	3004	2848	3258	3327	4189	3678	3472	4206	2848	3929
PH9				3212	3514	2126	1547	2354	3457	3185	3626	2767	
PH10	3646	3253	4484	3886	3945	4674	3561	3131	4142	3542	5357	3011	3950
PH11	1152	1344	3433	1320	1532	1664	1311	1527	1761	2132			
PH12			1801	1357	2008	1870			1724	1701			
PH13					4221	4929	2991	3772	4039	3498	4051	2842	3551

Estimasi data curah hujan yang tidak lengkap (Tabel 2) diolah menggunakan program *Backpropogation neural network* 1. Algoritma *backpropogation* terdiri dari dua fase yaitu perhitungan maju (*forward*) dan mundur (*backward propagation*). Arsitektur dalam penentuan nilai curah hujan dengan ANN dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Arsitektur estimasi curah hujan dengan ANN

*Input layer* terdiri dari koordinat X, koordinat Y, dan elevasi (Z) dari masing-masing pos hujan. Masing-masing *layer* akan terhubung dengan nilai pembobot (*weight*) yang menghubungkan antara *input layer* dengan *output layer*. Rejo

(2007) menyebutkan bahwa proses pembelajaran (*training*) merupakan suatu interkoreksi untuk memperoleh nilai pembobot (*weight*) yang benar.

Fungsi aktivasi yang digunakan terdapat dalam persamaan 1 dan 2.

$$H_j = \sum_i X_i V_{ij} \tag{1}$$

$$Y_j = f(H_j) \tag{2}$$

Penentuan curah hujan rata-rata dalam analisis hidrologi suatu kawasan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: rata-rata aritmatik, Poligon Thiessen, dan isohyet (Triatmodjo 2009). Curah hujan rata-rata aritmatik dihitung dengan data curah hujan tahunan yang secara matematis dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \tag{3}$$

Peta Poligon dihasilkan dari perpotongan tegak lurus pada garis tengah diantara dua pos hujan yang dihubungkan dengan garis. Luasan daerah dihasilkan dari pertemuan garis-garis. Secara matematis curah hujan rata-rata dengan

poligon thiessen dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$R = \frac{R_1 a_1}{A} + \frac{R_2 a_2}{A} + \dots + \frac{R_n a_n}{A} \quad (4)$$

Metode interpolasi spasial yang digunakan dalam analisa interpolasi permukaan diimplementasikan dalam ArcGis. Setelah peta isohyet terbentuk maka dihasilkan luas daerah isohyet. Sehingga curah hujan rata-rata dengan isohyet dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$R = \frac{A_1 \left(\frac{i_1+i_2}{2}\right) + A_2 \left(\frac{i_2+i_3}{2}\right) + \dots + A_n \left(\frac{i_n+i_{n+1}}{2}\right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (5)$$

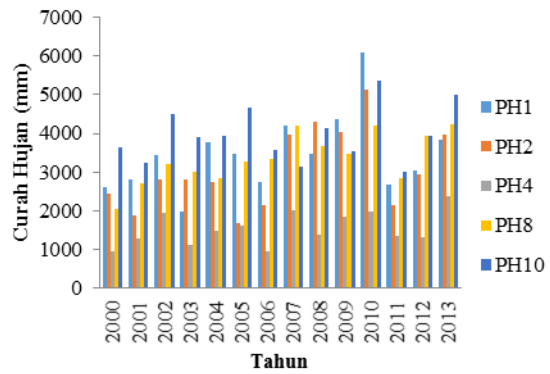
dimana, R merupakan curah hujan rata-rata DAS,  $R_1, R_2, \dots, R_n$  merupakan curah hujan pada masing-masing pos hujan, n merupakan jumlah pos hujan,  $a_1, a_2, \dots, a_n$  merupakan luas untuk masing-masing daerah poligon, A merupakan total luas DAS,  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$  merupakan garis isohyet ke 1, 2, 3, ..., n, n+1, dan  $A_1, A_2, \dots, A_n$  merupakan luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet ke 1 dan 2, 2 dan 3, ..., n dan n+1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Curah Hujan Tahunan

Curah hujan di lokasi penelitian memiliki keterbatasan data. Dari 13 pos hujan, hanya 5 pos hujan yang memiliki data curah hujan lengkap selama 14 periode (Gambar 2). Data curah hujan yang lengkap dimiliki oleh pos hujan Pasir Jaya (PH1), Kracak (PH2), dan Cihideung (PH8) yang terletak di Kabupaten Bogor, Pasar Baru (PH4) yang terletak di Kabupaten Tangerang, dan Empang (PH10) yang terletak di Kota Bogor.

Kelengkapan data curah hujan sangat dibutuhkan dalam analisis hidrologi. Data curah hujan yang tidak lengkap diestimasi dengan program *Backpropagation neural network* 1. Hal



Gambar 2 Curah tahunan dari 5 pos hujan

awal yang harus dilakukan sebelum mengestimasi curah hujan adalah membuat proses pembelajaran, menentukan pola inputan, dan target yang diinginkan (Indrabayu *et al.* 2011). Proses pembelajaran (*training*) dilakukan dengan menggunakan *input* koordinat dan elevasi pos hujan yang nantinya akan menghasilkan nilai pembobot (*weight*). Nilai pembobot ini digunakan untuk mengestimasi kekosongan data curah hujan tahunan.

ANN mampu mempelajari hubungan antara koordinat dan elevasi pos hujan dengan curah hujan yang terjadi yang ditandai dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,97 (Gambar 3). Hal ini dimungkinkan karena curah hujan di Indonesia secara umum dipengaruhi oleh letak geografis dan curah hujan juga bertambah sesuai dengan ketinggian tempat (Indrabayu 2012). Galván *et al.* (2014) dalam penelitiannya menggunakan ketinggian dari pos pengukuran hujan sebagai salah satu inputan pada SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) untuk melihat pengaruh elevasi terhadap jumlah curah hujan yang terjadi pada tipe hujan orografik. ANN mengestimasi data curah hujan dengan melihat pola hujan yang terjadi terhadap inputan berupa koordinat dan elevasi pos hujan.

Estimasi menggunakan input yang sama dilakukan pada 8 pos hujan yang datanya tidak lengkap. Nilai pembobot

Tabel 3 Data curah hujan tahunan hasil estimasi ANN

Pos Hujan	Tahun												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
PH1	2594	2804	3433	1982	3771	3482	2731	4187	3471	4376	6081	2674	3055
PH2	2454	1887	2817	2796	2751	1681	2152	3967	4310	4020	5118	2142	2944
PH3	2416	955	3301	2082	1171	1676	2907	3237	1937	1781	1725	1236	2315
PH4	956	1298	1944	1121	1478	1599	944	2019	1386	1852	1966	1333	1304
PH5	1580	1231	3124	1737	1480	1049	1278	1373	829	795	407	1126	77
PH6	1830	1934	2720	2231	2407	2261	1554	1529	2093	2806	3578	2761	3078
PH7	2421	3530	3201	2418	2594	3344	2870	3540	3615	3284	3794	1998	2741
PH8	2031	2708	3215	3004	2848	3258	3327	4189	3678	3472	4206	2848	3929
PH9	2278	2021	2791	3212	3514	2126	1547	2354	3457	3185	3626	2767	3087
PH10	3646	3253	4484	3886	3945	4674	3561	3131	4142	3542	5357	3011	3950
PH11	1152	1344	3433	1320	1532	1664	1311	1527	1761	2132	2192	1722	1988
PH12	713	1064	1801	1357	2008	1870	678	2285	1724	1701	1842	1171	1108
PH13	2727	2782	3643	3308	4221	4929	2991	3772	4039	3498	4051	2842	3551

yang dihasilkan pada proses pembelajaran (*training*), digunakan pada proses *testing* data (estimasi data hujan) sehingga dihasilkan data curah hujan yang lengkap (Tabel 3). Grafik pada Gambar 4 digunakan untuk melihat tren curah hujan DAS Cisadane. Kejadian hujan tertinggi terjadi pada tahun 2010 dan terendah pada tahun 2000. Nantinya dari kejadian hujan ini dapat digunakan untuk melihat sebaran curah hujan yang terjadi.

**Curah Hujan Kawasan**

Perhitungan curah hujan rata-rata Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dihitung dengan menggunakan aritmatik, poligon thiessen, dan isohyet. Data yang umumnya digunakan adalah data curah hujan pada setiap pos hujan dan luasan wilayah DAS.

Perhitungan aritmatik dipandang sebagai perhitungan curah hujan kawasan yang paling sederhana. Tikno (2000) menggunakan perhitungan dengan aritmatik dalam penentuan curah hujan wilayah DAS Riam Kanan. Besarnya curah hujan DAS Cisadane yang dihitung

menggunakan perhitungan aritmatik adalah 2.609 mm (Tabel 4).

Poligon thiessen merupakan cara yang paling banyak digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata kawasan walau masih memiliki kekurangan karena

Tabel 4 Perhitungan dengan rata-rata aritmatik

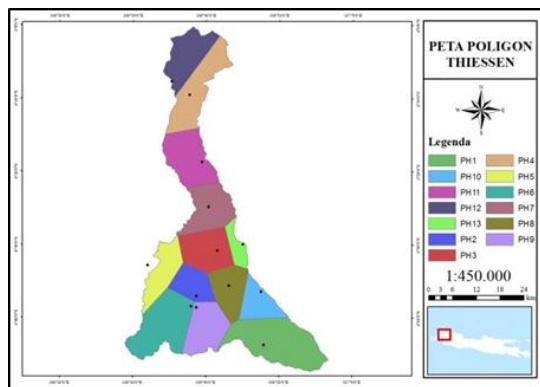
Jumlah Stasiun	Pos Hujan	Curah Hujan Tahunan	Hasil Aritmatik
1	PH1	3.461	266
2	PH2	3.072	236
3	PH3	1.971	152
4	PH4	1.540	118
5	PH5	1.158	89
6	PH6	2.482	191
7	PH7	3.063	236
8	PH8	3.353	258
9	PH9	2.853	219
10	PH10	3.969	305
11	PH11	1.856	143
12	PH12	1.537	118
13	PH13	3.596	277
Total		33.911	2.609

tidak memasukkan pengaruh topografi. Wilayah yang terbentuk dari poligon thiessen ditunjukkan pada Gambar 5.

Wilayah hujan dapat dihasilkan dari pembagian poligon-poligon berdasarkan pos hujan yang ada sehingga besarnya curah hujan pada wilayah-wilayah yang masuk ke dalam poligon pos hujan A dianggap sama dengan pos hujan A. Ningsih (2012) menggunakan poligon thiessen untuk menggambarkan sebaran

curah hujan pada wilayah yang memiliki keterbatasan data curah hujan. Wilayah poligon terluas dihasilkan oleh PH1 (Pasir Jaya) dengan luas 217,62 km<sup>2</sup> dan PH13 (Dramaga) merupakan wilayah poligon terkecil sebesar 34,98 km<sup>2</sup>. Berdasarkan luasan wilayah poligon yang dihasilkan, besarnya curah hujan DAS Cisadane adalah 2.539 mm. (Tabel 5).

Isohyet merupakan garis-garis imajiner yang menggambarkan curah



Gambar 5 Pembagian poligon DAS

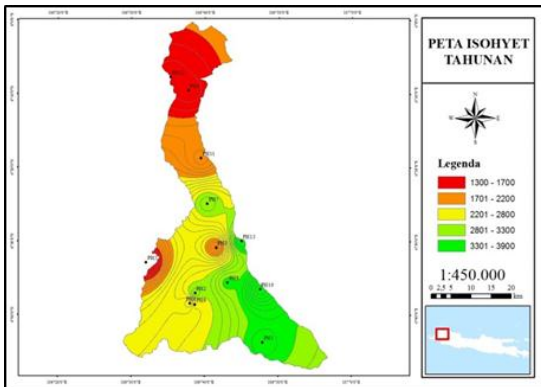
Tabel 5 Perhitungan dengan poligon thiessen

No.	Pos Hujan	CH (mm)	Luas Poligon (km <sup>2</sup> )	Persentase dari luas total (%) <sup>1</sup>	Weighted factor <sup>2</sup>	Weighted CH (mm) <sup>3</sup>
		1	2	3	4	
1	PH1	3.461	217,62	14,36	0,14	497
2	PH2	3.072	73,40	4,84	0,05	149
3	PH3	1.971	118,32	7,81	0,08	154
4	PH4	1.540	146,59	9,67	0,10	149
5	PH5	1.158	92,38	6,09	0,06	71
6	PH6	2.482	179,90	11,87	0,12	295
7	PH7	3.063	118,90	7,84	0,08	240
8	PH8	3.353	96,75	6,38	0,06	214
9	PH9	2.853	111,81	7,38	0,07	210
10	PH10	3.969	74,30	4,90	0,05	195
11	PH11	1.856	137,04	9,04	0,09	168
12	PH12	1.537	113,80	7,51	0,08	115
13	PH13	3.596	34,98	2,31	0,02	83
Total		31.626	33.911	100	1	2.539

Catatan:

<sup>1</sup> [(2)/(Total Luas Poligon)]\*100 ; <sup>2</sup> (3)/100 ; <sup>3</sup> (1)\*(4)

hujan yang sama pada suatu daerah. Peta ini merupakan hasil interpolasi spasial dari data curah hujan (Setiawan dan Rohmat 2011). Metode interpolasi spasial yang digunakan adalah IDW (*Inverse Distance Weight*). Pada Gambar 6 akan ditampilkan peta isohyet DAS Cisadane.



Gambar 6 Peta isohyet DAS Cisadane

Persebaran daerah hujan dengan kontur hujan tertinggi berada hampir diseluruh wilayah hulu DAS Cisadane dengan kisaran 3.301 sampai 3.900. Sedangkan kontur hujan terendah

didominasi oleh sebagian hilir DAS Cisadane dengan kisaran kontur 1.300 sampai 1.700. Luasan daerah antara kontur yang dihasilkan dari peta isohyet digunakan untuk menghitung curah hujan kawasan. Besarnya curah hujan DAS Cisadane dengan menggunakan perhitungan isohyet adalah 2.594 mm (Tabel 6).

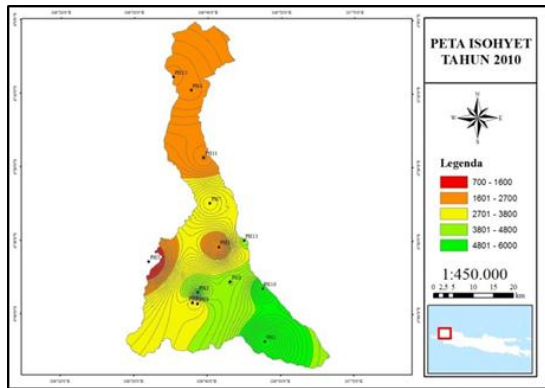
Selain untuk menghitung curah hujan wilayah, peta isohyet juga dapat digunakan untuk melihat pola curah hujan tahunan yang terjadi. Arham *et al.* (2009) dalam penelitiannya menggunakan isohyet dalam menentukan pola hujan.

Curah hujan yang terjadi di DAS Cisadane pada tahun 2010 merupakan kejadian hujan tertinggi selama 14 periode (Gambar 7). Daerah dengan curah hujan terbesar terdapat pada sebagian hulu DAS Cisadane dengan kisaran 4.801 sampai 6.000 mm.

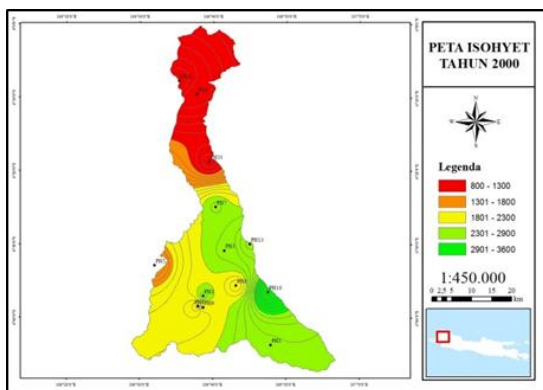
Kejadian hujan terendah terjadi selama 14 periode di DAS Cisadane terjadi pada tahun 2000 (Gambar 8). Daerah-daerah hujan dengan kejadian hujan tinggi

Tabel 6 Perhitungan dengan isohyet

No.	Contour	Luas Daerah antara Contur (km <sup>2</sup> )	CH Isohyet (mm)	No.	Contour	Luas Daerah antara Contur (km <sup>2</sup> )	CH Isohyet (mm)
1	1300	1,09	0,94	14	2600	133,44	228,89
2	1400	1,77	1,63	15	2700	123,88	220,67
3	1500	3,32	3,29	16	2800	115,23	212,85
4	1600	137,37	145,00	17	3000	151,14	299,14
5	1700	76,17	85,42	18	3100	38,20	78,13
6	1800	58,89	69,93	19	3200	12,44	26,26
7	1900	70,26	88,07	20	3300	98,46	214,36
8	2000	49,53	65,35	21	3400	149,92	336,28
9	2100	35,79	49,59	22	3500	31,12	71,85
10	2200	27,92	40,53	23	3600	13,49	32,05
11	2300	32,88	49,89	24	3700	9,67	23,60
12	2400	47,57	75,32	25	3800	7,43	18,62
13	2500	77,80	128,32	26	3900	10,99	28,28
Total						1515,77	2.594



Gambar 7 Peta isohyet tahun 2010



Gambar 8 Peta isohyet tahun 2000

umumnya sama dengan daerah hujan tertinggi yaitu terdapat disebagian hulu DAS Cisdane, tetapi jumlah curah hujan yang terjadi berbeda. Tahun 2000 curah hujan tertinggi berkisar 2.901 sampai 3.600 mm.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa ANN (*Artificial Neural Network*) dapat digunakan untuk mengestimasi data curah hujan tahunan yang tidak lengkap dan mampu mempelajari hubungan antara koordinat dan elevasi pos hujan dengan curah hujan yang terjadi pada DAS Cisdane yang ditandai dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,97. Besarnya curah hujan DAS Cisdane dengan menggunakan rata-rata aritmatik adalah 2.609 mm, dengan

Poligon Thiessen sebesar 2.539 mm, dan dengan Isohyet sebesar 2.594 mm.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arham Z, Putra SJ, Muna EN. 2009. Analisis Iklim dengan Pendekatan Isohyet Normal pada Curah Hujan (Studi Kasus: Kabupaten Bandung). Prosiding Seminar Nasional Himpunan Teknik Informatika Pertanian Indonesia, Bogor, 6-7 Agustus 2009.
- Asdak C. 2007. *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): UGM Press.
- [BBWS Ciliwung Cisdane] Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisdane. 2012. *Laporan Akhir Review Studi Water Balance Sungai Cisdane Tahun Anggaran 2012*. Jakarta (ID): Kementrian PU Dirjen SDA.
- Bustami R, Bessaih N, Bong C, Suhaili S. 2007. Artificial Neural Network for Precipitation and Water Level Predictions of Bedup River. *International Journal of Computer Science (IJCS)* 34(2): 1-6.
- Galván L, Olías M, Izquierdo T, Cerón JC, Villarán RFD. 2014. Rainfall Estimation in SWAT: An Alternative Method to Simulate Orographic Precipitation. *J of Hydrology* 509: 257-265.
- Hung NQ, Babel MS, Weesakul S, Tripathi NK. 2009. An Artificial Neural Network Model for Rainfall Forecasting in Bangkok, Thailand. *Hydrology and Earth System Science* 13: 1413-1425.
- Indrabayu, Harun N, Pallu MS, Achmad A. 2011. Prediksi Curah Hujan Wilayah Makassar Menggunakan Metode Wavelet-Neural Network. *J Ilmiah Elektikal Enjiniring UNHAS* 9(2): 50-59.



- Indrabayu, Harun N, Pallu MS, Achmad A, Fikha CL. 2012. Prediksi Curah Hujan dengan Jaringan Saraf Tiruan. Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik Grup Teknik Elektro Indonesia, Desember 2012.
- Ma X, He Y, Xu J, Noordwijk MV, Lu X. 2014. Spatial and Temporal Variation in Rainfall Erosivity in a Himalayan Watershed. *Catena*. 121: 248-259.
- Ningsih DHU. 2012. Metode Thiessen Poligon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *J Teknologi Informasi Dinamik*. 17(2): 154-156.
- Pasaribu JM, Haryani NS .2012. Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode *Inverse Distance Weighted (IDW)*, *Natural Neighbor*, dan *Spline*. *J Penginderaan Jauh*. 9(2): 126-139.
- Rejo A. 2007. Aplikasi Artificial Neural Network untuk Menduga Produksi Tebu (*Saccharum officinarum L*) di PTPN VII PG. Cinta Manis. *J Keteknikan Pertanian* 21(4):413-418.
- Setiawan I, Rohmat D. 2011. Zonasi Fisiomorfohidro di Jawa Barat dengan Menggunakan Aplikasi SIG. *J GEA*. 11(1): 36-48.
- Somvanshi VK, Pandey OP, Agrawal PK, Kalanker NV, Prakash MR, Chand R. 2006. Modelling and Prediction of Rainfall Using Artificial Neural Network and ARIMA Techniques. *J Indian Geophysical Union* 10(2): 141-151
- Tikno S. 2000. Kajian Peluang Curah Hujan Bulanan dan Perkiraan Hasil Tambahan Air Sebagai Bahan Pertimbangan Penentuan Waktu Pelaksanaan Modifikasi Cuaca (Hujan Buatan) Kasus: DAS Riam Kanan-Kalimantang Selatan. *J Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca* 1(2):143-152.
- Triatmojo B. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta (ID): Beta Offset.
- Wu CL dan Chau KW. 2011. Rainfall-Runoff Modeling Using Artificial Neural Network Coupled with Singular Spectrum Analysis. *J of Hydrology* 399(3-4):394-409.