

EVALUASI DAN RASIONALISASI KERAPATAN JARINGAN POS HUJAN DAN POS DUGA AIR DENGAN METODE *STEPWISE* DI SUB DAS LESTI

Tri Kurniawati¹, Ery Suhartanto², Donny Harisuseno²,

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

Jl. M. T. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

e-mail: tri.kurniawati95@gmail.com

ABSTRAK

Kuantitas dan kualitas data hidrologi yang akurat tidak terlepas dari pentingnya jaringan pos hidrologi yaitu pos hujan dan pos duga air. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi dan merasionalisasi kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air di Sub DAS Lesti menggunakan metode *stepwise*. Evaluasi kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air eksisting menggunakan standar WMO (*World Meteorological Organization*). Sedangkan analisa hubungan kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air menggunakan metode *stepwise* dan mendapatkan rekomendasi pos hujan dilihat dari nilai koefisien korelasinya. Rekomendasi pos hujan yang rasional dilihat dari 2 aspek yaitu uji statistika dan luas daerah pengaruh dari masing-masing pos hujan. Hasil evaluasi kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air dengan standar WMO, sudah rasional untuk pos duga air. Sedangkan untuk pos hujan walaupun terdapat 6 pos hujan dan telah memiliki kerapatan jaringan yang bagus namun hal tersebut belum rasional karena penyebarannya belum cukup merata jika dilihat dari luas daerah pengaruh pada masing-masing pos hujan. Dan hasil analisa hubungan kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air dengan metode *stepwise* didapatkan rekomendasi jumlah pos hujan yang rasional yaitu rekomendasi 1 dengan jumlah 2 pos hujan dan rekomendasi 2 dengan jumlah 3 pos hujan.

Kata kunci: kerapatan jaringan pos hujan, standar WMO, hubungan pos hujan dan pos duga air, metode *stepwise*

ABSTRACT

The accuracy of quantity and quality hydrology data is related with the importance of hydrology station network especially rain gauge station and automatic water level recorder. This study discusses about evaluation and rationalization network density of rain gauge station and automatic water level recorder in Lesti sub watershed with stepwise method. Evaluation network density of rain gauge station and automatic water level recorder existing uses WMO (World Meteorological Organization)'s standard. Analysis the relation in network density of rain gauge station and automatic water level recorder uses stepwise method and the result will get rain gauge station recommendation from its correlation coefficient. Then rain gauge station recommendation which is rational is seen by 2 aspects, they are statistic result and catchment area of rain gauge station. Based on evaluation network density of rain gauge station and automatic water level recorder with WMO's standard, automatic water level recorder has been rational. And rain gauge station has not been rational yet because deployment of rain gauge station is not prevalent, although there are 6 rain gauge stations and it has good network density. Rain gauge station recommendation which is rational are recommendation 1 with 2 rain gauge stations and recommendation 2 with 3 rain gauge stations based on the result of analysis relation in network density of rain gauge station and automatic water level recorder with stepwise method.

Keywords: network density of rain gauge station, WMO standard, relation of rain gauge station and automatic water level recorder, stepwise method

PENDAHULUAN

Dalam kegiatan analisis hidrologi dibutuhkan data hujan dan data debit sebagai masukan utama dalam penyediaan informasi hidrologi siap pakai (Amalia, 2015). Presipitasi merupakan salah satu komponen utama dalam siklus hidrologi dan input pendorong terpenting pada suatu wilayah sungai (Girons et al., 2015). Di sisi lain, presipitasi juga berpengaruh atas terjadinya bencana alam, mulai dari banjir bandang, tanah longsor, hingga kerusakan Daerah Aliran Sungai yang serius (Frei dan Schär, 1998). Maka, data hidrologi yang akurat sangat diperlukan dalam perencanaan dan penentuan potensi air (Awadallah, 2012). Hal ini tidak terlepas dari pentingnya kerapatan jaringan pos hidrologi yaitu, pos hujan dan pos duga air. Pos hujan dan pos duga air tidak hanya bergantung pada kerapatan jaringan, lokasi stasiun juga memiliki peranan penting dalam menentukan apakah informasi diperoleh dengan benar atau tidak (Xu et al., 2013).

Kesalahan dalam pemantauan data dasar hidrologi dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan menghasilkan data siap pakai yang tidak benar, sehingga mengakibatkan hasil perencanaan, penelitian dan pengelolaan sumber daya air yang tidak efisien dan efektif. Namun yang menjadi pertanyaan adalah berapa jumlah pos hujan dan pos duga air yang perlu ditempatkan dalam suatu DAS untuk memantau karakteristik hidrologi secara akurat dan benar. Demikian juga apakah jumlah pos-pos yang tersedia yang ada saat ini dalam suatu daerah aliran sungai sudah memadai dan layak, serta apakah jumlah dan lokasinya dapat memantau karakteristik hidrologi daerah tersebut (Mulya, 2014).

Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Lesti yang terletak di Kabupaten Malang merupakan Sub DAS prioritas di DAS Brantas Hulu dimana wilayah tersebut mempunyai permasalahan yang cukup

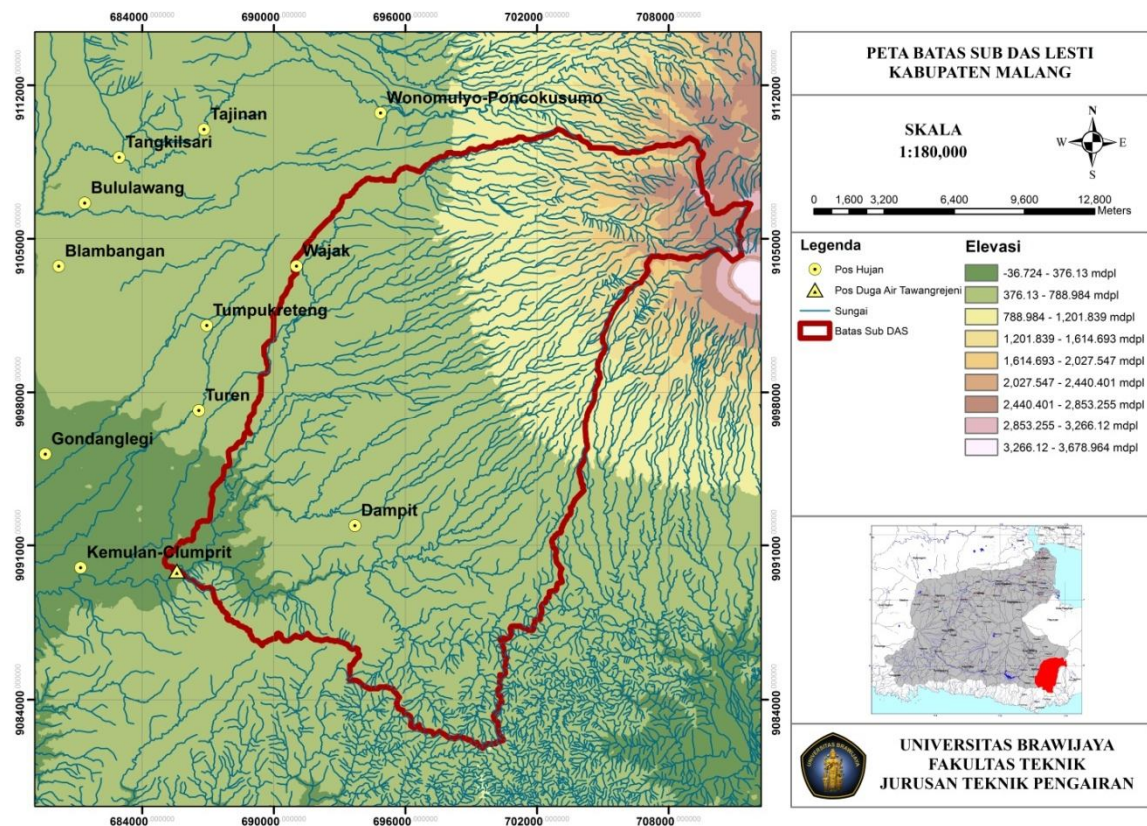
kompleks terhadap kerusakan lahan, erosi, tanah longsor, fluktuasi debit sungai dan sedimentasi yang cukup tinggi. Apabila mengacu pada standar WMO, Sub DAS Lesti merupakan daerah pegunungan: tropis mediteran dan sedang yang memiliki syarat kerapatan jaringan 100-250 km² untuk setiap pos hujannya. Dengan luas Sub DAS Lesti 382.837 km² dan terdapat 6 pos hujan, dirasa terlalu berlebihan karena jika diperhatikan sebenarnya 2-4 pos hujan sudah cukup untuk mewakili daerah Sub DAS Lesti.

Dalam hal ini data hidrologi terutama data hujan dan data debit sangat berperan penting untuk analisis banjir, penentuan banjir rencana, analisis ketersediaan air di sungai dan sebagainya. Dan diperlukan jaringan pos hujan dan pos duga air yang terdistribusi secara merata serta jumlah pos hujan dan pos duga air yang rasional.

Berkaitan dengan hal tersebut, maka studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air eksisting yang dilakukan dengan standar WMO, menganalisa hubungan kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air yang dilakukan dengan metode *stepwise*, sehingga mendapatkan rekomendasi pos hujan. Dan untuk mengetahui rekomendasi pos hujan yang rasional dilihat dari 2 aspek, yaitu uji statistika dan luas daerah pengaruh masing-masing pos hujan.

METODE

Lokasi daerah studi berada di Sub DAS Lesti. Sub DAS Lesti secara geografis terletak pada titik koordinat antara 8°02'50" - 8°13'49" lintang selatan dan 112°41'60" - 112°56'21" bujur timur. Dan secara administratif Sub DAS Lesti terletak pada Kabupaten Malang, di bagian hulu sebelah timur Kabupaten Malang yang memberikan kontribusi debit air sungai yang besar ke bagian hilir Kabupaten Malang, tepatnya di waduk Sengguruh dan bendungan Sutami. Pada studi ini *outlet* Sub DAS Lesti berada pada stasiun *AWLR* Tawangrejeni, Kecamatan Sumbermanjing Wetan.



Gambar 1. Peta Sub DAS Lesti

Peta sub DAS Lesti dapat dilihat pada gambar 1. Luas Sub DAS Lesti yaitu 382.837 km². Pos hujan yang digunakan dalam studi ini adalah pos hujan Poncokusumo, Wajak, Tumpukreteng, Turen, Dampit dan Clumpit. Data yang dibutuhkan dalam studi ini yaitu data koordinat pos duga air dan peta kontur Sub DAS Lesti untuk membuat batas Sub DAS dengan bantuan perangkat lunak *ArcGIS* 10.2.2, data koordinat pos hujan untuk membuat poligon Thiessen, data hujan dan debit harian selama 14 tahun (2002-2015) untuk analisa hidrologi dan metode *stepwise*.

Langkah-langkah penyelesaian studi adalah sebagai berikut:

1. Survey dan pengumpulan data
2. Pengisian data hujan yang hilang dengan metode perbandingan normal atau *reciprocal method*
3. Pengisian data debit yang hilang dengan metode regresi linear atau markov-chain

4. Uji konsistensi data hujan dengan metode kurva massa ganda
5. Uji konsistensi data debit dengan metode *RAPS*
6. Penyaringan data hujan dan debit dengan uji homogenitas (ketidakadaan trend, stasioner dan persistensi)
7. Evaluasi kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air eksisting dengan standar WMO
8. Analisa hubungan kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air dengan metode *stepwise*

Awalnya pos hujan dan pos duga air eksisting dievaluasi dengan standar WMO. Hal ini bertujuan untuk mengetahui luas daerah pengaruh pada setiap pos hujan dan pos duga air apakah telah memenuhi standar WMO atau tidak dan juga mengetahui jumlah pos hujan dan pos duga air apakah kondisinya rasional atau tidak untuk mewakili suatu DAS.

Tabel 1. Kerapatan Minimum yang Direkomendasikan WMO

No.	Tipe	Luas Daerah per Satu Pos (km ²)	
		Kondisi Normal	Kondisi Sulit
1	Daerah dataran: tropis mediteran dan sedang	1000 – 2500 (600 – 900)	3000 – 9000
2	Daerah pegunungan: tropis mediteran dan sedang	300 – 1000 (100 – 250)	1000 – 5000
3	Daerah kepulauan kecil bergunung dengan curah hujan bervariasi	140 – 300 (25)	
4	Daerah arid dan kutub	5000 – 20000 (1500 – 10000)	

Sumber: Linsley (1986, p.67)

Keterangan: untuk pos hujan yang berada didalam kurung

Rasionalisasi adalah perbuatan menjadikan bersifat rasional. Dalam studi ini bertujuan untuk memperoleh jaringan hidrologi yang efisien, efektif dan dapat mempresentasikan kondisi hidrologi DAS saat ini dan mendatang. Masing-masing pos hujan dianalisa dengan menggunakan metode *stepwise* untuk mengetahui pos hujan mana yang paling masuk akal ditempatkan atau berperan signifikan terhadap pos duga air dengan melihat koefisien korelasi sederhana masing-masing pos hujan dan koefisien korelasi berganda dari kombinasi masing-masing pos hujan terhadap pos duga airnya. Setelah itu untuk merasionalisasikannya dilihat dari 2 aspek yaitu uji statistika dan luas daerah pengaruh dari masing-masing pos hujan.

Standar WMO

Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization*, WMO) memberikan pedoman kerapatan jaringan minimum di beberapa daerah. Kerapatan jaringan adalah jumlah pos tiap satuan luas di dalam DAS. Namun pedoman tersebut hanya merupakan ancar-ancar (Triatmodjo, p.29). Kerapatan minimum yang direkomendasikan WMO dapat dilihat pada tabel 1.

Metode Stepwise

Metode *stepwise* adalah salah satu metode untuk mendapatkan model terbaik dari sebuah analisis regresi. Model terbaik dari analisis regresi tersebut harus didukung dengan nilai

koefisien korelasi yang memiliki tingkat hubungan positif baik. Konsep dasar dari metode *stepwise* adalah *multiple correlation*. Metode *stepwise* diperoleh dari beberapa tahap pemilihan variabel independen untuk masuk dalam model, kemudian memilih satu atau beberapa variabel independen yang benar-benar signifikan untuk menjelaskan variabel dependen (Yamin et al., 2011, p.167). Variabel independen adalah data hujan dan variabel dependen adalah data debit. Dalam studi ini, analisis perhitungan metode *stepwise* menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS 20.

Berikut adalah yang perlu dianalisis dalam metode *stepwise* (Priyatno, 2013, p.71):

1. Analisis regresi linear
2. Uji F
3. Uji t
4. Analisis koefisien determinasi
5. Uji asumsi klasik (normalitas residual, multikolinearitas, autokorelasi dan heteroskedastisitas)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa kemungkinan jenis data dapat digunakan dalam studi ini. Jenis data yang memiliki koefisien korelasi yang paling baik antar data hujan terhadap data debit akan digunakan dalam analisa selanjutnya. Berkaitan dengan hal tersebut, data hujan dan data debit yang dipakai dalam studi ini merupakan data tahunan selama 10 tahun (2006-2015) pada musim hujan.

Tabel 2. Uji Homogenitas Pos Hujan dan Pos Duga Air

Nama	Ketidakadaan Trend			Stasioner		Persistensi
	Korelasi Spearman	Mann dan Whitney	Cox dan Stuart	Uji F	Uji t	
Pos Hujan						
Poncokusumo	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Wajak	Diterima	Diterima	Diterima	Ditolak	Diterima	Diterima
Tumpukreteng	Diterima	Diterima	Ditolak	Ditolak	Diterima	Diterima
Turen	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Ditolak
Dampit	Diterima	Diterima	Ditolak	Ditolak	Diterima	Diterima
Clumprit	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Ditolak
Pos Duga Air						
Tawangrejeni	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Analisa Statistik Data Hujan dan Debit

Hasil analisa statistik dengan uji homogenitas (ketidakadaan trend, stasioner dan persistensi) dapat dilihat pada tabel 2.

Evaluasi Kerapatan Jaringan Pos Hujan dan Pos Duga Air Eksisting dengan Standar WMO

Menurut standar Organisasi Meteorologi Dunia, kerapatan minimum pos duga air dengan daerah pegunungan: tropis mediteran dan sedang adalah 300-1000 km²/pos. Artinya Sub DAS Lesti dengan luas 382.837 km² dan terdapat 1 pos duga air telah memenuhi kerapatan minimum yang telah direkomendasikan oleh Organisasi Meteorologi Dunia. Sehingga pos duga air di Sub DAS Lesti dirasa sudah rasional.

Untuk pos hujan, kerapatan minimum pos hujan dengan daerah pegunungan: tropis mediteran dan sedang adalah 100-250 km²/pos. Pada Sub DAS Lesti yang luasnya 382.837 km² terdapat 6 pos hujan dengan masing-masing luas pos hujan yang dapat dilihat pada gambar 2. Artinya sangat memenuhi kerapatan

minimum yang telah direkomendasikan oleh Organisasi Meteorologi Dunia. Jika diperhatikan, sebenarnya pada Sub DAS Lesti pos hujan dengan jumlah 2-4 pos saja sudah cukup untuk memenuhi kerapatan minimumnya menurut Organisasi Meteorologi Dunia. Karena penyebarannya belum cukup merata jika dilihat dari luas daerah pengaruh pada masing-masing pos hujan, maka pos hujan yang sudah ada di Sub DAS Lesti dirasa belum rasional.

Analisa Hubungan Kerapatan Jaringan Pos Hujan dan Pos Duga Air dengan Metode *Stepwise*

Hasil analisa hubungan kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air dengan metode *stepwise*, pos hujan yang paling bagus hubungannya dengan pos duga air adalah pos hujan Turen yang memiliki korelasi sederhana paling tinggi diantara pos hujan lainnya yaitu 0.708. Dan jika antar pos hujan dicoba-coba dengan semua kombinasi terhadap pos duga airnya didapatkan rekomendasi dengan korelasi berganda sebagai berikut:

Tabel 3. Koefisien Korelasi Berganda Rekomendasi Pos Hujan

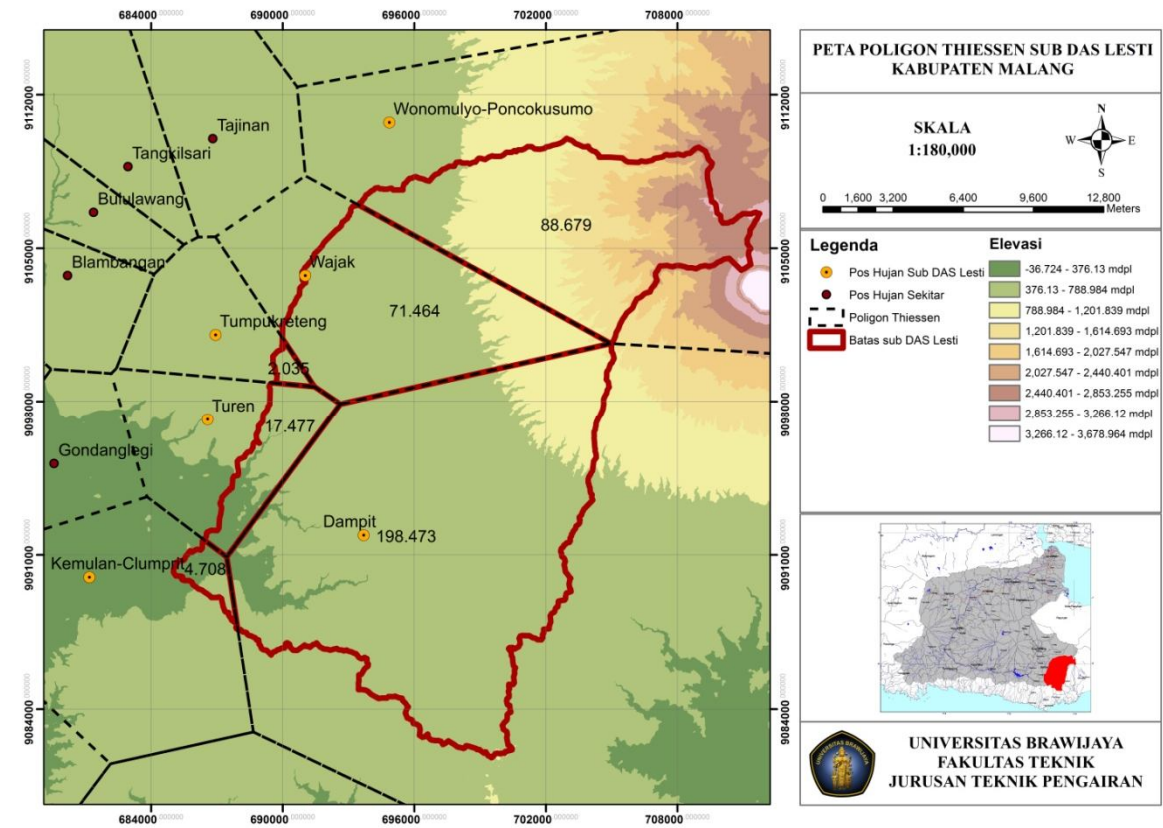
Rekomendasi	Jumlah	Pos Hujan	R
1	2	Wajak dan Turen	0.743
2	3	Poncokusumo, Wajak dan Turen	0.808
3	4	Poncokusumo, Tumpukreteng, Turen dan Dampit	0.823
4	5	Poncokusumo, Tumpukreteng, Turen, Dampit dan Clumprit	0.856
5	6	Poncokusumo, Wajak, Tumpukreteng, Turen, Dampit dan Clumprit	0.867

Hasil uji asumsi klasik pada 5 rekomendasi pos hujan tersebut adalah telah memenuhi uji normalitas residual dan heteroskedastisitas dan pada uji autokorelasi menunjukkan hasil tidak ada kesimpulan, sedangkan pada uji multikolinearitas hanya rekomendasi 1 saja yang telah memenuhi pengujian tersebut.

Dari 5 rekomendasi tersebut diperlukan untuk memperhatikan masing-masing luas daerah pengaruhnya sehingga dapat mengetahui kesesuaian kerapatannya dengan analisa kerapatan jaringan pos hujan standar WMO. Karena dikhawatirkan terdapat luas daerah

pengaruh yang terlalu besar atau terlalu kecil jauh diluar standar WMO pada 5 rekomendasi pos hujan tersebut sehingga pos hujan akan menjadi tidak rasional untuk dijadikan rekomendasi. Selain itu pengujian uji homogenitas data hujan dan uji asumsi klasik perlu mendukung ketepatan dalam pemilihan rekomendasi pos hujan terkait dengan kualitas data yang dihasilkan sebagai informasi sumberdaya air.

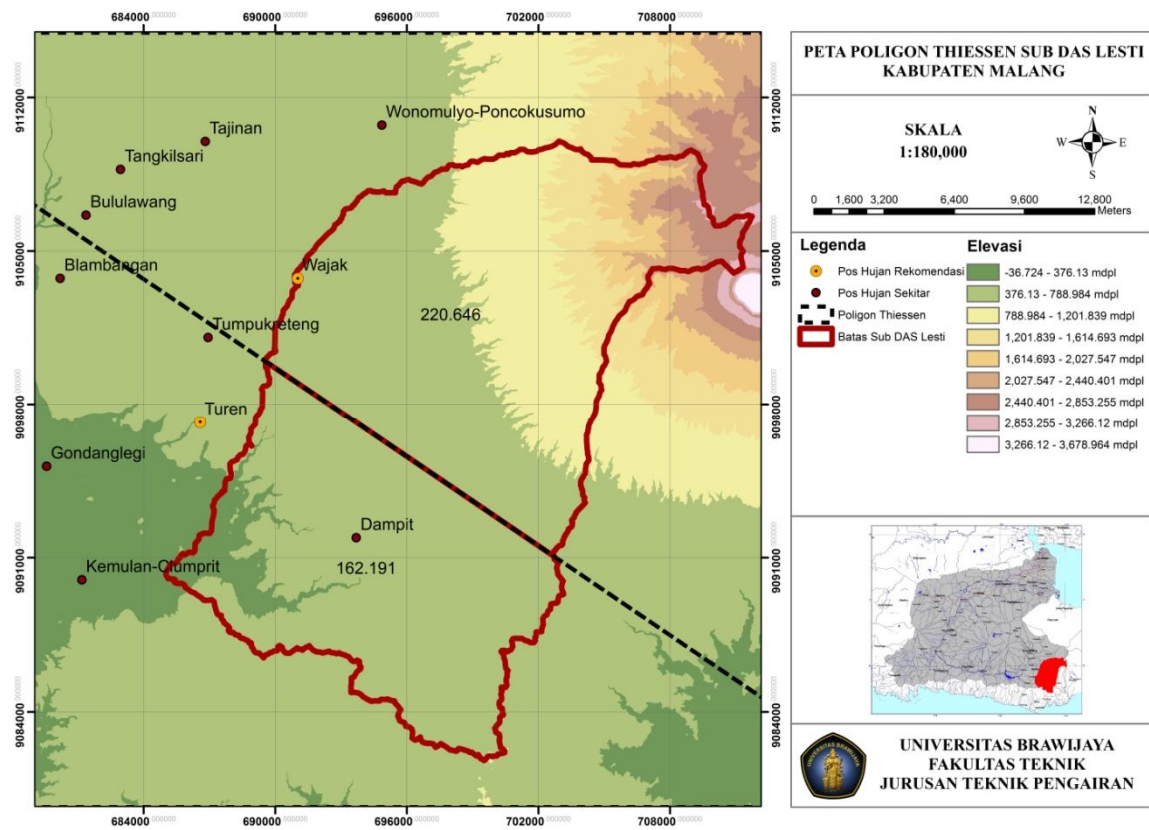
Hasil persentase koefisien poligon Thiessen pada rekomendasi pos hujan 1-4 dapat dilihat pada tabel 4. Sedangkan untuk rekomendasi pos hujan 5 sama pos hujan eksisting.



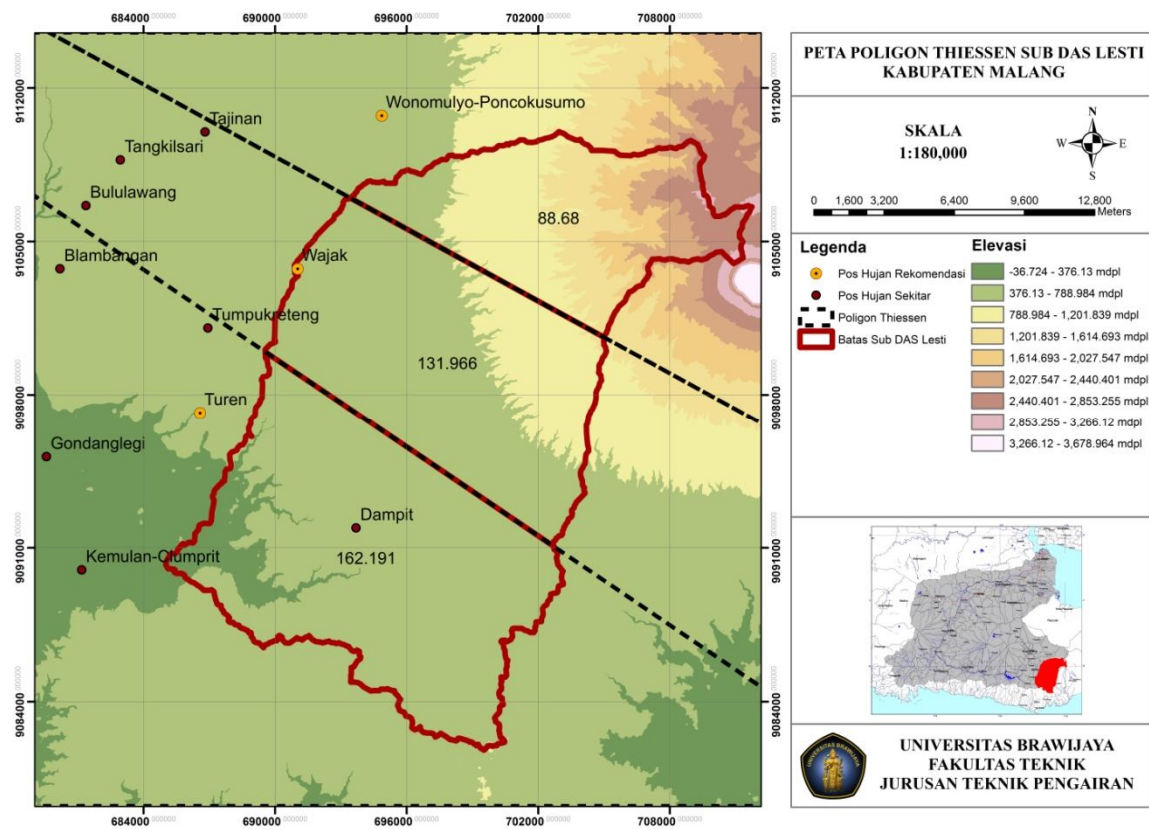
Gambar 2. Peta Poligon Thiessen Pos Hujan Eksisting Sub DAS Lesti

Tabel 4. Koefisien Thiessen Pos Hujan Eksisting dan Rekomendasi

Pos Hujan	Koefisien Thiessen (%)				
	Eksisting	Rekomendasi			
		1	2	3	4
Poncokusumo	23.164		23.164	31.241	31.241
Wajak	18.667	57.634	34.471		
Tumpukreteng	0.532			7.013	7.013
Turen	4.565	42.366	42.366	5.455	4.713
Dampit	51.843			56.291	55.803
Clumprit	1.230				1.23
Total	100	100	100	100	100



Gambar 3. Peta Poligon Thiessen Pos Hujan Rekomendasi 1



Gambar 4. Peta Poligon Thiessen Pos Hujan Rekomendasi 2

Berdasarkan tabel 3 dapat dinyatakan bahwa rekomendasi pos hujan semuanya memiliki tingkat hubungan yang sama-sama baik terhadap pos duga airnya, walaupun rekomedasi 1 dan 2 memiliki koefisien korelasi tidak sebesar rekomendasi 3, 4 dan 5 (eksisting). Hal ini dapat dinyatakan bahwa penempatan pos hujan berpengaruh dalam pemilihan rekomendasi yang rasional. Pada gambar 3 menunjukkan bahwa rekomendasi 1 sebenarnya pos hujan Wajak sudah bisa mewakili keberadaan pos hujan Poncokusumo, sedangkan pos hujan Turen dapat mewakili pos hujan Tumpukreteng, Dampit dan Clumprit. Dan pada gambar 4 menunjukkan bahwa rekomendasi 2, pos hujan Turen dapat mewakili pos hujan Tumpukreteng, Dampit dan Clumprit.

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa rekomendasi 1 dan 2 tidak ada presentase koefisien Thiessen yang dominan terlalu besar atau terlalu kecil, tidak seperti rekomendasi 3, 4 dan 5 (eksisting). Artinya rekomendasi 1 dan 2 mempunyai luas daerah pengaruh yang merata pada masing-masing pos hujan. Dengan analisa standar WMO, luas daerah pengaruh pada rekomendasi 1 dan 2 telah memenuhi kerapatan standar WMO. Jika diperhatikan berdasarkan uji homogenitas pada tabel 2, rekomendasi 1 dan 2 tidak ada pengujian yang ditolak lebih dari 1 jenis pengujian. Dan hasil uji asumsi klasik rekomendasi 1 adalah hanya tidak memenuhi uji autokorelasi saja. Dengan demikian rekomendasi 1 dan 2 adalah rekomendasi pos hujan yang rasional dalam studi ini, didukung dengan luas daerah pengaruh masing-masing pos hujan yang merata, telah memenuhi kerapatan standar WMO dan uji homogenitas data hujan serta uji asumsi klasik model regresi menunjukkan kualitas data yang bagus.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil

evaluasi kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air dengan standar WMO adalah sudah rasional untuk pos duga air. Sedangkan untuk pos hujan walaupun terdapat 6 pos hujan dan memiliki kerapatan yang bagus artinya sangat memenuhi standar WMO namun dirasa belum rasional karena penyebarannya belum cukup merata jika dilihat dari luas daerah pengaruh pada masing-masing pos hujan.

Hasil analisa hubungan kerapatan jaringan pos hujan dan pos duga air dengan metode *stepwise* didapatkan rekomendasi jumlah pos hujan yang rasional yaitu rekomendasi 1 dengan jumlah 2 pos hujan dan rekomendasi 2 dengan jumlah 3 pos hujan. Karena luas daerah pengaruh masing-masing pos hujan yang merata, telah memenuhi kerapatan standar WMO dan uji homogenitas data hujan serta uji asumsi klasik model regresi menunjukkan kualitas data yang bagus.

Saran

Metode *stepwise* ini hanya mengandalkan data hujan sebagai variabel indenpeden dan data debit sebagai variabel dependen, tidak memperhatikan aspek topografi, klimatologi dan tata guna lahan. Sehingga diharapkan ada analisa lebih lanjut mengenai aspek tersebut yang dapat dijadikan variabel idependen atau dependennya dalam penelitian berikutnya.

Selain itu juga diperlukan analisa lebih lanjut mengenai kondisi dan penempatan letak pos hujan berdasarkan rekomendasi dari studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia K, Atik. (2015). *Evaluasi dan Perencanaan Kerapatan Jaringan Pos Hujan dengan Metode Kriging dan Analisa Bobot (Score) di Wilayah Sungai Palu-Lariang Provinsi Sulawesi Tengah*. Malang: Jurnal Teknik Pengairan.
- Awadallah, Ayman G. (2012). *Selecting Optimum Locations of Rainfall*

- Stations Using Kriging and Entropy*. Egypt: International Journal of Civil & Environmental Engineering, 12 (1), 36-41.
- Frei, C. and Schär, C. (1998). *A Precipitation Climatology of The Alps from High-Resolution Rain-Gauge Observations*. Switzerland: International Journal of Climatology, 18, 873–900.
- Girons L, M., Wannerstrom, H., Nordem, L-A. and Seibert, J. (2015). *Location and Density of Rain Gauges for The Estimation of Spatial Varying Precipitation*. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, 97 (1): 167-179.
- Linsley, Ray K. (1986). *Teknik Sumber Daya Air Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Mulya, Happy. (2014). *Studi Rasionalisasi Jaringan Hidrologi Pulau Seram Provinsi Maluku*. Jayapura: Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil, 20 (1), 71-82.
- Priyatno, Duwi. (2013). *Analisis Korelasi, Regresi dan Multivariate dengan SPSS*. Yogyakarta: Gava Media.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Xu, H., Xu, C.-Y., Chen, H., Zhang, Z. and Li, L. (2013). *Assessing the influence of rain gauge density and distribution on hydrological model performance in a humid region of China*. China: Journal of Hydrology, 505, 1–12.
- Yamin, S., Rachmach, L. A. dan Kurniawan, H. (2011). *Regresi dan Korelasi dalam Genggaman Anda*. Jakarta: Salemba Empat.