

PENGARUH SEBARAN SPASIAL HUJAN TERHADAP PEMILIHAN METODE HUJAN WILAYAH BERBASIS ANALISIS GEOSPASIAL

Evi Anggraheni^{1,5*}, Dwita Sutjningsih^{1,5}, Bambang Heri Mulyono^{2,5},
Guswanto^{3,5}, Ika Agustiningrum⁴, Dadang Muhamad Yahya^{2,5}

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

²Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane

³Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

⁴Dinas Sumber Daya Air Provinsi DKI Jakarta

⁵HATHI Cabang Jakarta

*evi.anggraheni@yahoo.com

Pemasukan: 1 Nopember 2022 Perbaikan: 19 Nopember 2022 Diterima: 21 Nopember 2022

Intisari

Data hujan adalah salah satu komponen penting dalam kegiatan penelitian, perencanaan maupun pengelolaan sumber daya air. Pengaruh variabilitas curah hujan secara spasial dan temporal pada permodelan limpasan hujan telah lama menjadi perhatian dari ahli hidrologi dan menjadi sumber kesalahan utama pada analisis debit (Emmanuel et al 2015). Salah satu cara untuk mengakomodir sebaran secara spasial hujan adalah melakukan analisis hujan rerata wilayah. Metode yang sering dimanfaatkan dalam analisis hujan wilayah adalah Metode Rerata Aritmatik, Isohyet dan Thiessen. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis pengaruh sebaran spasial hujan pada penentuan metode hujan wilayah Thiessen dan Isohyet di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang masuk dalam DKI Jakarta. Analisis sebaran spasial dilakukan pada beberapa periode hujan yang terjadi pada tanggal 2 Februari 2007, 23 Februari 2014, 1 Januari 2020, dan 25 Februari 2020 di DAS tersebut. Analisis hujan wilayah Metode Thiessen dan Isohyet dipilih penelitian ini. Visualisasi dan analisis hujan wilayah dilakukan dengan bantuan Arc GIS. Pengaruh penggunaan dua metode hujan wilayah selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis banjir dengan bantuan model hujan aliran WinTR 20. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa pemilihan metode hujan wilayah harus dilakukan berdasarkan visualisasi distribusi hujan, jika hujan terkonsentrasi pada satu wilayah maka Metode Isohyet menghasilkan analisis yang lebih merepresentasikan kondisi aktual dengan perbedaan debit banjir yang dihasilkan dengan Metode Thiessen hingga 29%, sedangkan jika hujan tersebar merata di seluruh wilayah, maka Thiessen dan Isohyet menghasilkan perbedaan debit rencana $\leq 5\%$.

Kata kunci : sebaran spasial hujan, hujan wilayah, Isohyet, Thiessen, WinTR-20, banjir rencana, geospasial

Latar Belakang

Hujan merupakan input utama dalam permodelan hidrologi, pengolahan lingkungan dan desain infrastruktur keairan. Pengaruh variabilitas curah hujan secara spasial dan temporal pada permodelan limpasan hujan telah lama menjadi perhatian dari ahli hidrologi dan menjadi sumber kesalahan utama pada analisis debit (Emmanuel et al 2015). Kebutuhan data hujan sebagai informasi yang *real time* serta tersebar menyeluruh merupakan salah satu upaya untuk mengakomodir keterwakilan data hidrologi secara spasial dan temporal (Anggraheni, et al., 2018). Tahun 1985, (Guillermo., et al., 1985) menyatakan bahwa variasi spasial dan temporal data hujan dibutuhkan dalam analisis prediksi limpasan permukaan, neraca air dan desain infrastruktur. Perkembangan penelitian terkait hidrologi mengkonfirmasi bahwa keuntungan dan keandalan data observasi radar cuaca dapat digunakan untuk mengakomodir keterwakilan sebaran spasial dan temporal pada permodelan banjir serta peramalan banjir (Emmanuel, et al., 2017) (Sokol, et al., 2021). Keterbatasan akses data radar, mahalnya biaya operasi pemeliharaan dan praktisi radar yang terbatas menyebabkan penggunaan data radar belum optimum (GFDRR, 1999). Salah satu cara untuk merepresentasikan kondisi hidrologi DAS secara spasial adalah melakukan analisis hujan rerata wilayah. Metode yang sering dimanfaatkan dalam analisis hujan wilayah adalah Metode Rerata Aritmatik, Isohyet dan Thiessen (Yoo , et al., 2008). Metode rerata aritmatik, Thiessen dan Isohyet merupakan metode analisis hujan wilayah yang menitepretasikan faktor kuantitas fisik alat ukur hujan dalam skala geometris (Ribeiro, et al., 2021).

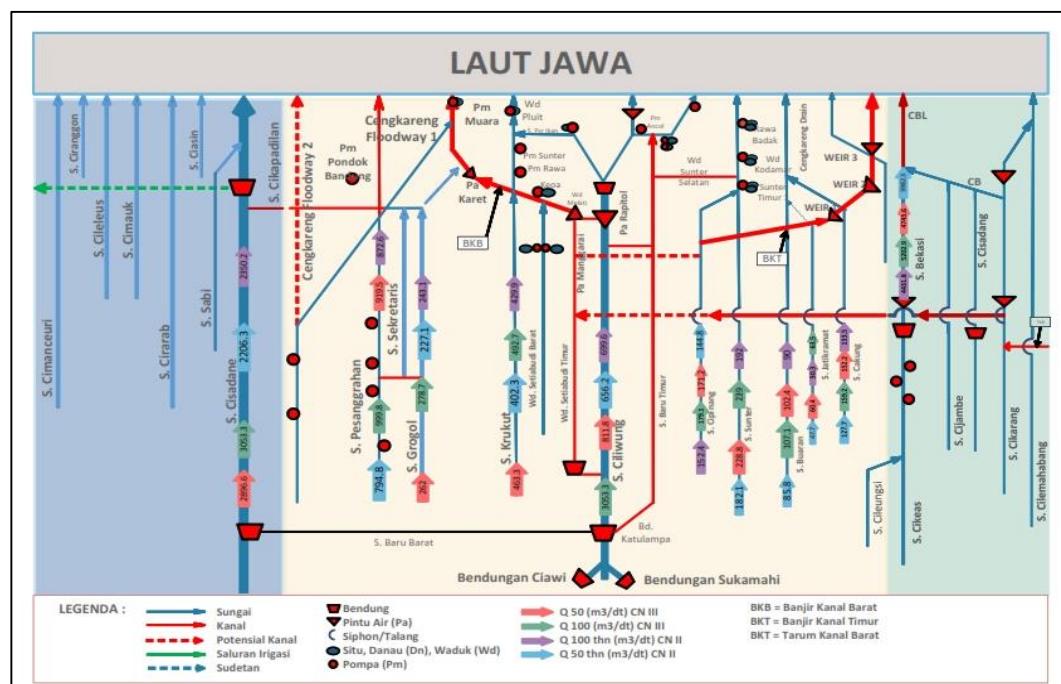
Kondisi kerapatan stasiun hujan dan sebaran distribusi hujan di DKI Jakarta maupun di kawasan penyangga Jakarta menyebabkan hujan wilayah dengan metode rerata aritmatik tidak dapat digunakan, karena deviasi antar stasion hujan lebih dari 10% sementara kriteria pemanfaatan hujan rerata aritmatik adalah deviasi antar stasion hujan kurang dari 10% (Yoo , et al., 2008). Terjadinya serangkaian banjir yang semakin sering terjadi dan terulang tiap tahun, menuntut upaya lebih besar mengantisipasinya, sehingga kerugian dapat diminimalkan. Berbagai kebijakan pembangunan yang telah dibuat oleh pemerintah dalam upaya mengatasi masalah banjir dan rob di wilayah Provinsi DKI Jakarta. Perkiraan besarnya debit banjir yang akan terjadi dapat diperhitungkan dengan menggunakan beberapa pendekatan, seperti misalkan perhitungan debit banjir dengan metode Nakayasu, rasional, hidrograf satuan dan sebagainya. Keseluruhan dari metode perhitungan debit banjir membutuhkan data curah hujan sebagai input. Distribusi data curah hujan yang baik diperlukan sebagai input, untuk menghasilkan perhitungan debit banjir yang akurat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis pengaruh sebaran spasial hujan pada metode hujan wilayah Thiessen dan Isohyet di Daerah Aliran Sungai yang masuk dalam DKI Jakarta sebagai pendekatan untuk prediksi limpasan permukaan dengan model hidrologi WinTR20.

Metodologi Studi

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 171 tahun 2007 tentang Penataan, Penetapan dan Luas Wilayah Kelurahan di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, secara geografis luas wilayah DKI Jakarta adalah luas

7.660 km², dengan luas daratan sebesar 662 km² (termasuk 110 pulau yang tersebar di Kepulauan Seribu) dan luas lautan sebesar 6.998 km². Batas sebelah utara Jakarta terbentang pantai sepanjang 32 km yang menjadi tempat bermuaranya 13 sungai, 2 kanal, dan 2 flood way. Sebagian besar karakteristik wilayah Provinsi DKI Jakarta berada di bawah permukaan air laut pasang. Kondisi tersebut mengakibatkan sebagian wilayah di Provinsi DKI Jakarta rawan genangan, baik karena curah hujan yang tinggi maupun karena semakin tingginya air laut pasang (rob). DKI dilintasi oleh 13 sungai dengan sungai yang paling berpengaruh adalah Sungai Ciliwung. Skematik aliran yang masuk ke wilayah DKI dapat dilihat pada gambar 1:

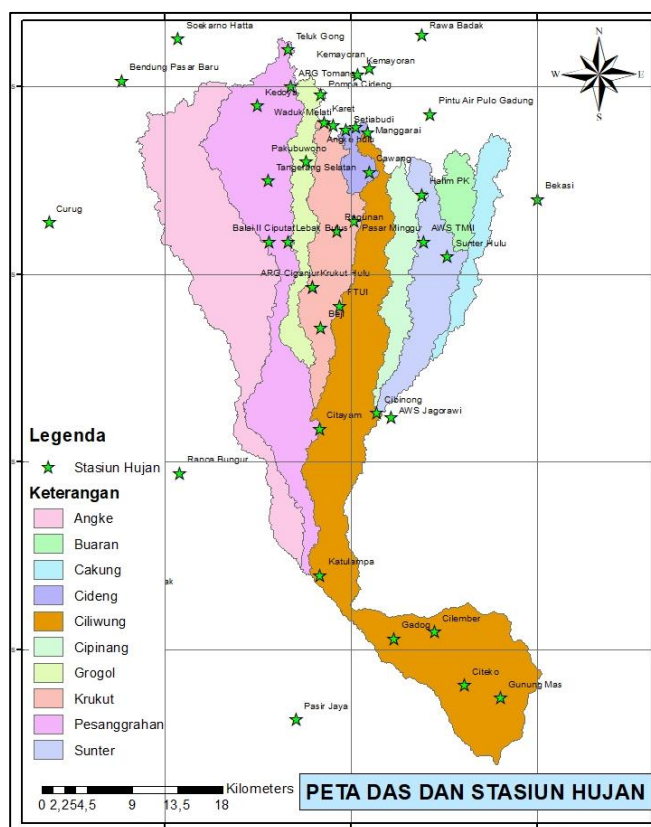


Sumber: Masterplan Drainase DKI Jakarta Tahun 2017

Gambar 1 Peta Skematik Aliran DKI

Tahapan pertama dalam penelitian ini adalah menentukan DAS dan inventarisasi data stasiun hujan serta kejadian banjir. Pada penelitian ini, analisis hujan wilayah dengan metode Thiessen dan Isohyet dilakukan pada 10 DAS utama yang akan masuk dalam DKI Jakarta dengan menggunakan 38 stasiun hujan. Kejadian yang dianalisis dalam penelitian ini adalah banjir yang terjadi pada tanggal 2 Pebruari 2007, 23 Pebruari 2014, 1 Januari 2020, dan 25 Pebruari 2020.

Gambaran umum sebaran stasiun hujan dan DAS yang masuk dalam kajian penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta DAS dan Sebaran Stasiun Hujan

Tahapan kedua adalah melakukan analisis hujan wilayah dengan menggunakan metode Poligon Thiessen dan Isohyet pada kejadian yang sudah ditentukan dengan bantuan visualisasi serta analisis menggunakan *Arc GIS*. Analisis peta dengan menggunakan GIS merupakan memungkinkan pengguna memvisualisasikan informasi spasial, mendokumentasikan karakteristik dari suatu DAS, melakukan analisis spasial, serta menggambarkan pembagian DAS (Fleming & Doan, 2003).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung hujan wilayah dengan menggunakan Poligon Thiessen adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i R_i}{A_i} \quad (1)$$

Hujan wilayah dengan menggunakan metode Isohyet dapat dihitung dengan persamaan:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{R_{i-1} + R_i}{2} \cdot A_i}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

R : tinggi curah hujan rata-rata

$R_{1,2,\dots,i}$: tinggi curah hujan pada isohyet ke-i

$A_{1,2,\dots,i}$: luas bagian ke-i

A : Luas DAS

Tahapan ketiga adalah melakukan analisis banjir dengan menggunakan data hujan wilayah yang didapatkan sebelumnya dengan menggunakan model hidrologi WinTR-20 yang mampu merepresentasikan karakteristik hidrologis DAS Ciliwung (Anggraheni, et al., 2016). Win-TR 20 adalah salah satu model hidrologi yang dikembangkan oleh USDA yang merupakan pengembangan dari model hidrologi TR-20 pada tahun 1973. Model Win-TR 20 dapat menghitung banjir secara spasial pada setiap sub-DAS dan penelusuran bajir pada sungai dengan mengadopsi metode SCS-CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*) (NRCS, 2015). Persamaan dasar yang digunakan dalam analisis banjir ini adalah sebagai berikut:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

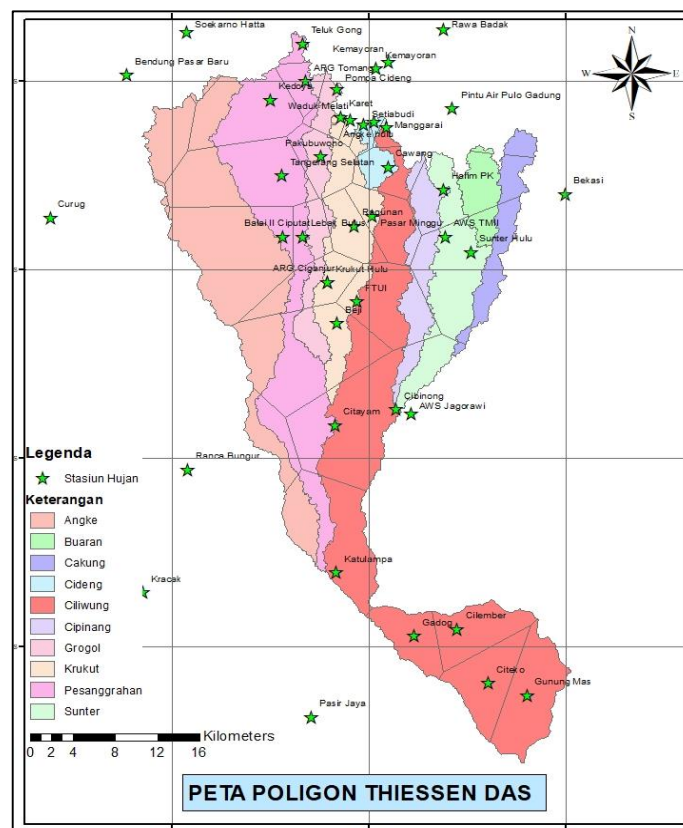
Keterangan:

S : Soil Retention Capacity

CN : Curve Number/Koefisien Tutupan Lahan

Tahapan akhir adalah membandingkan hasil dan melakukan analisis terhadap simulasi Thiessen dan Isohyet pada besaran hujan wilayah maupun debit banjir.

Analisis Poligon Thiessen pada DAS yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 3.



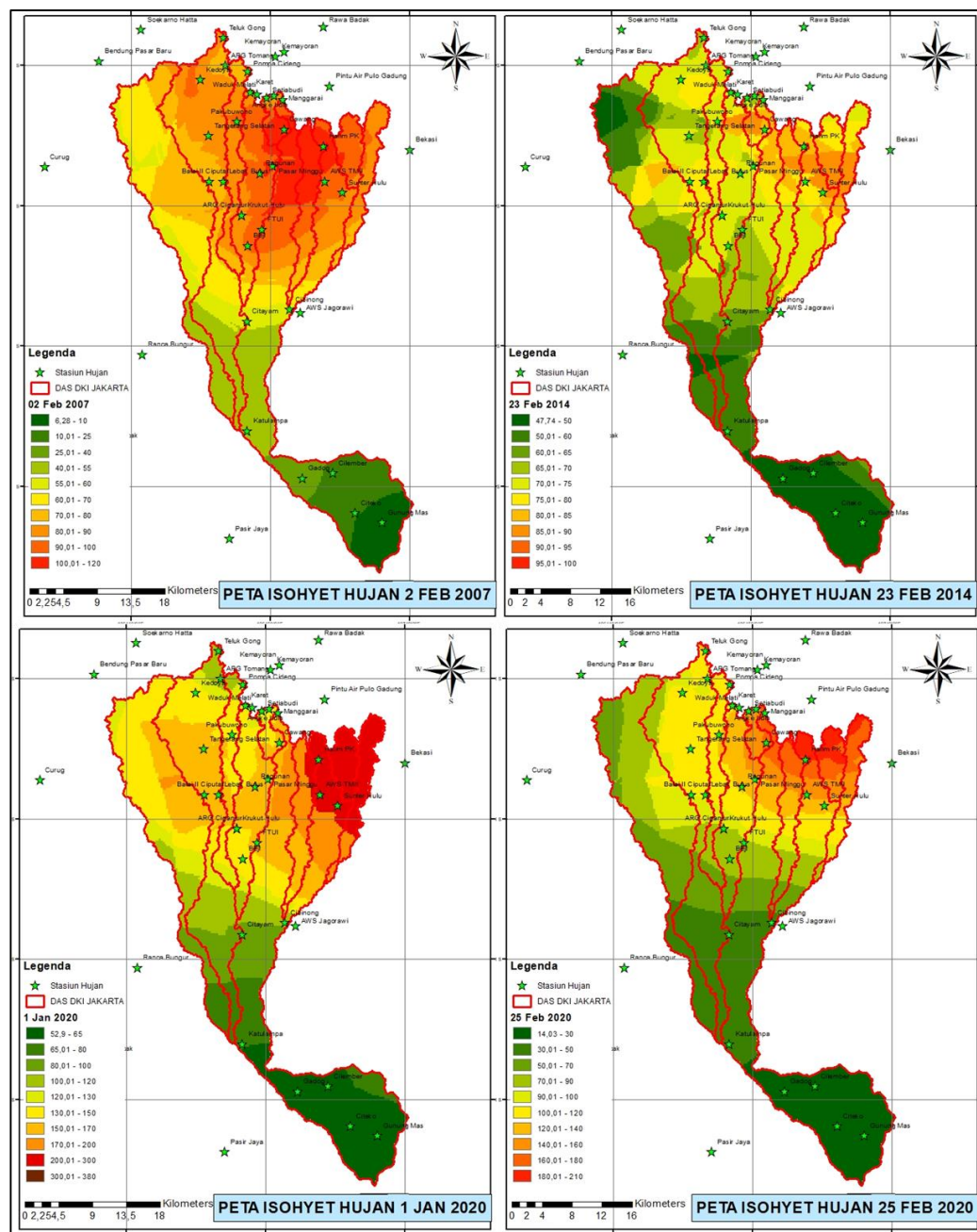
Gambar 3 Peta Poligon Thiessen DAS DKI

Hasil Studi dan Pembahasan

Berdasarkan hasil inventarisasi data hujan dan sebaran data stasiun hujan yang tersaji pada tabel 1, maka didapatkan hasil analisis sebaran peta isohyet pada tanggal 2 Februari 2007, 23 Februari 2014, 1 Januari 2020, dan 25 Februari 2020 sebagaimana terlihat pada gambar 4.

Tabel 1 Data Hujan 38 Stasiun Hujan

No	Nama	2-Feb-07	23-Feb-14	01-Jan-20	25-Feb-20
1	Angke hulu	34	48	120	88
2	ARG Tomang	34	8,9	100	21
3	Balai II Ciputat	43	3,8	184	107,8
4	Beji	119	97	142	89
5	Bendung Pasar Baru	10	17	125	15
6	Cawang	137,5	2,5	51	187
7	Cibinong	24	32	71,5	15,2
8	Cigudeg	2	0	11,2	17
9	Cilemer	3	55	84	6
10	Citeko	2	95,7	60	37,2
11	Curug	50	32	54	35,9
12	FTUI	157	125,6	156	95
13	Gadog	60	20	34	1
14	Gunung Mas	4	30	41,5	10
15	Halim PK	134	65	377	205
16	Istana	91	85	147	112
17	Karet	80	98	111	100
18	Katulampa	65	54	57,4	70
19	Kedoya	87	65	211,6	120,6
20	Kemayoran	12	8	145,3	278
21	Kracak	54	44	137	0
22	Krukut Hulu	43	104	132	59
23	Lebak Bulus	67	12	176	95,7
24	Manggarai	102	100	189	209
25	Pakubuwono	79	87	142	110
26	Pasar Minggu	100	110	155	144
27	Pasir Jaya	10	23	42	2
28	Pintu Air Pulo Gadung	69	57	260	260
29	Pompa Cideng	92	109	135	115
30	Ragunan	99	108	107	123
31	Ranca Bungur	8	2,5	26	0
32	Rawa Badak	89	69	144	85,6
33	Setiabudi	110	112	84	150
34	Soekarno Hatta	124,4	50,6	147,9	80,4
35	Sunter Hulu	67	105	236	105
36	Tangerang Selatan	110	59	200	102,8
37	Teluk Gong	103	44	52	141
38	Waduk Melati	102	122	191	144



Gambar 4 Peta Isohyet

Berdasarkan hasil analisis Isohyet yang tersaji pada Gambar 4 diatas diketahui bahwa distribusi hujan yang terjadi pada 4 kejadian terpusat pada sisi kanan atas DAS/bagian timur DKI Jakarta sehingga genangan paling parah berlokasi di bagian timur Jakarta.

Sebaran hujan yang heterogen menghasilkan hasil analisis Isohyet dan Thiessen yang terrekapitulasi pada table 2 dan 3:

Tabel 2 Rekapitulasi Hujan Wilayah DAS Metode Poligon Thiessen

DAS	Hujan Wilayah (mm/hari)			
	02-Feb-07	23-Feb-14	01-Jan-20	25-Feb-20
Angke	75,5	54,0	148,5	87,4
Buaran	93,7	88,6	221,04	146,4
Cakung	69,7	73,4	219,8	102,9
Cideng	116,9	65,0	107,5	164,8
Ciliwung	57,8	56,5	130,4	77,4
Cipinang	89,5	81,9	178,17	106,6
Grogol	93,8	81,2	146,3	90,8
Krukut	85,3	70,3	114,0	90,1
Pesanggrahan	71,5	66,9	129,1	76,7
Sunter	80,0	81,3	122,5	81,3

Tabel 3 Rekapitulasi Hujan Wilayah DAS Metode Isohyet

DAS	Hujan Wilayah (mm/hari)			
	02-Feb-07	23-Feb-14	01-Jan-20	25-Feb-20
Angke	64,60	56,46	132,33	69,77
Buaran	93,88	82,29	292,5	173,02
Cakung	85,21	79,53	212,76	143,56
Cideng	112,81	69,21	110,67	153,40
Ciliwung	45,67	58,29	184,00	89,53
Cipinang	94,60	76,84	203,5	121,60
Grogol	83,02	73,59	139,69	100,64
Krukut	90,94	73,22	146,49	106,66
Pesanggrahan	72,12	68,60	128,54	80,01
Sunter	87,06	77,34	187,33	114,94

Berdasarkan hasil analisis hujan wilayah selanjutnya dilakukan analisis debit banjir dengan menggunakan model hidrologi WinTR-20 pada masing-masing DAS. Sebelumnya dilakukan analisis propertis DAS sebagaimana tersaji pada table 4.

Tabel 4 Analisis Propertis DAS

Nama DAS	Luasan (km ²)	Panjang Alur (m)	Beda Titik Tinggi (m)	Slope	Tc		CN
					(menit)	(jam)	
Angke	223,5	18707,7	37,5	0,00200	415,2	6,9	83,1
Buaran	26,9	13930,6	25,3	0,00181	343,9	5,7	84,7
Cakung	39,9	19526,1	71,0	0,00364	341,2	5,7	84,7
Cideng	15,5	5678,8	10,0	0,00176	174,3	2,9	84,8
Ciliwung	335,0	129675,4	1762,5	0,01359	882,3	14,7	82,0
Cipinang	49,1	26175,6	102,5	0,00392	415,5	6,9	83,9
Grogol	52,1	24113,7	89,5	0,00371	398,2	6,6	83,6
Krukut	90,4	25838,5	112,5	0,00435	394,9	6,6	84,2
Pesanggrahan	205,9	33105,0	262,5	0,00793	379,4	6,3	83,6
Sunter	77,3	37941,4	100,5	0,00265	642,8	10,7	84,2

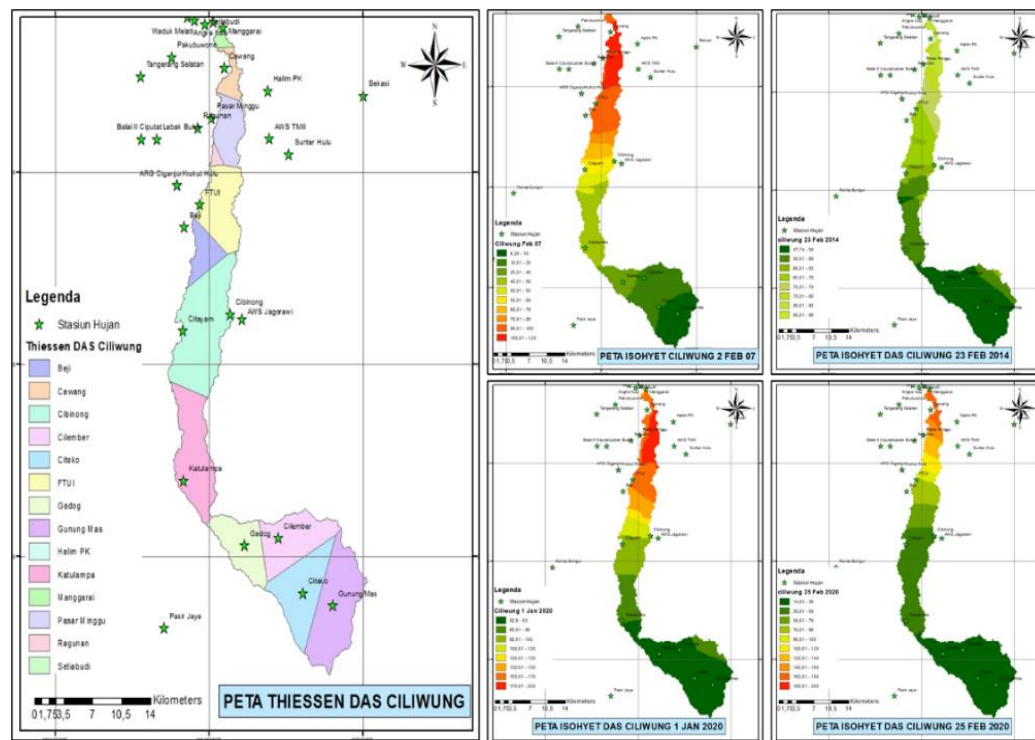
Parameter DAS yang digunakan sesuai dengan penelitian sebelumnya di DAS Ciliwung (Anggraheni, et al., 2016) yang menunjukkan bahwa WinTR-20 mampu merepresentasikan karakteristik DAS dengan persentase kesesuaian lebih dari 75%.

Berdasarkan hasil simulasi dengan model WinTR-20 didapatkan debit banjir dengan menggunakan 2 metode hujan wilayah seperti yang tersaji pada pada tabel 5.

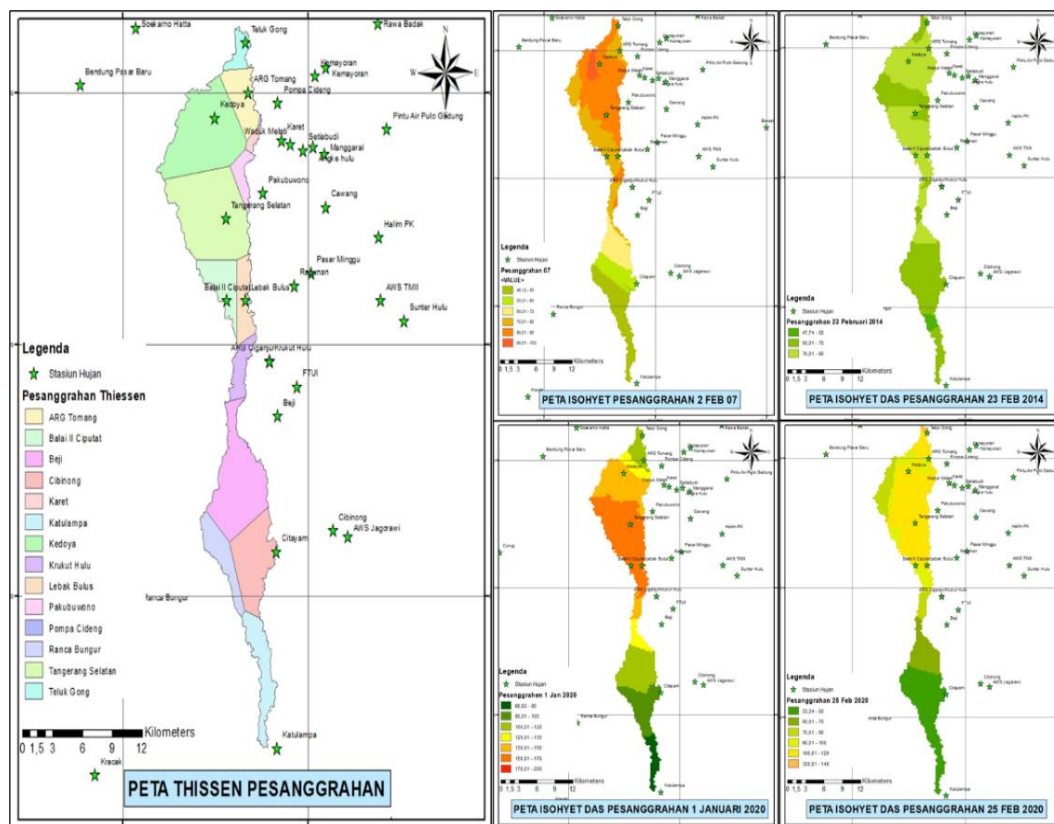
Tabel 5 Analisis Debit Banjir DAS

DAS	Debit (m ³ /dt)								Persentase Selisih Debit			
	02-Feb-07		23-Feb-14		01-Jan-20		25-Feb-20					
	I	T	I	T	I	T	I	T	02-Feb-07	23-Feb-14	01-Jan-20	25-Feb-20
Angke	336,2	393,0	293,8	281,2	688,7	772,7	363,1	454,6	17%	4%	12%	25%
Buaran	63,6	63,5	55,8	60,0	198,2	149,8	117,3	99,2	0%	8%	24%	15%
Cakung	85,9	70,3	80,2	74,0	214,5	221,6	144,7	103,7	18%	8%	3%	28%
Cideng	58,2	60,3	35,7	33,5	57,1	55,4	79,1	85,0	4%	6%	3%	7%
Ciliwung	220,1	278,7	281,0	272,4	887,0	628,5	431,6	372,9	27%	3%	29%	14%
Cipinang	110,1	104,2	89,4	95,3	236,8	207,3	141,5	124,0	5%	7%	12%	12%
Grogol	101,9	115,1	90,3	99,7	171,5	179,6	123,5	111,5	13%	10%	5%	10%
Krukut	197,9	185,5	159,3	153,0	318,8	248,2	232,1	196,1	6%	4%	22%	16%
Pesanggrahan	360,5	357,4	342,9	334,3	642,6	645,3	400,0	383,3	1%	3%	0%	4%
Sunter	128,6	118,1	114,2	120,1	276,7	180,9	169,8	120,1	8%	5%	35%	29%

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa perbedaan metode analisis hujan wilayah dapat menyebabkan perbedaan debit banjir hingga 35% pada DAS Sunter dan 29% pada DAS Ciliwung pada tanggal 1 Januari 2020. Masih pada tanggal yang sama, perbedaan debit di DAS Pesanggrahan, Cakung dan Grogol kurang dari 5%. Perbedaan yang cukup signifikan hampir selalu terjadi pada DAS Ciliwung kecuali perbedaan debit banjir pada tanggal 23 Feb 2014 kurang dari 5%. Sementara di DAS Pesanggrahan memiliki rata-rata perbedaan debit kurang dari 5%. Setelah ditinjau lebih detail pada peta Isohyet tanggal 1 Januari 2020 diketahui bahwa terjadi hujan yang terjadi sangat heterogen terpusat pada daerah timur Jakarta sementara hujan ringan terjadi pada daerah selatan dan barat Jakarta seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Peta Thiessen dan Isohyet DAS Ciliung



Gambar 6 Peta Thiessen dan Isohyet DAS Pesanggrahan

Perbedaan hasil analisis Isohyet dan Thiessen pada Tabel 5 selanjutnya dijelaskan melalui Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa perbedaan hasil analisis ini disebabkan karena sebaran konsentrasi hujan yang tidak merata di DAS Ciliwung, selain itu sebaran jumlah stasiun hujan yang kurang memenuhi menyebabkan perbedaan analisis metode hujan wilayah dan berdampak pada prediksi debit yang dihasilkan. Pada tanggal 23 Feb 2014, hasil analisis dengan metode Thiessen dan Isohyet tidak memiliki perbedaan yang berarti di semua DAS, hal ini disebabkan karena hujan konsentrasi hujan homogen dan merata di seluruh DAS. Pada DAS Pesanggrahan, perbedaan metode analisis hujan wilayah tidak signifikan karena tercukupi oleh sebaran stasiun hujan.

Berdasarkan hasil analisis, penggunaan metode hujan wilayah sangat dipengaruhi oleh jumlah sebaran stasiun hujan di DAS, distribusi hujan dan luas wilayah tinjauan. DAS Cideng dengan luas DAS 15 km² memiliki persentase perbedaan debit kurang dari 10% untuk semua simulasi. Pada skala terkecil DAS (*catchment area*/DTA-Daerah Tangkapan Air) penggunaan metode hujan wilayah isohyet dan Thiessen tidak berpengaruh signifikan (Kang, et al., 2019).

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil analisis terhadap 4 kejadian hujan dengan perbedaan distribusi konsentrasi hujan (heterogen dan homogen) menunjukkan bahwa hujan pada tanggal 1 Januari, 25 Februari 2020 dan 2 Februari 2007 tidak tersebar merata (hujan terkonsentrasi pada titik tertentu). Sebaran hujan sangat mempengaruhi metode hujan wilayah yang sesuai, metode Isohyet lebih cocok digunakan pada kondisi hujan yang tidak merata dan mampu mengakomodir karakteristik hujan yang dipengaruhi oleh altitude/ketinggian (Kang, et al., 2019). Pemilihan metode hujan wilayah yang sesuai akan sangat mempengaruhi akurasi prediksi debit yang dihasilkan.

Saran

Penambahan jumlah stasiun hujan pada DAS Ciliwung sangat dibutuhkan, selain sebagai alat monitoring, penambahan stasiun hujan juga diperlukan untuk kalibrasi data radar. Semakin rapat jumlah stasiun hujan pada daerah hulu (pegunungan) akan membantu mengakomodir siklus hidrologi lokal pada daerah pegunungan yang akan membantu perkiraan prediksi hujan sekaligus *flood early warning system*.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia, Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane, Laboratorium Hidrolika Hidrologi dan Sungai, BMKG dan Pemrov DKI atas dukungan terhadap kelancaran penulisan studi ini.

Daftar Referensi

- Anggraheni, E., Sutjiningsih, D., Emmanuel, I., Payrastre, O., & Andrieu, H., 2018. Assessing The Role Of Spatial Rainfall Variability On Watershed Response Based On Weather Radar Data (A Case Study Of The Gard Region, France), *International Journal of Technology*. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i3.498>.
- Anggraheni, E., & Sutjiningsih, D., 2016. Effectiveness Of Hypotetic Retention Ponds Simulation on The Integrated Flood Management System, *International Conference of HATHI*. - Denpasar : [s.n.].
- Emmanuel, I., Payrastre, O., Andrieu, H., & Zuber, F., 2017. A method for assessing the influence of rainfall spatial variability on hydrograph modeling. First case study in the Cevennes Region, Southern France, France, *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.011>.
- Fleming, Matthew J, & Doan, James H., 2003. HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension Version 10.1 [Report]. - California : US Army Corps of Engineers, 2003.
- GFDRR Global Facility for Disaster Reduction and Recover, 1999. Country Assessment Report for Indonesia [Report]. - 1999.
- Tabios III, Guillermo Q., & Salas. Jose D., 1985. A Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation, [s.l.] : *American Water Resources Association*.
- Kang, Bo-Seong, Yang, Sung-Kee, & Kang, Myung-Soo, 2019. A Comparative Analysis of the Accuracy of Areal Precipitation According to the Rainfall Analysis Method of Mountainous Streams, *Jeju : Journal of Environmental Science International*. <https://doi.org/10.5322/JESI.2019.28.10.841>.
- NRCS USDA. 2015. Hydrology Model Basic Tutorial [Report].
- O'Loughlin, G., Huber, W., & Chocat, B., 1996. Rainfall-Runoff Processes and Modelling, *Journal of Hydraulic Research*. <https://doi.org/10.1080/00221689609498447>.
- Ribeiro, A. S., Almeida, M. C., Cox, M. G., Sousa, J. A., Martins, L., Loureiro, D., Brito, R., Silva, M., & Soares, A. C., 2021. Role of measurement uncertainty in the comparison of average areal rainfall methods, Conference, Metrologia. - [s.l.] : *IOPScience*. <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac0d49>.
- Sokol, Z., Szturc, J., Orellana-Alvear, J., Popová, J., Jurczyk, A., & Céleri, R., 2021. The Role of Weather Radar in Rainfall Estimation and Its Application in Meteorological and Hydrological Modelling—A Review, [s.l.] : *Remote Sensing, MDPI*. <https://doi.org/10.3390/rs13030351>.
- Kamran H., S., Goodrichb, D. C., Myersc, D. E. Sorooshiana, S., 2003. Spatial Characteristics of Thunderstorm Rainfall Fields and Their Relation to Runoff, *Journal of Hydrology*. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00311-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00311-6).
- Yoo, C., Kim, U., Kim, K., & Kim, K. 2008. Inter-station correlation and estimation errors of areal average, [s.l.] : *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Springer*, Vol. 22. <https://doi.org/10.1007/s00477-007-0104-7>.