

## PENGEMBANGAN MODEL ANALISIS SPASIAL UNTUK MENSIMULASIKAN RESPON HIDROLOGI

Asep Denih<sup>1)</sup>, Ema Kurnia<sup>2)</sup>, Umar Mansyur<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Pakuan, Bogor, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Vokasi, Universitas Pakuan, Bogor, Indonesia

<sup>3)</sup>Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Sekolah Pascasarjana Universitas Pakuan, Bogor, Indonesia

<sup>1)</sup>Corresponding Author: [asep.denih@unpak.ac.id](mailto:asep.denih@unpak.ac.id)

**Article history:** received 10 December 2019; revised 16 January 2020; accepted 24 January 2020

### Abstrak

Perluasan kota adalah kekuatan pendorong utama mengubah hidrologi lokal dan regional. Untuk mengeksplorasi konsekuensi lingkungan dari urbanisasi ini, penelitian ini ingin memperkirakan perubahan penggunaan lahan dan menilai air limpasan jangka panjang melalui pemodelan hidrologi. Untuk mengetahui efek merugikan dari bencana di masa depan, terutama kekeringan, banjir, dan badai tropis, penelitian ini disediakan oleh teknik simulasi, dan berdasarkan pada dua skenario. Pertama, simulasi dengan skenario perubahan penggunaan lahan. Kedua, simulasi tanpa skenario perubahan penggunaan lahan. Ini disediakan oleh beberapa parameter seperti karakteristik tangkapan, penggunaan lahan, kontur, sungai, tanah, infiltrasi, dan intensitas curah hujan. Tujuan menggunakan skenario yang berbeda adalah untuk mengetahui tanggapan hidrologi seperti apa. Selain itu, hasilnya akan menunjukkan bahwa penggunaan lahan dan perubahan iklim kemungkinan akan terkena dampak hilangnya nyawa dan kerusakan yang luar biasa karena limpasan dan banjir yang berlebihan. Ini adalah daerah aliran sungai utama yang mempengaruhi zona perkotaan Jakarta yang lebih besar, yang telah mengalami banjir yang semakin parah setiap tahunnya yang berdampak dan menggusur ratusan ribu orang. Namun, urbanisasi akan sangat meningkatkan air limpasan. Akhirnya, hasil penelitian ini akan memiliki implikasi yang signifikan untuk mendukung pengambil keputusan, akademisi, dan masyarakat luas dalam mempersiapkan perencanaan kota, pengelolaan sumber daya air, pengembangan peraturan yang lebih baik dan implementasi efektif mereka. Teknik yang dijelaskan dalam penelitian yang diusulkan ini dapat digunakan di bidang lain.

**Kata kunci:** pemodelan hidrologi, simulasi, penggunaan lahan, banjir, skenario.

### Abstract

Urban expansion is a major driving force altering local and regional hydrology. To explore these environmental consequences of urbanization this research would like to forecast the land-use change and assesses the long-term runoff water through hydrologic modeling. To know the detrimental effects of future disasters, especially drought, flood, and tropical storms, this research provided by a simulation technique, and based on two scenarios. First, simulation with a land-use change scenario. Second, simulation without a land-use change scenario. It provided by some parameters such as characteristics of catchments, land use, contour, river, soil, infiltration, and rainfall intensity. The objective of using different scenario is to know what kind of hydrological responses. Moreover, the outcomes would indicate that land use and climate change would likely be subjected to impacts the tremendous loss of life and damage due to excessive runoff and flooding. This is the primary watershed that affects the greater Jakarta urban zone, which has had increasingly severe flooding annually impacting and displacing hundreds of thousands of people. However, urbanization will considerably increase runoff water. Finally, the results of this research would have significant implications to support decision-makers, academia, and the wider public in preparing urban planning, water resources management, development of better regulations

and their effective implementations. The techniques described in this proposed research can be used in other areas.

**Keywords:** hydrologic modelling, simulation, land-use, flood, skenario

## 1. Pendahuluan

Degradasi pada sebagian besar Daerah Aliran Sungai (DAS) atau sub-DAS dipengaruhi oleh tekanan populasi [1]. Alasan lainnya adalah kondisi tanah DAS yang menentukan laju dan jumlah volume air yang meresap ke dalam tanah. Air yang meresap ke tanah adalah merupakan fungsi dari jenis tanah, penggunaan lahan, tutupan lahan, kondisi drainase, kelembaban tanah, dan permeabilitas tanah.

DAS, pada dasarnya adalah unit area penting untuk dikelola, karena penggunaan lahan, siklus air, tutupan tanaman, jenis batu dan tanah, kebutuhan air dan dampak manusia semuanya bekerja bersama untuk memodifikasi kualitas dan kuantitas air yang mengalir melalui DAS. Kondisi fisik DAS dan perubahan pola penggunaan lahan mempengaruhi aliran peak runoff, terutama volume limpasan maksimum yang mengalir pada lokasi tertentu selama peristiwa badai [2]. Karakteristik DAS yang biasanya diperlukan untuk metode desain hidrologi adalah area drainase, panjang DAS, bentuk DAS, kemiringan DAS atau saluran, pola drainase, kekasaran saluran, curah hujan, jenis tanah, tutupan lahan, dan penggunaan lahan. Studi kasus dalam penelitian ini difokuskan pada DAS Ciliwung bagian atas, merupakan bagian dari wilayah Bogor, Jawa Barat, Indonesia. Mengenai studi kasus, karakterisasi hidrologi DAS Ciliwung hulu dapat memberikan banyak informasi dalam perencanaan dan pengelolaan lingkungan, seperti membuat prediksi tentang cara memperbaiki DAS, memperkirakan volume air yang akan mengalir ke daerah hilir, memberikan informasi kepada pemerintah untuk melakukan perawatan daerah DAS Ciliwung atas, dan memantau sistem hidrologisnya. Pengelolaan DAS merupakan bagian yang sangat penting, sehingga perlu adanya kerjasama atau koneksitas antar wilayah fungsional dan bukan administrasi dalam konteks sungai sebagai drainase atau fungsi hidrologi [3].

Banjir masih merupakan masalah besar yang tidak dapat dipecahkan, karena banyak faktor, misalnya kemiringan DAS, jenis tanah DAS, tutupan lahan dan penggunaan lahan DAS, serta jumlah penyimpanan dalam saluran dan vegetasi. Selain alasan hidrologi seperti posisi geografisnya, masalah banjir diperburuk oleh tekanan populasi dan masalah sosial budaya, sehingga banyak orang mengubah area vegetasi menjadi perkotaan [4], kegiatan ini mempengaruhi area kondisi daerah aliran sungai. Sistem drainase perkotaan merupakan salah satu komponen prasarana perkotaan yang sangat erat kaitannya dengan penataan ruang [5]. Membuat pemodelan hidrologi akan menjadi titik awal untuk mengembangkan Sistem Peringatan Dini Banjir di masa sekarang dan di masa yang akan datang. DAS Ciliwung Hulu adalah bagian dari daerah yang berkontribusi banjir di hilir, seperti di Jakarta. Upaya serius harus dilakukan untuk mendukung konservasi dan program rehabilitasi lingkungan di Ciliwung atas.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan model analisis spasial dinamis untuk mensimulasikan respons hidrologi [6]. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua tahap berikut. Pertama, memperkirakan volume air limpasan dari input curah hujan yang bervariasi; Kedua, mensimulasikan efek perubahan penggunaan lahan terhadap respons hidrologi.

## 2. Metode Penelitian

Surface Hydrologic Analysis. Metode ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik fisik permukaan DAS Ciliwung bagian atas. Dengan menggunakan model elevasi digital sebagai input, dimungkinkan untuk menggambarkan sistem drainase DAS Ciliwung atas dan kemudian mengukur karakteristik sistem ini. Dengan menentukan lokasi suatu titik di model spasial grid, maka semua daerah lereng akan menyumbangkan air ke titik tersebut. Daerah aliran sungai dan

jaringan aliran dibuat dari DEM; model-model ini digunakan untuk menentukan ketinggian, waktu, dan genangan banjir. Bidang-bidang ini membutuhkan pemahaman tentang bagaimana air mengalir di suatu daerah, dan bagaimana perubahan di daerah tersebut dapat mempengaruhi aliran. Sebelum membangun model perilaku air, harus ditentukan dari mana air itu berasal dan ke mana air tersebut mengalir. Istilah ini terfokus pada bagaimana memodelkan pergerakan air melintasi permukaan di DAS Ciliwung bagian atas.

**Analisis Sistem Drainase.** Wadah drainase adalah area yang mengalirkan air dan material lain ke kolektif outlet sebagai drainase konsentrasi. Istilah umum lainnya untuk daerah aliran sungai adalah daerah tangkapan air, atau daerah yang berkontribusi mengalirkan air. Area ini biasanya didefinisikan sebagai total area yang mengalir ke outlet tertentu, atau titik tumpahan. Outlet, atau titik tumpahan adalah titik di mana air mengalir keluar dari suatu daerah. Ini biasanya merupakan titik terendah di sepanjang batas cekungan drainase. Batas antara dua cekungan mengacu pada batas drainase atau batas daerah aliran sungai. Penelitian ini menggunakan istilah tangkapan, titik tuang, dan sub DAS.

**Simulasi Model dan Verifikasi.** Simulasi dan verifikasi skenario perubahan penggunaan lahan adalah metode untuk membuktikan hasil output yang diproduksi oleh model kemudian dibandingkan dengan dunia nyata (real world). Untuk mensimulasikan dan memverifikasi model analisis spasial, penelitian ini menggunakan data citra satellite, yaitu data IKONOS yang memiliki resolusi tinggi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pada Tabel 1, (data riil) menggambarkan karakteristik fisik permukaan DAS Ciliwung bagian atas (upper Ciliwung watershed surface). Berdasarkan hasil identifikasi, air mengalir melintasi daerah dari bagian selatan ke bagian utara. Pergerakan air yang menyeberang mempengaruhi laju aliran puncak. Bentuk area permukaan sub-DAS digunakan untuk menentukan kemiringan lahan atau kemiringan saluran.

Skenario perubahan penggunaan lahan, hasil dari skenario ini dapat dipertimbangkan sebagai alternatif strategi untuk mengantisipasi bencana di masa depan. Alternatif strategi yang dihasilkan dari penelitian ini sebagai alat manajemen yang mencakup simulasi dan pemodelan dunia nyata. Dengan menggunakan simulasi dan pemodelan yang dihasilkan akan membantu untuk merespon efek negatif dari bencana yang diperkirakan akan timbul dengan cara melakukan prediksi. Implementasi skenario perubahan penggunaan lahan dalam model analisis spasial untuk memperkirakan respons hidrologi dari DAS Ciliwung atas ini diusulkan dapat diterapkan di berbagai DAS. Hasil output dari skenario ini tidak hanya menggambarkan pergerakan model, tetapi juga diikuti oleh perubahan hasil identifikasi curve number dari area DAS tertentu. Pengaturan intensitas curah hujan bisa dilakukan dengan sangat bervariasi, sebagai contoh peristiwa hujan badai dengan durasi selama 60 menit telah dapat menggambarkan pengaruh respon hidrologi, seperti volume air hujan per hektar.

Hasil dari pengembangan model analisis spasial ini memberikan cukup banyak output yang dapat dijadikan sebagai bahan masukan bagi para pengambil keputusan. Laporan yang ditulis dalam penelitian ini hanya memberikan beberapa contoh keluaran yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi para penentu kebijakan, seperti yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 adalah merupakan perbandingan hasil perhitungan simulasi dari model yang dikembangkan dan hasil perhitungan riil dari parameter fisik yang ada di lokasi penelitian.

Hasil perhitungan berdasarkan skenario pertama, dengan menggunakan metode tanpa dilakukan perubahan lahan, maka akan didapat hasil perhitungan seperti terlihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Skenario 1 (tanpa perubahan penggunaan lahan)

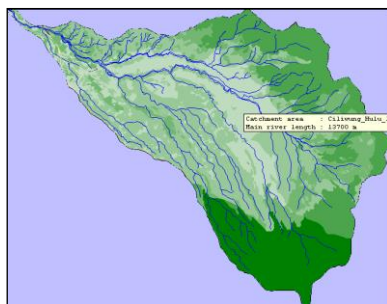
<b>Real data calculation</b>			<b>Scenario calculation</b>		
Qp: 937.55 m <sup>3</sup> /s			Qp: 937.55 m <sup>3</sup> /s		
Volume: 2404070.75 m <sup>3</sup>			Volume: 2404070.75 m <sup>3</sup>		
Volume/ha: 16.05 mm			Volume/ha: 16.05 mm		
<b>Volume detail (m<sup>2</sup>)</b>			<b>Volume detail (m<sup>2</sup>)</b>		
Ci_Sukabirus	220136.14	(9.16%)	Ci_Sukabirus	220136.14	(9.16%)
Ciawi_1	15097.23	(0.63%)	Ciawi_1	15097.23	(0.63%)
Cibogo	241020.56	(10.03%)	Cibogo	241020.56	(10.03%)
Ciesek	414027.86	(17.22%)	Ciesek	414027.86	(17.22%)
Ciliwung_Hulu_1	800606.92	(33.3%)	Ciliwung_Hulu_1	800606.92	(33.3%)
Ciliwung_Hulu_2	43506.8	(1.81%)	Ciliwung_Hulu_2	43506.8	(1.81%)
Ciliwung_Hulu_3	19147.71	(0.8%)	Ciliwung_Hulu_3	19147.71	(0.8%)
Ciliwung_Hulu_4	23919.8	(0.99%)	Ciliwung_Hulu_4	23919.8	(0.99%)
Ciliwung_Hulu_5	100335.23	(4.17%)	Ciliwung_Hulu_5	100335.23	(4.17%)
Cisarua	316362.44	(13.16%)	Cisarua	316362.44	(13.16%)
Ciseuseupan_1	64271.32	(2.67%)	Ciseuseupan_1	64271.32	(2.67%)
Ciseuseupan_2	47495.45	(1.98%)	Ciseuseupan_2	47495.45	(1.98%)
Ciseuseupan_3	98143.29	(4.08%)	Ciseuseupan_3	98143.29	(4.08%)

Total luas daerah aliran sungai adalah 14,977 ha, dengan intensitas curah hujan adalah 30 mm terjadi selama peristiwa hujan badai dengan periode interval waktu 60 menit, dengan nilai koefisien limpasan (C) antara 0,40 dan 0,92. Kecepatan limpasan puncak (Qp) akan sama dengan 937,55 m<sup>3</sup>/detik. Volume air limpasan adalah 2,404,070,75 m<sup>3</sup>, dan volume per ha adalah 16,05 mm. Data ini mewakili kondisi nyata di lapangan dari wilayah studi tanpa melibatkan skenario perubahan penggunaan lahan.

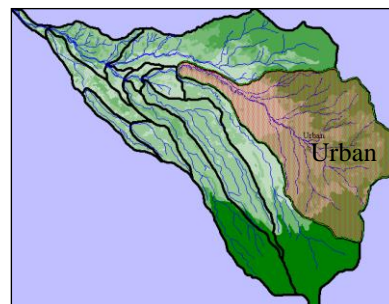
Tabel 2. Skenario 2 (dengan perubahan penggunaan lahan)

Real data calculation			Scenario calculation		
Qp:	937.55 m <sup>3</sup> /s		Qp:	991.55 m <sup>3</sup> /s	
Volume:	2404070.75 m <sup>3</sup>		Volume:	2520575.96 m <sup>3</sup>	
Volume/ha:	16.05 mm		Volume/ha:	16.83 mm	
Volume detail (m <sup>3</sup> )			Volume detail (m <sup>3</sup> )		
Ci_Sukabirus	220136.14	(9.16%)	Ci_Sukabirus	220136.14	(8.73%)
Ciawi_1	15097.23	(0.63%)	Ciawi_1	15097.23	(0.6%)
Cibogo	241020.56	(10.03%)	Cibogo	241020.56	(9.56%)
Ciesek	414027.86	(17.22%)	Ciesek	414345.9	(16.44%)
Ciliwung_Hulu_1	800606.92	(33.3%)	Ciliwung_Hulu_1	916780.46	(36.37%)
Ciliwung_Hulu_2	43506.8	(1.81%)	Ciliwung_Hulu_2	43520.44	(1.73%)
Ciliwung_Hulu_3	19147.71	(0.8%)	Ciliwung_Hulu_3	19147.71	(0.76%)
Ciliwung_Hulu_4	23919.8	(0.99%)	Ciliwung_Hulu_4	23919.8	(0.95%)
Ciliwung_Hulu_5	100335.23	(4.17%)	Ciliwung_Hulu_5	100335.23	(3.98%)
Cisarua	316362.44	(13.16%)	Cisarua	316362.44	(12.55%)
Ciseuseupan_1	64271.32	(2.67%)	Ciseuseupan_1	64271.32	(2.55%)
Ciseuseupan_2	47495.45	(1.98%)	Ciseuseupan_2	47495.45	(1.88%)
Ciseuseupan_3	98143.29	(4.08%)	Ciseuseupan_3	98143.29	(3.89%)

Tabel 2 menggambarkan skenario kedua dengan total luas DAS, intensitas curah hujan, dan interval periode waktu sama dengan skenario pertama pada Tabel 1, tetapi menghasilkan kecepatan limpasan puncak (Qp, m<sup>3</sup>/detik) sebesar 991.53 m<sup>3</sup>/detik. Volume air limpasan yang dihasilkan pun menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu sebesar 2520575,96 m<sup>3</sup>, serta jumlah volume air per ha sebesar 16,83 mm. Skenario yang kedua menunjukan bahwa jika pada DAS dengan kondisi awal (real condition) seperti terlihat pada Gambar 1, kemudian dilakukan perubahan penggunaan lahan menjadi daerah permukiman pada DAS tersebut seperti yang ditunjukan pada Gambar 2, maka sebagai konsekuensi logis akan terjadi perubahan-perubahan pada beberapa variable keluaran dari model tersebut, seperti volume debit air pada outlet yang akan menuju ke sungai berikutnya.



Gambar 1. Kondisi Riil Daerah Aliran Sungai



Gambar 2. Skenario Perubahan Penggunaan Lahan

Skenario perubahan penggunaan lahan pada simulasi ini dilakukan di daerah tangkapan air yang bernama Ciliwung Hulu, seperti terlihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada fenomena perubahan output yang terjadi akibat penerapan skenario pada model. Fenomena tersebut memberikan kesimpulan bahwa apabila simulasi dilakukan dengan skala yang lebih besar di area yang lebih besar, maka akan terjadi perubahan nilai volume air limpasan yang akan sangat signifikan, seperti terlihat pada hasil yang disajikan pada Tabel 3.



Gambar 3 menunjukan observasi kondisi DAS yang menjadi representasi dari area simulasi dengan menggunakan data citra Ikonos. Observasi dengan metode ini dapat dengan mudah untuk melihat kondisi nyata dari area DAS yang menjadi lokasi contoh pada percobaan penelitian ini.



Gambar 3. Kondisi Riil DAS

Data yang ada menggambarkan bahwa nilai curve number (CN) minimum adalah 45 dan jumlah maksimum adalah 92. Jika penggunaan lahan berubah sebagai faktor yang sangat sensitif untuk mempengaruhi peak runoff rate ( $Q_p$ ,  $m^3/sec$ ) dan volume runoff ( $m^3$ ), maka peak runoff rate atau laju limpasan puncak dan volume runoff dari model pada penelitian ini akan sangat tergantung pada nilai curve number yang dimiliki oleh tempat lokasi penelitian. Semakin kecil nilai curve number yang digunakan untuk perubahan lahan, maka semakin baik daerah tersebut untuk menjadi daerah resapan air.

Informasi keluaran dari simulasi, yaitu dengan skenario perubahan penggunaan lahan yang mengubah keadaan kondisi riil menjadi area permukiman, secara umum memberikan laporan bahwa output yang dihasilkan dari perbandingan antara model analisis spasial yang dikembangkan dengan data hasil observasi memberikan hasil yang cukup rasional. Peak runoff rate dan volume runoff menunjukkan bahwa secara umum nilai peak runoff rate ( $Q_p$ ,  $m^3/sec$ ) dan volume runoff ( $m^3$ ) lebih besar untuk simulasi dengan menggunakan skenario kedua dibandingkan dengan skenario pertama. Ini berarti bahwa nilai curve number yang digunakan di dalam skenario perubahan lahan lebih besar jumlahnya jika dibandingkan dengan curve number yang ada di dalam perhitungan dengan tanpa menggunakan skenario. Tabel 3 menunjukkan perbandingan hasil simulasi perhitungan antara kondisi riil dengan beberapa skenario.

Table 3. Perbandingan hasil perhitungan antara kondisi riil dan beberapa skenario

No	Catchments Area Ciliwung Hulu 1	Rainfall Intensity (mm/hr)	Duration (minute)	$Q_p$ ( $m^3/sec$ )	Volume ( $m^3$ )	Volume/h a (mm)	Hasil Perhitungan
1	Kondisi Riil	30	60	937.55	2404070.75	16.05	Tidak ada perubahan
	Skenario: <b>Tidak ada skenario</b>	30	60	937.55	2404070.75	16.05	
	<b>Tidak terjadi kenaikan ataupun penurunan</b>						
2	Kondisi Riil	30	60	937.55	2404070.75	16.05	Menunjukkan ada perubahan
	Skenario: <b>Area permukiman</b>	30	60	991.55	2520575.96	16.83	
	<b>Terjadi kenaikan hasil perhitungan</b>				<b>54.00</b>	<b>116505.21</b>	
3	Kondisi Riil	30	60	937.55	2404070.75	16.05	Menunjukkan ada perubahan
	Skenario: <b>Area Hutan</b>	30	60	791.47	2073921.98	13.85	
	<b>Terjadi penurunan hasil perhitungan</b>				<b>146.08</b>	<b>330148.77</b>	
4	Kondisi Riil	30	60	937.55	2404070.75	16.05	Menunjukkan ada perubahan
	Skenario: <b>Area Pertanian</b>	30	60	944.02	2419060.02	16.15	
	<b>Terjadi kenaikan hasil perhitungan</b>				<b>6.47</b>	<b>14989.27</b>	

Hasil perhitungan simulasi pada Tabel 3 di atas memberikan informasi yang cukup bermanfaat. Perbandingan hasil kalkulasi antara kondisi riil dan kondisi dengan menerapkan beberapa skenario perubahan lahan. Perbandingan hasil perhitungan menunjukkan tidak ada perubahan antara hasil perhitungan dengan kondisi riil dan hasil perhitungan model dengan tanpa

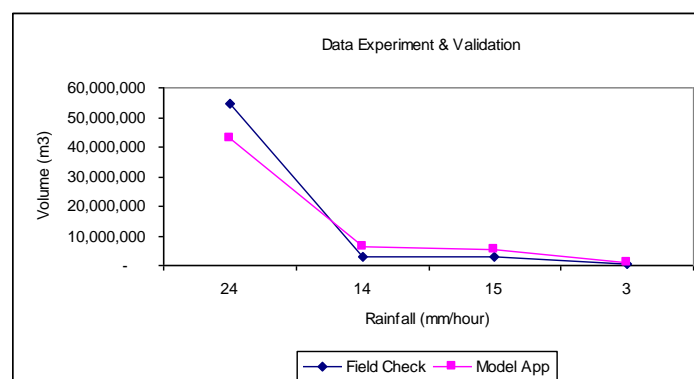
menerapkan skenario. Hasil perhitungan model dengan menerapkan beberapa skenario menunjukkan adanya beberapa perubahan. Simulasi pada pengembangan model spasial ini dilakukan pada Catchments Area Ciliwung Hulu, dengan rainfall intensity 30 mm/hr, dengan durasi 60 menit. Hasil simulasi menunjukkan terjadi perubahan dengan percobaan beberapa skenario. Ada kenaikan volume air ( $m^3$ ) dari hasil perhitungan simulasi pada percobaan perubahan kondisi area lahan dari kondisi riil menjadi area permukiman, yaitu sebesar 116.505,21  $m^3$ . Hal serupa juga terjadi perubahan hasil simulasi pada percobaan perubahan kondisi area lahan dari kondisi riil menjadi area pertanian, yaitu sebesar 14.989,27  $m^3$ . Kedua hasil perhitungan simulasi tersebut menunjukan adanya respon hidrologi sebagai akibat dari skenario perubahan lahan yang diterapkan pada model analisis spasial yang dilakukan pada penelitian ini. Terjadi perbedaan jumlah volume air yang cukup signifikan yang dihasilkan antara perubahan lahan area permukiman dan area pertanian. Berbeda halnya dengan skenario perubahan lahan dari kondisi riil menjadi area hutan. Hasil perhitungan simulasi menunjukkan adanya perubahan jumlah volume air ( $m^3$ ) yang dihasilkan dari skenario tersebut, yaitu sebesar 330.148,77  $m^3$ , artinya simulasi pada model spasial dengan menerapkan skenario perubahan dari kondisi area riil menjadi area hutan telah terjadi penyerapan air ke dalam tanah sebesar jumlah tersebut. Bagaimanapun juga, semua hasil perhitungan yang dihasilkan dari model analisis spasial ini tidak terlepas dan tetap mengacu pada *variable curve number* yang merupakan *variable* yang sangat menentukan dalam proses perhitungan hasil simulasi pada model analisis spasial ini.

Proses validasi menjadi bagian yang sangat penting untuk menjamin dan memastikan hasil yang diperoleh dari proses pengembangan model spasial analisis ini adalah hasil yang absah, yang cenderung mengarah kepada nilai riil yang ada di lokasi studi area. Tabel 4 dan Gambar 4 adalah merupakan penjelasan secara tabular dan visual terkait dengan proses validasi yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 4. Validasi

No	Rainfall (mm/hour)	Duration (minute)	Volume (m <sup>3</sup> )		Peak Runoff Rate (m <sup>3</sup> /s)	
			field check	model app.	field check	model app.
1	24	1,440	54,429,235	43,000,000	630.00	750.00
2	14	360	2,983,522	6,378,725	629.97	437.50
3	15	270	3,059,807	5,144,654	188.88	468.77
4	3	240	516,614	916,284	35.88	93.75

Source: Field survey and data measurement, Bendung Katulampa, Bogor West Java.



Gambar 4. Perbandingan hasil eksperimen dan model (rainfall, mm/hr vs. volume, m<sup>3</sup>)

Gambar 4 menunjukkan perbandingan kemiripan pola (trend) antara data lapangan yang dijadikan sebagai data eksperimen dan data perhitungan yang dihasilkan dari model analisis spasial pada penelitian ini. Lebih lanjut, Gambar 4 merupakan representasi korelasi antara intensitas curah hujan (mm/hr) dan volume air ( $m^3$ ). Grafik hasil perhitungan antara model analisis spasial dan

pengukuran lapangan menunjukkan adanya kecocokan antara keduanya dalam penelitian ini. Namun, bagaimanapun juga hasil perhitungan dari model analisis spasial ini masih menunjukkan nilai estimasi berada dibawah nilai hasil pengukuran lapangan. Untuk mengungkap penyebab adanya selisih antara nilai estimasi dengan nilai pengukuran lapangan masih sulit dilakukan. Penyebab tersebut bisa saja terjadi pada saat pengambilan data lapangan yang disebabkan oleh adanya human-error atau factor penyebab lainnya, seperti misalnya presisi dari alat ukur yang digunakan. Untuk melihat selisih nilai antara hasil perhitungan model dan pengukuran lapangan dapat menggunakan metode pendekatan seperti yang dilakukan oleh Denih et al [7]. Untuk lebih meningkatkan akurasi perhitungan dan mendekati hasil pengukuran lapangan, maka perlu dilakukan simple linear adjustment [8] sebagai upaya untuk meningkatkan akurasi hasil estimasi dari model analisis spasial yang dikembangkan dalam penelitian ini.

#### 4. Kesimpulan

Model analisis spasial ini adalah model yang menerapkan hubungan sebab dan akibat dari pemodelan wilayah DAS Ciliwung Hulu. Model ini dapat memprediksi respons hidrologi melalui simulasi dan membuat kesimpulan sebagai bahan penunjang untuk para pengambil keputusan, pertama setelah diidentifikasi dengan menggunakan model analisis spasial, penggunaan lahan yang dominan dari seluruh wilayah DAS Ciliwung sampai dengan saat penelitian ini dilakukan masih berupa hutan (5.083 ha) dengan cakupan 33,75% dari total seluruh luas area. Kedua, setiap area DAS yang berkontribusi mengalirkan air menuju outlet atau menuju sungai berikutnya dapat diidentifikasi dengan menggunakan perhitungan model spasial ini. Berapa besar jumlah volume air ( $m^3$ ) yang dikontribusikan oleh DAS menuju outlet berikutnya adalah menggambarkan kondisi fisik area DAS tersebut. Ketiga, output dari simulasi dengan skenario perubahan penggunaan lahan dalam model ini adalah merupakan respon hidrologi yang menjawab pertanyaan pada penelitian ini. Dengan menggunakan simulasi skenario perubahan penggunaan lahan, maka dapat diperkirakan nilai peak runoff rate dan volume air limpasan, serta volume air limpasan per hektar. Terakhir, penerapan simple linear adjustment pada penelitian berikutnya dapat menjadi bahan pertimbangan untuk meningkatkan akurasi hasil perhitungan model.

#### References

- [1] Wuryanta, Agus, and Pranatasari Dyah Susanti. 2015. ANALISIS SPASIAL TEKanan PENDUDUK TERHADAP LAHAN PERTANIAN DI SUB DAS KEDUANG , KABUPATEN WONOGIRI , (Spatial Analysis of Population Pressure on Agricultural Land in Keduang SubWatershed , Wonogiri District , Central Java). *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*.1(2): 149–62.
- [2] H. Abdulgani. 2015. Efektifitas Model Sistem Resapan Horizontal dengan Parit Infiltrasi dalam Mengurangi Limpasan Permukaan. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*. 1(1).
- [3] Mansyur U., Arif I. 2016. Pengembangan Kawasan JABODETABEKPUNJUR (JAKARTA-BOGOR-DEPOK-TANGERANG-BEKASI-PUNCAK-CIANJUR) Berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS). Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian - Universitas Pakuan.
- [4] R. Maria, H. Lestiana. 2004. Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Fungsi Konservasi Airtanah di Sub DAS Cikapundung. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. 24(2).
- [5] Suripin. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Andi Offset.
- [6] M. Aboelnour, M. W. Gitau, and B. A. Engel. 2019. Hydrologic response in an urban watershed as affected by climate and land-use change. *Water (Switzerland)*. 11(8): 1–23.
- [7] Denih A, Maeda A, Tasumi M, Shinohara Y, Takeshita S. 2018. Evaluation of GCOM-C ET Index Estimation Algorithm at a Lodgepole Pine Tree Open Forest in Idaho, USA. *J Rainwater Catchment Syst*. 24(1): 9–14.
- [8] Denih A, Tasumi M, Shinohara Y, Takeshita S. 2019. Application of Scintillometer for Evaluating the Performance of GCOM-C ET Index Estimation Algorithm at a Forest Site. *J Rainwater Catchment Syst*. 24(2): 27–32.