JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil
Vol. 7, No. 2, Mei 2024: hlm 671- 682

EISSN 2622-545X

STUDI RASIONALISASI POS CURAH HUJAN SISTEM SUNGAI SEMARANG BARAT

Theresia Puji Setyaningsih[1], Slamet Imam Wahyudi[2], dan Soedarsono[3]

[1]Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Jl. Kaligawe Raya Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang
peace.unk@gmail.com

[2]Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Jl. Kaligawe Raya Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang
wahyudi@unissula.ac.id,

[3]Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Jl. Kaligawe Raya Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang
Soedarsono@unissula.ac.id

Masuk: 27-11-2023, revisi: 19-03-2024, diterima untuk diterbitkan: 25-03-2024

ABSTRACT

Hydrological data is basic data for planning of water structures. Hydrological data was taken from rainfalll stations in the study area. Catchment area with a small number of stations, will have greater error rate. Meanwhile, a large number of stations will incur large operational and maintenance costs. Therefore, rationalization studies are needed to obtain an effective and efficient network. This research was conducted on West Semarang river system. Rainfall stations and discharge or gauged stations data, and topographic data is required. The methods used are WMO, isohyet, stepwise and kagan. From the results it's known that on WMO method, existing rainfall station network meets the criteria issued. Stepwise method analysis produces five rainfall stations that are effective on Kalipancur watershed. An effective rainfall station network based on the Kagan method requires 18 stations with a distance between stations of 5.13 km. In isohyet analysys, IDW method is closer to field conditions. From multi-criteria analysis, it can be seen that the recommendation for the rainfall station network in West Semarang River System is to maintain 7 rainfall stations, recommending 7 rainfall stations for closed or relocated, and adding 12 new rainfall stations at points kagan still empty.

Keywords: Rainfall Station, Rationalization, Kagan, Isohyet, WMO, Stepwise

ABSTRAK

Data hidrologi merupakan data dasar dalam desain atau perencanaan bangunan air. Data hidrologi diambil dari pos hujan yang ada pada wilayah studi. Pada DAS dengan jumlah pos sedikit, akan menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih besar. Sedangkan jumlah pos yang besar, akan menimbulkan biaya operasional dan pemeliharaan yang besar pula. Oleh karena itu diperlukan studi rasionalisasi untuk memperoleh jaringan pos yang efektif dan efisien. Penelitian dilakukan pada Sistem Sungai Semarang Barat. Penelitian ini memerlukan data pos hujan dan pos debit, dan data topografi. Penelitian memakai metode WMO, isohyet, stepwise dan kagan. Dari hasil analisis berdasarkan metode WMO, jaringan pos hujan existing memenuhi kriteria yang dikeluarkan. Analisis metode stepwise menghasilkan lima pos hujan yang efektif dan berpengaruh terhadap DAS Pos Duga Air Kalipancur. Jaringan pos hujan yang efektif berdasarkan metode Kagan diperlukan sebanyak 18 stasiun dengan jarak antar stasiun 5,13 km. Pada metode isohyet dapat dilihat bahwa isohyet dengan metode IDW lebih mendekati kondisi lapangan. Dari hasil analisis multi kriteria dapat diketahui bahwa rekomendasi jaringan pos hujan di Sistem Sungai Semarang Barat adalah tetap mempertahankan 7 pos hujan, merekomendasikan 7 pos hujan untuk ditutup atau dipindah serta menambah 12 pos hujan baru pada titik simpul kagan yang masih kosong.

Kata Kunci: Pos Hujan, Rasionalisasi, Kagan, Isohyet, WMO, Stepwise

1. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan bangunan air, analisis awal yang dilakukan adalah analisis hidrologi. Pada analisis hidrologi, dilakukan perhitungan meliputi curah hujan rencana yang kemudian diubah menjadi aliran/debit banjir. Hasil dari

analisis hidrologi ini selanjutnya digunakan untuk perencanaan bangunan air (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi PUPR, 2017).

Data curah hujan merupakan salah satu data dasar dalam analisis hidrologi. Data ini diperoleh dari pos hujan yang berada pada wilayah studi. Untuk memperoleh hasil analisis yang akurat, diperlukan data hujan yang memadai. Kesalahan akan data dasar hidrologi tentunya akan berpengaruh terhadap hasil perencanaan.

Ketersediaan data hujan yang akurat untuk analisis dipengaruhi oleh faktor jumlah pos dan sebaran lokasinya. Sedikitnya jumlah pos hujan tentunya dapat menghasilkan tingkat kesalahan yang tinggi. Sebaliknya, jumlah pos yang besar menyebabkan besarnya biaya untuk operasional dan pemeliharaan (Prawati, 2016). Oleh karena itu diperlukan studi untuk menentukan jumlah dan sebaran pos yang efektif. Dengan jaringan yang lebih efektif dapat mengurangi tingkat kesalahn dan juga lebih efisien dari sisi pembiayaan.

Untuk menghasilkan jaringan pos hujan yang efektif, bisa dilakukan rasionalisasi pos hujan. Rasionalisasi adalah analisis yang bertujuan untuk memperoleh jaringan hidrologi yang optimal serta efisien sehingga jaringan tersebut dapat mewakili kondisi hidrologis wilayahnya (Ayu et al., 2019). Dengan rasionalisasi dapat diketahui apakah jumlah pos-pos yang tersedia yang ada saat ini dalam suatu daerah aliran sungai sudah memadai sehingga dapat menggambarkan karakteristik hidrologi daerah tersebut. Selain itu juga dapat menentukan jumlah serta sistem jaringan pos hujan yang efektif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini meliputi beberapa kegiatan atau tahapan antara lain:

1. Inventarisasi Data
   Tahapan awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data. Rincian data dan sumber data telah disampaikan pada sub bab sebelumnya. Setelah data diperoleh, dilakukan inventarisir dan penyiapan data. Proses penyiapan meliputi pengkonversian data yang semula berupa data cetak menjadi data elektronik seperti data pencatatan curah hujan atau debit. Selain itu juga data lokasi pos hujan dan pos debit yang biasanya hanya berupa data koordinat diubah menjadi data spasial.
2. Analisis metode WMO
   Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah sebaran pos hujan pada daerah aliran sungai telah sesuai dengan persyaratan WMO atau tidak. Metode ini mengacu pada persyaratan sebaran pos hujan yang dikeluarkan oleh WMO (2008).
3. Analisis metode Kagan-Rodda
   Analisis metode Kagan-Rodda menghasilkan rekomendasi pola penempatan atau jaringan pos hujan yang optimal pada sebuah daerah aliran sungai. Metode ini telah banyak dilakukan dalam penelitian terdahulu antara lain oleh Alfirman et al., (2019) di DAS Lesti, dan Renaldy et al., (2021) di Wilayah Sumbawa. Hubungan antar jumlah pos hujan, jarak antar stasiun dalam jaringan dan besar kesalahan dalam analisis metode Kagan-Rodda dinyatakan dalam empat persamaan berikut ini:

$$r(d) = r_{(o)} + e^{\left[\frac{d}{d(o)}\right]}$$

$$Z_1 = C_v\sqrt{\frac{\left[1 - r_{(O)} + \left(0.23\frac{\sqrt{A}}{d_{(o)}\sqrt{n}}\right)\right]}{n}}$$

$$Z_3 = C_v\sqrt{\frac{1}{3}\left[1 - r_{(o)}\right]} + 0{,}52\frac{r_{(o)}}{d_{(o)}}\sqrt{\frac{A}{n}}$$

$$I = 1{,}07\sqrt{\frac{A}{n}}$$

Dengan:

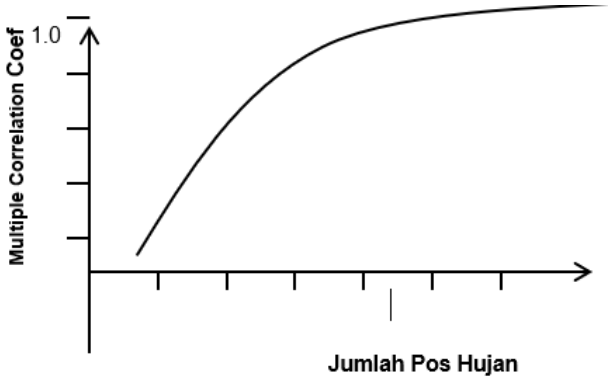
$r_{(d)}$: koefisien korelasi hujan antar pos hujan dengan jarak d,
$r_{(o)}$: koefisien korelasi hujan antar pos hujan diekstrapolasi,
d : jarak antar pos hujan (km),
Z_1 : kesalahan perataan (%),
Z_3 : kesalahan interpolasi (%),
Cv : koefisien variasi curah hujan bulanan,
A : luas daerah aliran sungai, dalam km^2,
n : jumlah pos hujan yang tersedia,

EISSN 2622-545X

l : jarak antar stasiun (km)

4. Analisis metode *Isohyet*
   Dalam analisis metode *isohyet*, dihasilkan skoring/bobot pos hujan yang berpengaruh terhadap peta *isohyet* pada wilayah studi.

5. Analisis metode *Stepwise*
   Analisis s*tepwise* dilakukan untuk mengetahui nilai korelasi masing-masing pos hujan terhadap pos debit/tma yang ada di wilayah studi. Metode ini digunakan oleh Hermawan et al.,(2020) dalam analisis rasionalisasi di DAS Serang dan Astuti et al., (2022) di DAS Opak. Kelebihan metode s*tepwise* adalah dapat memilih pos pencatatan hujan yang paling dominan dengan korelasi terbesar terhadap pos debit. Sebagai contoh pos B dengan koefisien ganda adalah X1. Selanjutnya dianalisis lagi alternatif berikutnya dengan menggunakan 2 pos hujan, misalkan pos B dan D, dengan hasil keofisien ganda adalah X2 dimana (X2 > X1), dan demikian selanjutnya sehingga diperoleh nilai (X5 > X4 > X3 > X2 > X1). Dalam mengevaluasi berapa pos hujan yang dibutuhkan, biasanya dilihat peningkatan dari nilai korelasi koefisien ganda. Jumlah pos yang diperlukan dapat diambil dari jika kenaikan nilainya tidak lagi signifikan. Hubungan antara korelasi dan jumlah pos hujan digambarkan dalam grafik seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Korelasi Sta Pos Duga Air dan Pos hujan (KemenPUPR, 2019)

6. Analisis multi kriteria
   Analisis multi kriteria dilakukan dengan menggabungkan skoring terhadap 3 metode analisis. Hal ini bertujuan untuk memisahkan pos hujan dengan skoring tinggi dan rendah. Dari hasil skoring ini digunakan untuk menentukan arahan rekomendasi untuk masing-masing pos hujan. Analisis ini direkomendasikan oleh Ditjen SDA Kementerian PUPR (2019).
7. Rekomendasi jaringan pos hujan
   Pada tahapan ini, diberikan rekomendasi jaringan pos hujan yang efektif dan efisien untuk wilayah studi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

DATA

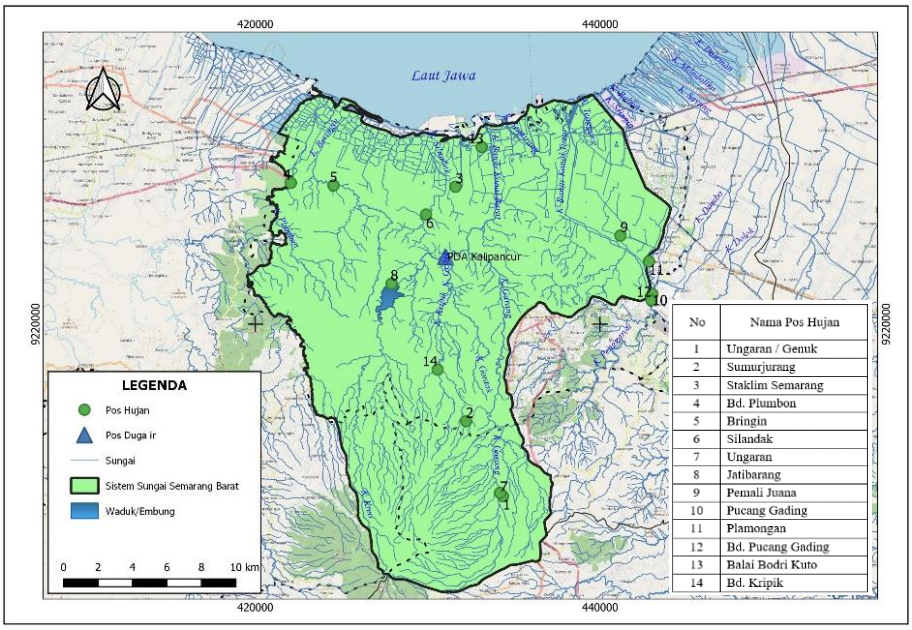
1. Data topografi digunakan untuk melakukan analisis delineasi daerah aliran sungai guna menentukan daerah tangkapan pada pos-pos debit. Data ini bisa diperoleh dari Badan Informasi Geospasial yang diperoleh melalui portal: https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web.
2. Data pos curah hujan pada wilayah studi diperoleh dari Besar Wilayah Sungai Pemali Juana dan PUSDATARU Prop. Jateng. Data yang diperoleh berupa koordinat lokasi pos hujan beserta data pencatatan curah hujan harian yang telah direkap dan ditampilkan pada Tabel 1. Data koordinat digunakan untuk mengetahui sebaran pos hujan secara spasial dalam wilayah Sistem Sungai Semarang Barat. Data koordinat kemudian diolah menjadi data spasial sehingga bisa digunakan untuk analisis selanjutnya.

Tabel 1. Rekap Data Curah Hujan Harian

Tahun	Plumbon	Bringin	Silandak	Ungaran	Jatibarang	Pemali Juana	Bendung Pucang	Balai Bodri	(Bd Kripik	Plamongan	Bd. PC Gading	Ungaran / Genuk	Sumurjurang	Staklim Semarang
2010	-	-	-	-	-	-	-	V	V		V			
2011								V	V		V	V	V	V
2012	-	-	-	-	-	-	-	V	V		V	V	V	V
2013								V	V	V	V	V	V	V
2014	-	-	-	-	-	-	-	V	V	V	V	V	V	V
2015	-	-	-	-	-	-	V	V		V	V	V	V	V
2016							V	V	V	V	V	V	V	V
2017	-	-	-	-	-	-	V	V	V	V	V	V	V	V
2018	-	-	-	V	-	-	V	V	V	V	V	V	V	V
2019	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
2020	V	V	V	V	V	V	V	-	-	-	V	V	V	V
2021	V	V	V	V	V	V	V	-	-	-	-	V	V	V

Keterangan : V = ada data, - = tidak ada data

3. Data debit digunakan dalam analisis metode *stepwise*. Dalam analisis *stepwise* diperlukan data lokasi pos debit. Dari data lokasi ini ditentukan batasan daerah tangkapan pos tersebut sehingga bisa menentukan pos-pos hujan yang berpengaruh terhadap pos debit tersebut. Kemudian data pencatatan debit harian digunakan untuk mencari korelasi antara hujan dan debit pada metode *stepwise*. Pada studi ini, analisis dilakukan pada Pos Duga Air Kalipancur yang terdapat pada Sungai Garang. Analisis hanya terbatas pada pos tersebut dikarenakan pada Sistem Sungai Semarang Barat, pos duga air masih terbatas. Belum semua sungai memiliki pos duga air. Sebaran pos hujan dan pos duga air hasil pengumpulan data ditampilkan pada Gambar 2.

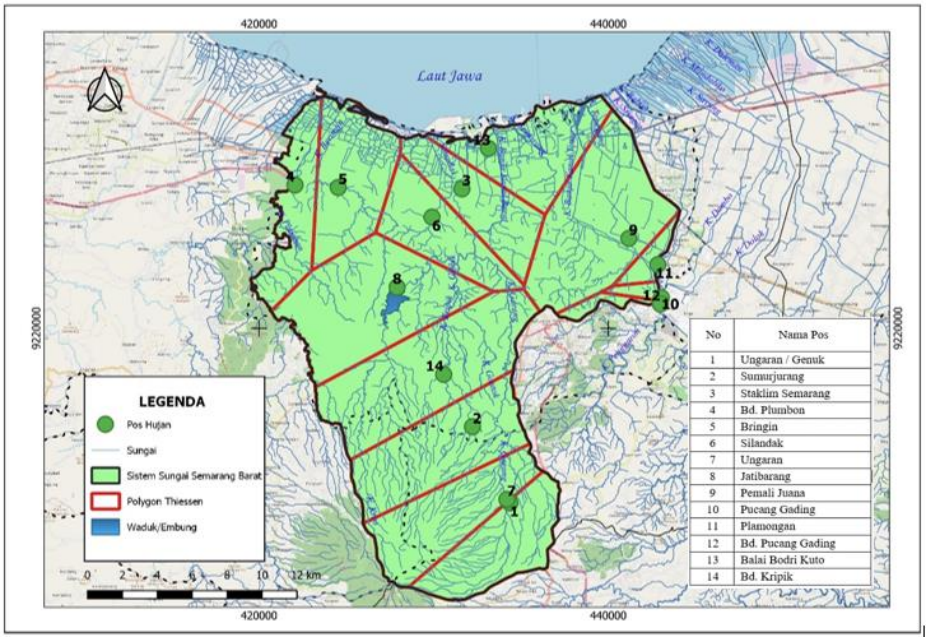


Gambar 2. Pos Hujan dan Pos Duga Air di Sistem Sungai Semarang Barat (BBWS Pemali Juana dan PUSDATARU Prop. Jateng)

METODE WMO

Sistem Sungai Semarang Barat mempunyai luas total 414,21 km2. Dari peta lokasi dapat dilihat bahwa wilayah hilir dari Sistem Sungai Semarang Barat merupakan kategori *coastal* atau pesisir, sedangkan daerah hulu masuk dalam kategori perbukitan. Untuk mengetahui kerapatan existing jaringan pos hujan di Sistem Sungai Semarang Barat, dibuat *polygon thiessen* dari total pos curah hujan existing dapat dilihat pada Gambar 1Gambar 3.

EISSN 2622-545X



Gambar 3. *Polygon Thiessen* Jaringan Pos Hujan Existing

Pada Sistem Sungai Semarang Barat, pos curah hujan yang berada di wilayah perbukitan adalah pos Bd. Kripik, Wd. Jatibarang, Ungaran, Ungaran/Genuk dan pos Sumurjurang. Dari hasil analisis diketahui bahwa luas pengaruh maksimum terdapat pada pos Bd.Kripik yaitu 56,36 km2. Kriteria WMO menyebutkan bahwa untuk perbukitan, satu pos hujan mempunyai pengaruh maksimum pengaruh sebesar 900 km^2 (WMO, 2008). Dari nilai pengaruh maksimal pada pos Bd. Kripik yang lebih kecil dari kriteria WMO, dapat disimpulkan bahwa jaringan pos hujan Sistem Sungai Semarang Barat wilayah hulu masih memenuhi kriteria/persyaratan yang dikeluarkan oleh WMO.

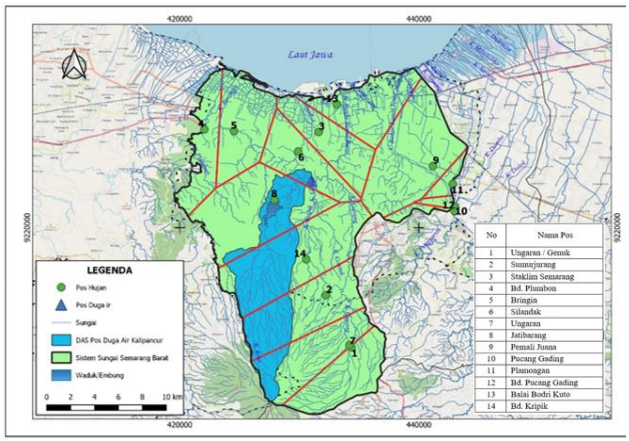
Pada Sistem Sungai Semarang Barat, pos curah hujan yang berada di wilayah pesisir adalah pos Pucang Gading, Pemali Juana, Bringin, Silandak, Staklim Semarang, Bd. Plumbon, Balai Bodri Kuto dan Plamongan. Luas pengaruh maksimal terdapat pada pos Pemali Juana yaitu 53,02 km2. Kriteria WMO menyebutkan bahwa untuk daerah pesisir, satu pos hujan mempunyai pengaruh maksimum pengaruh sebesar 575 km^2. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa jaringan pos hujan Sistem Sungai Semarang Barat wilayah hilir yang merupakan daerah pesisir masih memenuhi kriteria/persyaratan yang dikeluarkan oleh WMO.

METODE *STEPWISE*

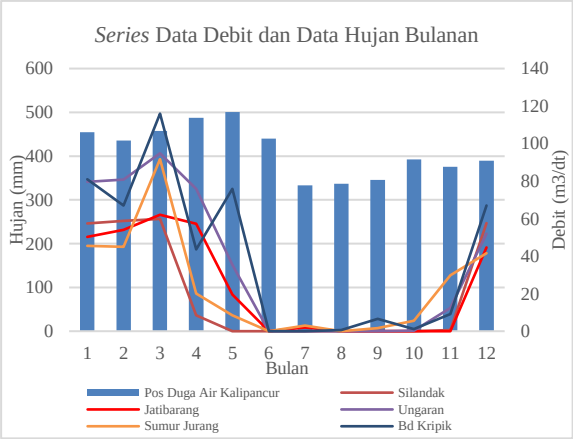
Konsep dasar dari metode s*tepwise* ini adalah *multiple correlation*. Metode ini mengkorelasikan suatu *dependent variable* (variabel tidak bebas) dan beberapa *independent variable* (variabel bebas). Dalam studi ini, metode *stepwise* digunakan terhadap data hujan bulanan sebagai variabel bebas dan data debit bulanan sebagai variabel tidak bebas.
Adapun urutan dalam analisis s*tepwise* adalah:

1. Deliniasi peta daerah aliran sungai Pos Duga Air dengan menggunakan data kontur dari peta rupa bumi. Peta daerah aliran sungai diperlukan guna mengetahui pos hujan yang berpengaruh terhadap debit yang terjadi pada Pos Duga Air. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Kodoatie & Roestam, 2005).
2. Plotting peta pos hujan yang ada di sekitar wilayah daerah aliran sungai Pos Duga Air.
3. Gambar *polygon thiessen* untuk pos hujan tersebut sehinga dapat dilihat pos hujan yang berpengaruh pada masing-masing Pos Duga Air (Soemarto, 1995).
4. Analisis *multiple correlation coefficient* antara pos hujan dengan pos duga air.

Pada studi ini analisis metode *stepwise* dilakukan pada pos duga air Kalipancur. Berdasarkan hasil *plotting* stasiun hujan pada DAS Pos Duga Air Kalipancur pada Gambar 4 diketahui bahwa pos ini dipengaruhi oleh 5 (lima) pos hujan antara lain Silandak (No. 6), Wd. Jatibarang (No. 8), Bd. Kripik (No. 14), Sumur Jurang (No. 2) dan Ungaran (No. 7). Dari data yang diperoleh, dilakukan analisis dengan menggunakan data bulanan yang dilakukan untuk tahun pencatatan 2019. Adapun data yang digunakan dalam analisis ditampilkan pada Gambar 5.

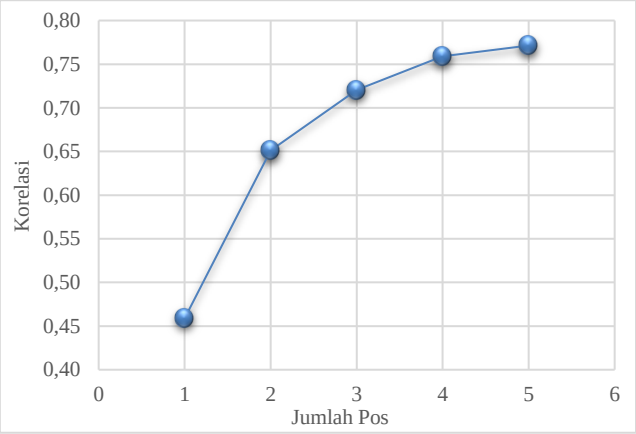


Gambar 4. Peta *Polygon Thiessen* DAS Pos Duga Air Kalipancur



Gambar 5. *Series* Data Debit dan Data Hujan Bulanan (Besar Wilayah Sungai Pemali Juana dan PUSDATARU Prop. Jateng)

Hasil analisis pada model dengan 5 kombinasi pos hujan menghasilkan nilai korelasi 0,771. Pada tiap penambahan kombinasi pos hujan menghasilkan penambahan nilai korelasi yang signifikan seperti ditampilkan pada Gambar 6. Maka, dapat disimpulkan bahwa semua pos hujan yang digunakan pada analisis berpengaruh pada Pos Duga Air Kalipancur. Metode *stepwise* mengevaluasi pos-pos mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap data debit pada sebuah daerah aliran sungai. Dalam analisis rasionalisasi, pos yang berpengaruh tersebut akan diberikan nilai bobot yang lebih tinggi dibandingkan dengan pos yang tidak berpengaruh.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Jumlah Stasiun dan Nilai Korelasi pada Pos Duga Air Kalipancur

METODE KAGAN

Metode Kagan dikembangkan oleh Kagan Rodda (1967) dan digunakan untuk menentukan jumlah pos hujan rata-rata berdasarkan tingkat kesalahan (akurasi) yang diinginkan. Makin kecil tingkat kesalahan yang diinginkan makin rapat (makin banyak) Pos hujan yang diperlukan. Secara garis besar langkah-langkah yang ditempuh dalam analisis dengan metode Kagan sebagai berikut ini:

1. Pengolahan data hujan. Data hujan yang digunakan adalah data hujan bulanan. Data ini dibuat dari komulatif dari data pencatatan harian.
2. Menghitung korelasi antar pos hujan. Dalam analisis ini, dihitung nilai korelasi untuk data berupa data hujan bulanan seperti ditampilkan pada Tabel 2.
3. Menghitung jarak antar pos hujan.
   Jarak antar pos hujan dihitung berdasarkan koordinat masing-masing pos. Hasilnya ditampilkan pada Tabel 3. Hasil perhitungan korelasi dan jarak antar pos hujan kemudian dibuat dalam bentuk grafik seperti ditampilkan pada Gambar 6. Dari grafik diketahui bahwa hubungan antara korelasi dan jarak pos hujan menghasilkan nilai R yang kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi existing, korelasi data kurang bagus. Terdapat pos hujan yang datanya kurang/tidak akurat sehingga perlu dilakukan rasionalisasi.

EISSN 2622-545X

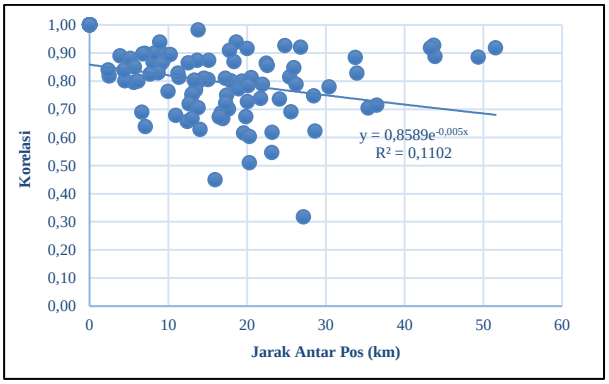
4. Menghitung regresi eksponensial.
   Dari jaringan pos hujan yang telah tersedia, dapat dihitung nilai koefisien variasi (Cv). Hubungan yang diperoleh di atas digambarkan dalam sebuah grafik lengkung eksponensial seperti pada Gambar 7. Dari grafik ini dapat diperoleh besaran d (o) dan r (o).
5. Dari nilai parameter yang telah diperoleh, dapat dihitung hubungan antara jumlah pos hujan dengan ketelitian yang diperoleh.
6. Setelah jumlah stasiun ditetapkan untuk wilayah sungai tersebut maka penetapan pos hujan dapat dilakukan dan menggambarkan jaring-jaring segitiga sama sisi dengan panjang sisi sama dengan nilai L yang diperoleh dari hasil analisis. Dari panjang nilai L tersebut dibentuk jaringan segitiga sama sisi yang titik-titik simpulnya adalah letak ideal teoritis penempatan pos hujan (*Prosedur Pelaksanaan Studi Rasionalisasi Jaringan Pos Hidrologi*, 2019).
7. Penggambaran simpul-simpul Kagan.

Tabel 2. Perhitungan Koefisien Korelasi Antar Pos Hujan

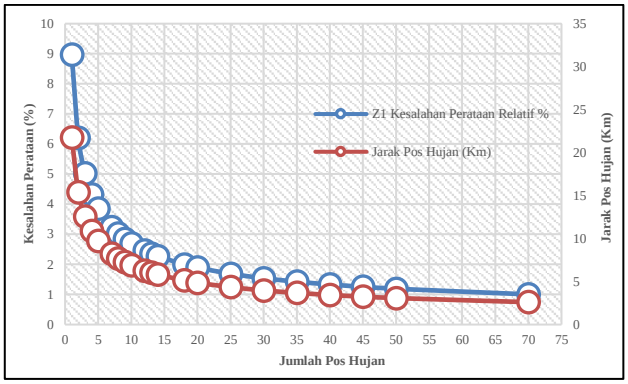
Nama Pos Hujan	Plumbon	Bringin	Silandak	Ungaran	Jatibarang	Pemali Juana	Bendung Pucang Gading	Ktr Balai	Gunungpati (Bd Kripik)	Plamongan	Bd. PC Gading	Sumurjurang	Staklim Semarang
Plumbon	1												
Bringin	0,82	1											
Silandak	0,87	0,80	1										
Ungaran	0,74	0,51	0,69	1									
Jatibarang	0,90	0,69	0,80	0,87	1								
Pemali Juana	0,80	0,67	0,81	0,67	0,79	1							
Bendung Pucang Gading	0,79	0,62	0,80	0,81	0,87	0,89	1						
Ktr Balai	0,92	0,88	0,89	0,88	0,93	0,83	0,78	1,00					
Gunungpati (Bd Kripik)	0,86	0,92	0,81	0,86	0,87	0,80	0,83	0,70	1,00				
Plamongan	0,92	0,93	0,67	0,94	0,94	0,98	0,89	0,69	0,77	1,00			
Bd. PC Gading	0,82	0,55	0,70	0,87	0,91	0,86	0,88	0,79	0,77	0,85	1,00		
Sumurjurang	0,75	0,45	0,66	0,84	0,87	0,63	0,67	0,72	0,78	0,68	0,72	1,00	
Staklim Semarang	0,89	0,64	0,84	0,80	0,90	0,76	0,75	0,92	0,75	0,73	0,81	0,71	1,00

Tabel 3. Perhitungan Jarak Antar Pos Hujan (km)

Nama Pos Hujan	Plumbon	Bringin	Silandak	Ungaran	Jatibarang	Pemali Juana	Bendung Pucang Gading	Ktr Balai	Gunungpati (Bd Kripik)	Plamongan	Bd. PC Gading	Sumurjurang	Staklim Semarang
Plumbon	0,0												
Bringin	2,5	0,0											
Silandak	8,1	5,6	0,0										
Ungaran	21,7	20,3	16,7	0,0									
Jatibarang	8,3	6,6	4,5	13,7	0,0								
Pemali Juana	19,4	16,9	11,3	16,5	13,6	0,0							
Bendung Pucang Gading	21,9	19,5	13,9	14,5	15,1	3,9	0,0						
Ktr Balai	51,6	49,3	43,9	33,8	43,7	34,0	30,4	0,0					
Gunungpati (Bd Kripik)	22,5	20,0	15,0	22,6	18,3	6,1	8,7	35,4	0,0				
Plamongan	26,8	24,8	19,8	8,9	18,6	13,8	10,3	25,6	18,9	0,0			
Bd. PC Gading	25,4	23,1	17,7	12,5	17,8	9,0	5,2	26,2	13,5	5,7	0,0		
Sumurjurang	17,4	16,0	12,4	4,4	9,3	14,0	13,0	36,5	20,1	10,9	12,7	0,0	
Staklim Semarang	9,6	7,1	2,4	18,0	6,7	10,0	13,0	43,3	13,0	20,0	17,2	13,8	0,0

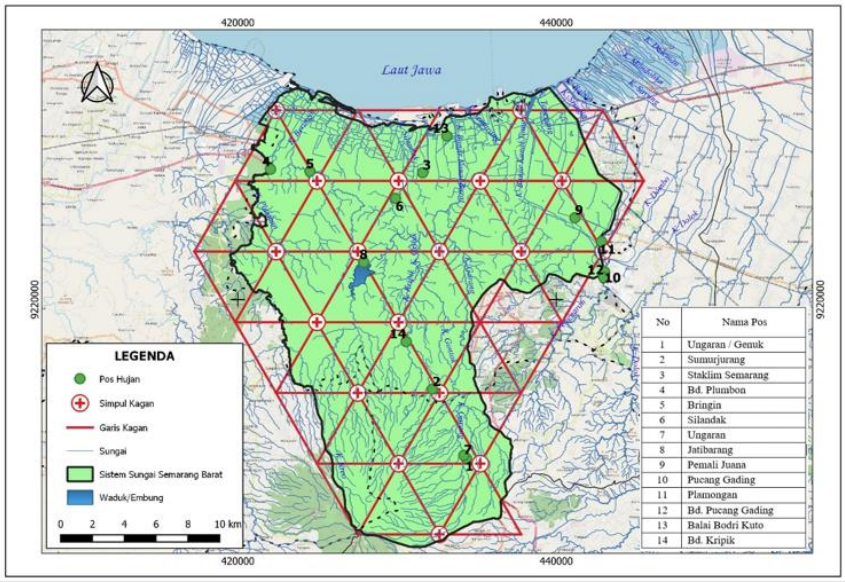


Gambar 7. Grafik Hubungan antara Koefisien Korelasi dan Jarak Antar Pos Hujan



Gambar 8. Jumlah, Tingkat Kesalahan dan Jarak Antar Pos hujan

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui jumlah pos hujan, tingkat kesalahan, dan jarak antar pos hujan. Untuk tingkat kesalahan 3% diperlukan jumlah pos hujan sebanyak 8 pos dengan jarak rata-rata antar stasiun 7,7 km; nilai kesalahan sebesar 2%, diperlukan pos hujan sebanyak 18 stasiun dengan jarak antar stasiun 5,13 km. Dalam analisis selanjutnya digunakan skematis pos hujan dengan kesalahan perataan 2%. Dasar pengambilan nilai ini adalah dilihat dari Gambar 7 terlihat bahwa pada kesalahan perataan 2% grafik mulai terlihat datar yang artinya dengan penambahan jumlah pos tidak lagi menghasilkan perubahan nilai kesalahan perataan yang signifikan. Peta skematis distribusi pemasangan pos hujan hasil analisis Metode Kagan ditempatkan pada titik simpul segitiga sama sisi atau berada di sekitarnya yang dianggap mewakili, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 9.

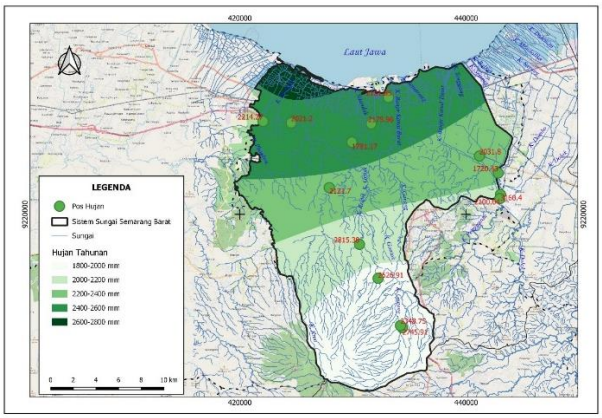


Gambar 9. Distribusi Pos Hujan Berdasarkan Kagan dengan Kesalahan Perataan Relatif 2%

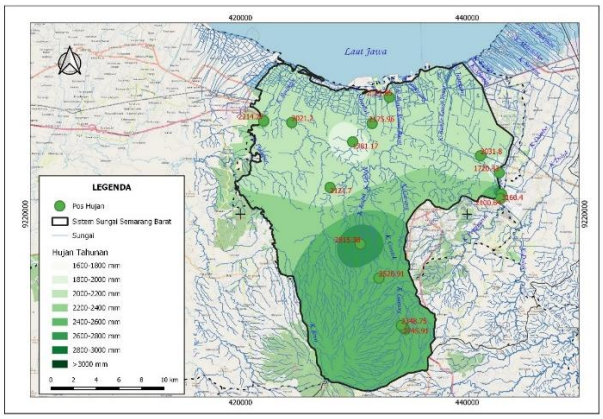
METODE ISOHYET

Metode isohyet digunakan untuk menentukan pos mana yang berpengaruh terhadap kontur hujan/isohyet pada suatu wilayah. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan metode penggambaran kontur hujan yang akan dipakai. Analisis *Isohyet* dilakukan dengan 2 (dua) metode antara lain *Kriging* dan IDW. Data yang digunakan pada masing-masing pos adalah data curah hujan tahunan yang diperoleh dari hasil rekap data curah hujan harian. Kemudian analisis isohyet dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Quantum* GIS. *Kriging* dan IDW memberikan metode yang berbeda dalam penggambaran kontur hujan. Dari kedua metode ini dipilih yang menghasilkan kontur hujan terbaik dilihat dari kesesuaian input data hujan dengan kontur hujan yang dihasilkan. Hasil analisis *isohyet* dengan metode *Kriging* dan IDW ditampilkan pada Gambar 10 dan 11. Berdasarkan hasil analisis dipilih metode IDW karena kontur hujan yang dihasilkan lebih mewakili kondisi lapangan. Dapat dilihat bahwa *range* kontur hujan yang dihasilkan sesuai dengan nilai input hujan tahunan pada masing-masing pos hujan.

EISSN 2622-545X



Gambar 10. *Isohyet* Hujan Sistem Semarang Barat Metode *Kriging*



Gambar 11. *Isohyet* Hujan Sistem Semarang Barat Metode IDW

Pembobotan Pos Hujan

Pembobotan pos hujan dilakukan untuk mengetahui bobot atau skor masing-masing pos hujan untuk metode rasionalisasi yang dilakukan. Dalam studi ini range bobot atau skor yang diberikan adalah 1-3. Adapun kriteria bobot atau skor untuk masing-masing metode dijelaskan sebagai berikut:

1. Metode *Stepwise*
   Bobot metode *stepwise* ditentukan oleh korelasi yang dihasilkan oleh masing-masing pos hujan. Pada analisis *stepwise* yang dilakukan diketahui pos mana saja yang berpengaruh pada pos duga air. Pos ini diberi bobot atau skor tinggi dikarenakan pos tersebut mempunyai nilai korelasi yang baik. Sedangkan untuk pos yang tidak berpengaruh dan nilai korelasi rendah diberikan bobot atau skor rendah. Pada studi ini tidak semua pos hujan dapat dianalisis dengan metode *stepwise* dikarenakan keterbatasan data debit atau muka air. Untuk pos hujan yang tidak dianalisis diberikan bobot atau skor rendah yaitu 1.
2. Metode Kagan
   Dari hasil analisis dengan Metode Kagan, dihasilkan rekomendasi jaringan hujan berupa segitiga Kagan. Segitiga Kagan ini dijadikan dasar untuk melakukan pembobotan pada pos hujan existing. Skoring ditentukan berdasarkan jarak pos hujan dengan simpul kagan. Panjang sisi segitiga kagan dengan nilai nilai kesalahan sebesar 2% adalah 5,13km. Panjang ini dibagi menjadi 3 untuk menentukan *range* jarak pos. Adapun kriteria skoring yang dilakukan terhadap metode analisis Kagan adalah sebagai berikut :
   - dekat dengan simpul (jarak pos <1,71 km) = 3
   - agak dekat dengan simpul (1,71km < jarak pos< 3,42 km) = 2
   - jauh dengan simpul (> 3,42 km) = 1
3. Metode Isohyet
   Dalam metode isohyet, penentuan pos yang berpengaruh terhadap Sistem Sungai Semarang Barat dilakukan dengan metode analisis isohyet tanpa satu pos hujan tertentu. Jika isohyet atau kontur hujan yang dihasilkan berubah signifikan, bisa disimpulkan bahwa pos hujan tersebut berpengaruh. Pos ini akan diberi bobot atau skor tinggi. Kemudian pos hujan yang tidak memiliki pengaruh terhadap kontur hujan yang dihasilkan diberi nilai bobot terendah. Analisis ini dilakukan untuk semua pos hujan yang ada. Adapun pemberian bobot atau skor adalah sebagai berikut:
   - Pos berpengaruh kuat = 3
   - Pos berpengaruh sedang = 2
   - Pos tidak berpengaruh = 1

Penentuan Pos Hujan Prioritas

Setelah dilakukan analisis pembobotan dengan berbagai metode, langkah selanjutnya menentukan prioritas pos hujan dari hasil bobot atau skor masing-masing pos hujan. Gabungan dari berbagai metode ini dinyatakan sebagai hasil Multi Kriteria. Dari hasil gabungan skoring tiga metode dihasilkan skor dengan range antara 3 – 9. Adapun untuk penentuan pos prioritas adalah sebagai berikut:

Skor 3 - 6 = prioritas 2
Skor 7 - 9 = prioritas 1

Hasil perhitungan bobot dan skala prioritas ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pembobotan Pos Hujan dengan Berbagai Metode

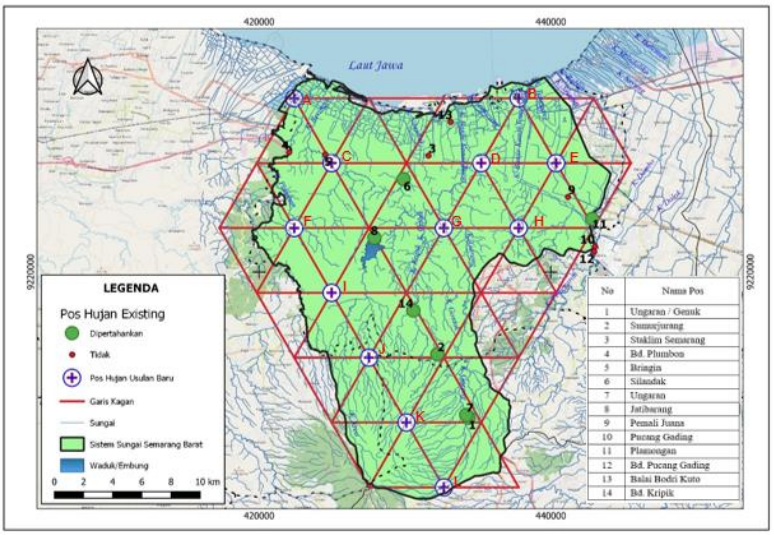
Pos Hujan	Bobot				Prioritas
	Stepwise	Kagan	Isohyet	Total	
Bd. Plumbon	1	1	3	5	2
Bringin	1	3	1	5	2
Silandak	3	3	3	9	1
Ungaran	3	3	2	8	1
Jatibarang	3	3	2	8	1
Pemali Juana	1	1	2	4	2
Pucang Gading	1	1	2	4	2
Balai Bodri Kuto	1	3	1	5	2
Bd. Kripik	3	3	3	9	1
Plamongan	1	3	3	7	1
Bd. Pucang Gading	1	1	3	5	2
Ungaran / Genuk	1	3	3	7	1
Sumurjurang	3	3	1	7	1
Staklim Semarang	1	2	2	5	2

Dari hasil analisis multi kriteria diketahui pos hujan prioritas 1 dan 2. Adapun dalam rekomendasi jaringan pos hujan, pos prioritas 1 diberi status dipertahankan. Hal ini dikarenakan bahwa pos tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap Sistem Sungai Semarang Barat. Sedangkan pos prioritas 2 tidak direkomendasikan karena dalam analisis pos tersebut tidak berpengaruh signifikan.

Dari hasil analisis Kagan, diperoleh jaringan pos hujan yang direkomendasikan untuk Sistem Sungai Semarang Barat. Jaringan ini dioverlay dengan pos prioritas 1 kemudian pada simpul kagan yang belum terdapat pos hujan diusulkan untuk penambahan pos hujan baru. Dari hasil analisis diketahui bahwa:

- Jumlah pos hujan yang diusulkan untuk dipertahankan : 7
- Jumlah pos hujan yang tidak direkomendasikan : 7
- Jumlah usulan pos hujan baru : 12

Rekomendasi jaringan pos hujan untuk Sistem Sungai Semarang Barat ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Rekomendasi Jaringan Pos Hujan di Sistem Sungai Semarang Barat

4. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dari hasil analisis tingkat keefektifan jaringan pos hujan existing di Sistem Sungai Semarang Barat dengan metode WMO, *Stepwise* dan Kagan diperoleh kesimpulan:
   a. Berdasarkan metode WMO, jaringan pos hujan existing di Sistem Sungai Semarang Barat memenuhi kriteria/persyaratan yang dikeluarkan.

b. Dari hasil analisis metode *stepwise* dapat disimpulkan bahwa pada Sistem Semarang Barat pos hujan yang efektif dan berpengaruh khususnya terhadap DAS Pos Duga Air Kalipancur adalah pos hujan Silandak, Wd. Jatibarang, Bd. Kripik, Sumur Jurang dan Ungaran.
c. Jaringan pos hujan yang efektif untuk Sistem Sungai Semarang Barat berdasarkan metode Kagan diperlukan sebanyak 18 stasiun dengan jarak antar stasiun 5,13 km.

Dari analisis dengan metode di atas, dapat pula disimpulkan bahwa metode Kagan paling efektif digunakan dalam analisis rasionalisasi. Metode Kagan menghasilkan rekomendasi jaringan pos hujan, termasuk lokasi usulan pos baru. Hal ini tidak ditemui pada metode lainnya.

2. Berdasarkan analisis dengan dua metode *isohyet* yaitu *Kriging* dan IDW dan dapat dilihat bahwa *isohyet* dengan metode IDW lebih mendekati kondisi lapangan. Hal ini dibuktikan dengan hasil range kontur hujan yang dihasilkan sesuai dengan nilai input hujan tahunan pada masing-masing pos hujan. Kemudian untuk mengetahui tingkat signifikansi salah satu pos, dilakukan dengan melakukan analisis *isohyet* tanpa pos tersebut.
3. Dari hasil analisis multi kriteria dapat diketahui bahwa rekomendasi jaringan pos hujan di Sistem Sungai Semarang Barat seperti ditampilkan pada Gambar 11 dengan rincian sebagai berikut:
   - Jumlah pos hujan yang diusulkan untuk dipertahankan : 7
   - Jumlah pos hujan yang tidak direkomendasikan : 7
   - Jumlah usulan pos hujan baru : 12

SARAN

Saran yang bisa penulis sampaikan terkait dengan penelitian ini antara lain:

1. Diperlukan tambahan data pos duga air agar semua pos hujan dapat dilakukan analisis metode *stepwise*.
2. Perlu ditambahkan data kondisi pos hujan agar bisa dianalisis mutu masing-masing pos hujan.
3. Pos hidrologi baik curah hujan maupun duga air hendaknya ditingkatkan menjadi pos otomatis agar pencatatan data bisa menerus dan meminimalisir kekosongan data.

DAFTAR PUSTAKA

Alfirman, Z. R., Limantara, L. M., & Wahyuni, S. (2019). Rasionalisasi Kerapatan Pos Hujan Menggunakan Metode Kagan-Rodda Di Sub Das Lesti. *Jurnal Teknik Sipil*, *8*(2), 153–164. https://doi.org/10.35508/jts.8.2.153-164

Astuti, I. W., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2022). Rasionalisasi Jaringan Pos Hujan dan Pos Duga Air Dengan Metode Stepwise dan Standar WMO (World Metrological Organization) di DAS Opak. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, *2 No.1*, 377–385. DOI:10.21776/ub.jtresda.2022.002.01.30

Ayu, F., Shiami, R., & Lasminto, U. (2019). Rationalization of Hydrology Station Network Using Rainfall Ground and Satellite Data. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, *4*(3), 225–229. https://doi.org/10.5281/zenodo.3365590.

Hermawan, O.E, Limantara, L.M., & Suhartanto, E. (2020). Analisis Sebaran Jaringan Penakar Hujan Dengan Metode Stepwise, Kriging & WMO Di DAS Serang Jawa Tengah. *Jurnal Teknik Pengairan*, *11*(2), 137–146. https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2020.011.02.07

KemenPUPR. (2019). *Prosedur Pelaksanaan Studi Rasionalisasi Jaringan Pos Hidrologi*. https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2640/

Kodoatie, R. J., & Roestam, S. (2005). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi.

Prawati, E. (2016). Jaringan Stasiun Hujan Ditinjau Dari Topografi Pada Das Widas Kabupaten Nganjuk - Jawa Timur. *Tapak*, *6*(1), 86–98. http://dx.doi.org/10.24127/tp.v6i1.270.g221

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi PUPR. (2017). *Modul Perhitungan Hidrologi Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar 2017*. https://simantu.pu.go.id/epel/edok/

Renaldhy, R., Yasa, I.W., & Setiawan, E. (2021). Evaluasi Rasionalisasi Stasiun Hujan Metode Kagan Rodda dengan Mempertimbangkan Kriteria Penentuan Lokasi Pembangunan Stasiun Hujan. *Jurnal Teknik Pengairan*, *12*(1), 49–60. https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.01.05

Rodda, J. C. (1967). Precipitation Network. *WMO Bulletin. No. 324*.

Soemarto, C. (1995). *Hidrologi Teknik*. Erlangga.

WMO. (2008). *Guide to Hydrological Practices, Hydrology – From Measurement to Hydrological Information: Vol. I* (Issue 168). https://library.wmo.int