

## Prediksi Hidrograf Aliran Daerah Aliran Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan akibat Perubahan Tata Guna Lahan dan Curah Hujan

Julian Khoidir Mujibadi<sup>1,\*</sup>, Umboro Lasminto<sup>1</sup>

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [julianmujibadi@gmail.com](mailto:julianmujibadi@gmail.com)

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	03 Agustus 2020	<i>The purpose of this research is to provide an analysis of flow rates in the Rejoso watershed in Pasuruan Regency, the effect of changes in land use and rainfall using the HEC-HMS (Hydrology Engineering Center-Hydrologic Modeling System). The land cover used in this analysis consists of a map of Pasuruan district land cover in 2016 as well as land cover according to the Spatial Plan and the Regional Area of Pasuruan, published by the Regional Development Planning Board of Pasuruan Regency. Future rainfall is projected using the CSIRO model with the RCP 4.5 scenario downscalled using the bias correction method. The results of HEC-HMS modeling, runoff at land cover according to the 2009-2029 RTRW with projected rainfall in 2029 tends to be greater than the land cover in 2016. An increase in rainfall by an average of 17% results in an average runoff increase of 4.27% for land cover in 2029. From the results of modeling scenario 2 and scenario 3 the results show that changes in rainfall are more influential than changes in land use on the Rejoso watershed hydrograph.</i>
Diperbaiki	12 Agustus 2020	
Disetujui	20 Agustus 2020	

Keywords: climate change, flow rate, HEC-HMS, CSIRO.

Tujuan dari penelitian ini untuk memberikan analisa debit aliran pada DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan pengaruh perubahan tata guna lahan dan curah hujan menggunakan HEC-HMS (Hydrology Engineering Center-Hydrologic Modeling System). Penutupan lahan yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari peta penutupan lahan kabupaten pasuruan tahun 2016 serta penutupan lahan sesuai Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan yang diterbitkan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Pasuruan. Curah hujan masa depan diproyeksi dengan menggunakan model CSIRO dengan skenario RCP 4.5 yang di *downscaling* menggunakan metode bias *correction*. Hasil pemodelan HEC-HMS, limpasan pada penutupan lahan sesuai RTRW 2009-2029 dengan curah hujan proyeksi tahun 2029 cenderung lebih besar daripada penutupan lahan tahun 2016. Kenaikan curah hujan dengan rata-rata 17% mengakibatkan peningkatan limpasan rata-rata sebesar 4,27% pada penutupan lahan tahun 2029. Dari hasil pemodelan skenario 2 dan skenario 3 didapatkan hasil bahwa perubahan curah hujan lebih berpengaruh dibandingkan perubahan tata guna lahan terhadap hidrograf aliran DAS Rejoso.

Kata kunci: perubahan iklim, debit aliran, HEC-HMS, CSIRO.

### 1. Pendahuluan

DAS merupakan sumber pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat, sehingga keseimbangan air dalam DAS menjadi unsur penting untuk melihat keberlanjutan sumberdaya air. Tanpa adanya pengelolaan DAS yang baik maka akan berimbas pada terganggunya keseimbangan sumber daya air. Perubahan penutupan lahan dan iklim merupakan dua faktor penting dalam menentukan keseimbangan air pada masa yang akan datang [1].

Perkembangan wilayah yang diikuti peningkatan populasi penduduk mengakibatkan peningkatan kebutuhan air. Perubahan iklim global menjadi isu kunci pengelolaan air di seluruh dunia [2]. Diperkirakan curah hujan secara keseluruhan akan mengalami peningkatan pada bulan basah, sedangkan pada musim kemarau akan terjadi lebih kering [3].

Berkurangnya area hutan dan agroforestri dan meningkatnya area hortikultura, persawahan, kayu putih tebu dan

tanaman semusim di DAS Rejoso tahun 1990-2015 menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan penurunan aliran dasar dan aliran bawah permukaan pada tingkat DAS maupun sub-DAS [4].

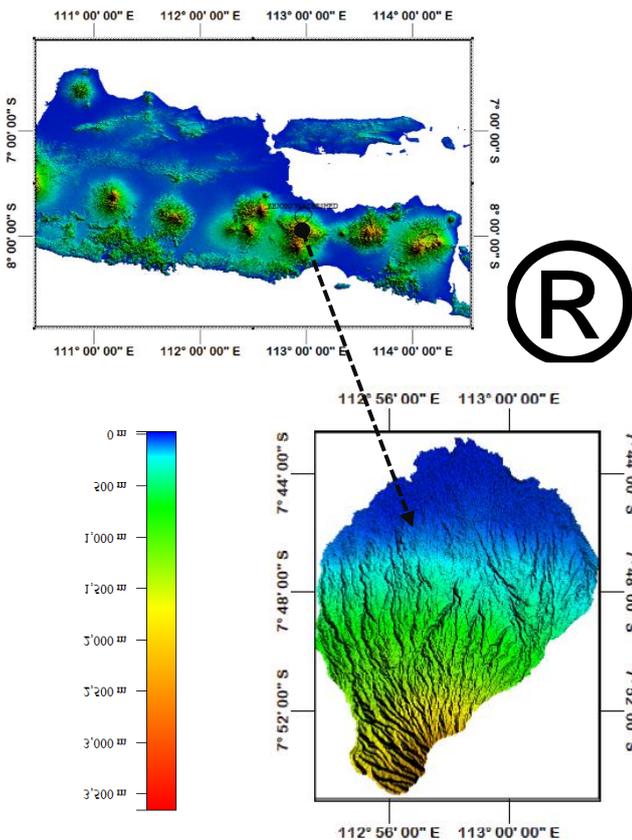
Berbagai perubahan yang terjadi di DAS tersebut, baik tutupan lahan (land cover) maupun iklim, akan mempengaruhi perilaku debit pada pola musiman maupun tahunan [5]. Perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap total debit tahunan, sedangkan variasi pola musiman dipengaruhi oleh perubahan variasi iklim [6].

Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis respon hidrograf aliran DAS terhadap perubahan iklim dan tata guna lahan. Perubahan iklim dan tata guna lahan dapat mempengaruhi curah hujan, limpasan serta frekuensi banjir [7].

### 2. Lokasi

#### 2.1 Lokasi

Secara administrasi lokasi penelitian terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso Kabupaten Pasuruan, meliputi beberapa Kecamatan, yaitu Kecamatan Rejoso, Grati, Winongan, Lumbang, Puspo, dan Umbulan. Secara Geografis DAS Rejoso terletak pada 112° 33' 55" hingga 113°30'37" Bujur Timur dan antara 7° 32' 34" hingga 8° 30' 20" Lintang Selatan. Lokasi DAS Rejoso dapat dilihat pada **Gambar 1**. DAS Rejoso memiliki 3 stasiun hujan, yaitu Winongan, Panditan dan Umbulan serta data AWLR yang berada di kecamatan Winongan.



**Gambar 1.** Lokasi Daerah Aliran Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan.  
Sumber : USGS SRTM 30m Tahun 2011

**3. Metode**

**3.1 Analisa Parameter**

Untuk melakukan simulasi HEC-HMS pada penelitian ini menggunakan metode SCS karena kelebihan metode SCS yaitu sederhana, terukur dan stabil [8]. Parameter yang dibutuhkan dalam metode SCS yaitu *Initial abstraction*, *curve number (CN)* serta *impervious*. *Soil Conservation Service (SCS)* mengembangkan indeks yang menunjukkan besarnya *run off* yang dikenal dengan *curve number (CN)*. *Curve number* tersebut dalam menduga besarnya *run off* memperhitungkan beberapa faktor diantaranya penutupan lahan,

perlakuan terhadap tanah, keadaan air tanah sebelumnya, serta kondisi hidrologi. Faktor-faktor tersebut berpengaruh secara bersamaan, ketika salah satu diubah maka akan merubah nilai CN yang berimbas pula pada volume limpasan. Oleh karena itu perubahan penutupan lahan dapat mengakibatkan perubahan limpasan DAS [9]. Untuk menghitung Nilai CN rerata dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$CN_{composite} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

CN *composite* : CN (nilai penggunaan lahan) komposit dan  
A : luas daerah sub DAS.

Nilai *Initial Abstraction* sangat variabel tetapi biasanya dihubungkan dengan lahan dan parameter tertutup. Dari beberapa hasil analisis dari pengujian daerah aliran sungai, SCS menghasilkan rumus empiris hubungan antara *Ia* dan S [9]. Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN (*Curve Number*) adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{1000 - 10 CN}{CN} \text{ (english unit)} \dots\dots\dots(2)$$

$$S = \frac{25400 - 254 CN}{CN} \text{ (SI)} \dots\dots\dots(3)$$

Hidrograf SCS dapat digunakan dengan mudah, parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu *lag* yaitu tenggang waktu (*lag time*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air. Tenggang waktu (*lag time*) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut [10]:

$$Tc = \frac{L^{0,8} \left( \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) + 10 \right)^{0,7}}{1900 y^{0,5}} \dots\dots\dots(4)$$

$$Tlag = 0,6 \times tc \dots\dots\dots(5)$$

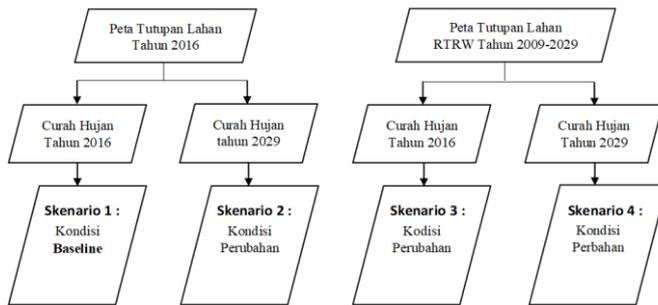
dengan:

- L : panjang sungai utama
- CN : *Curve Number*
- y : kemiringan lereng (%)
- t<sub>lag</sub> : tenggang waktu (jam)
- t<sub>c</sub> : waktu konsentrasi

**3.2 Permodelan HEC-HMS**

Dalam penelitian ini terdapat tiga skenario perubahan yaitu perubahan curah hujan, perubahan penutupan lahan, dan perubahan penutupan lahan dan curah hujan. Ketiga perubahan tersebut akan dianalisis perubahan limpasan terhadap baseline menggunakan HEC-HMS (*Hydrology*

Engineering Center-Hydrologic Modeling System). Diagram yang menjelaskan ketiga skenario perubahan yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam **Gambar 2**.

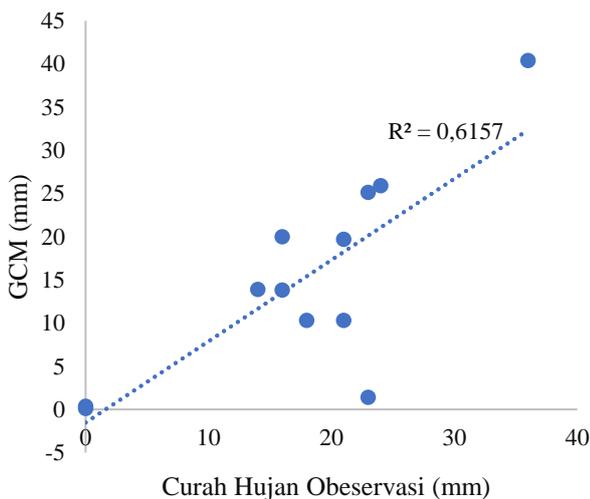


**Gambar 2.** Flowchart Skenario Perubahan.

**4. Hasil dan Pembahasan**

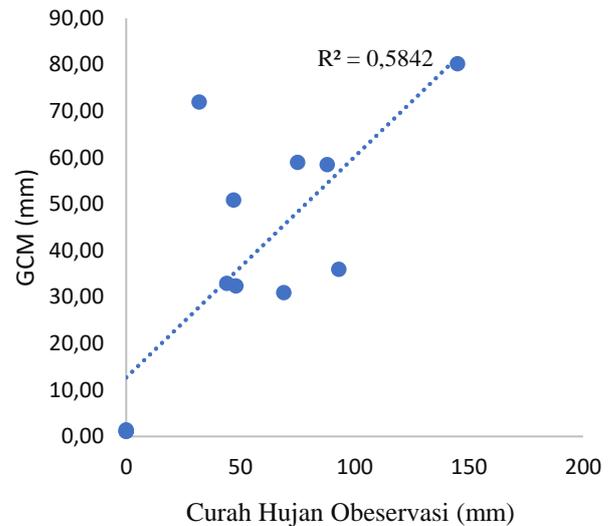
**3.1 Analisa Curah Hujan**

Analisa data curah hujan di sajikan pada **Gambar 3-5**. Dari **Gambar 3** didapatkan nilai keandalan *R square* untuk stasiun hujan Umbulan/Sidepan adalah sebesar 0.61, untuk stasiun hujan Panditan adalah sebesar 0.58 pada **Gambar 4**, dan untuk stasiun hujan Winongan adalah sebesar 0.58 pada **Gambar 5**. Secara statistik nilai keandalan *R square* hasil *GCM bias correction* menunjukkan hasil kesesuaian yang cukup baik terhadap observasi. Hasil nilai keandalan *R square* antara model dan observasi menunjukkan bahwa proyeksi model dapat digunakan untuk memproyeksikan curah hujan masa depan di wilayah kajian. nilai keandalan *R square* cukup bagus jika mendekati nilai 1.



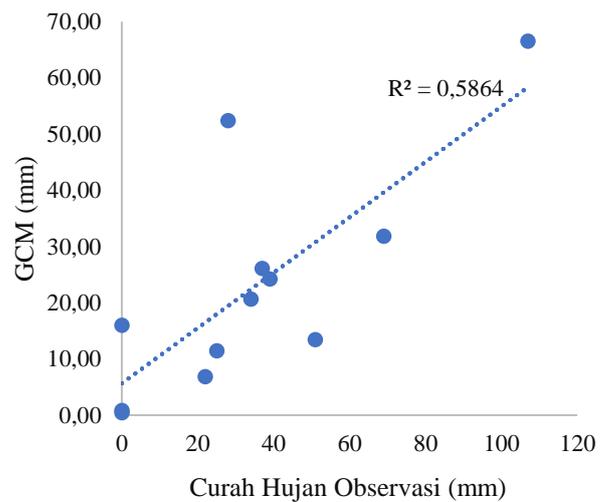
**Gambar 3.** Nilai *R square* antara output model Bias Correction dan observasi pada stasiun hujan Umbulan-Sidepan.

Sumber : Hasil Analisa



**Gambar 4.** Nilai *R square* antara output model *Bias Correction* dan observasi pada stasiun hujan Panditan.

Sumber : Hasil Analisa



**Gambar 5.** Nilai *R square* antara output model *Bias Correction* dan observasi Pada Stasiun Hujan Winongan.

Sumber : Hasil Analisa

Dari **Tabel 1** dapat disimpulkan bahwa perubahan curah hujan paling tinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 168% (153,62mm menjadi 411,83mm). Perubahan curah hujan paling rendah terjadi pada bulan Maret yaitu sebesar 3% (255,68mm menjadi 248,73mm).

**Tabel 1.** Peningkatan Curah Hujan

Bulan	Curah Hujan		Perubahan (mm)	Prosentase
	CSIRO 2016	CSIRO 2029		
Januari	255.84	456.39	+200.54	+78%
Februari	153.62	411.83	+258.21	+168%
Maret	255.68	248.73	-6.95	-3%
April	25.87	63.19	+37.32	+144%
Mei	168.75	62.89	-105.86	-63%
Juni	110.61	37.28	-73.33	-66%
Juli	7.97	14.03	+6.06	+76%
Agustus	22.51	0.10	-22.41	-100%
September	11.04	4.41	-6.63	-60%
Oktober	54.52	44.38	-10.14	-19%
November	54.98	86.43	+31.44	+57%
Desember	271.11	239.44	-31.67	-12%

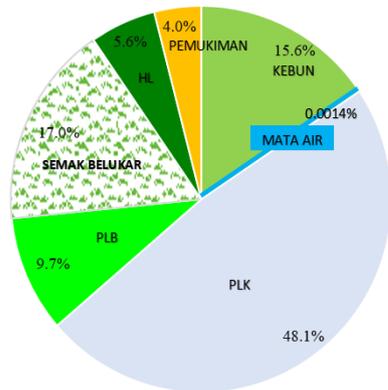
Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Perubahan Lahan Pada DAS Rejoso.

Tata Guna Lahan	Luas (Km <sup>2</sup> )		Perubahan	
	2016	2029	Luas (Km <sup>2</sup> )	Prosentase (%)
Sumber Mata Air	0.00328	0.073	+0.07	+0.03%
Perkebunan	37.03	20.93	-16.10	-6.77%
Pertanian Lahan Kering (PLK)	114.34	44.80	-69.54	-29.25%
Pertanian Lahan Basah (PLB)	23.17	18.95	-4.22	-1.77%
Semak Belukar	40.41	0.01	-40.40	-16.99%
Hutan Lindung (HL)	13.30	54.07	+40.78	+17.15%
Permukiman	9.47	23.39	+13.92	+5.86%
Industri	-	0.13	+0.13	+0.05%
Hutan Produksi (HPr)	-	75.36	+75.36	+31.70%
<b>Total</b>	<b>237.72</b>	<b>237.72</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

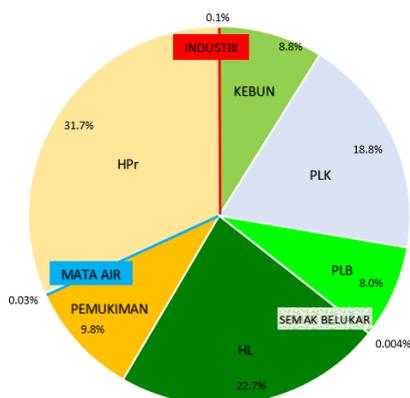
Sumber : Analisa Perhitungan, Keterangan : (-) = Berkurang, (+) = Bertambah.

3.2 Analisa Perubahan Tata Guna Lahan



**Gambar 6.** Grafik Prosentase Penggunaan Lahan Pada DAS Rejoso Tahun 2016.

Sumber : Hasil Analisa

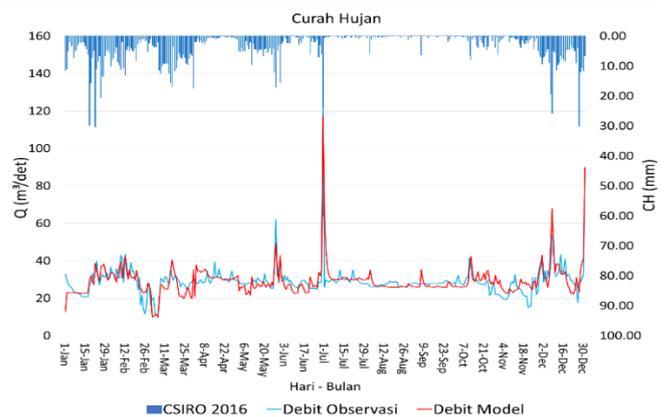


**Gambar 7.** Grafik Prosentase Penggunaan Lahan sesuai RTRW Kabupaten Pasuruan Tahun 2009-2029

Sumber : Hasil Analisa

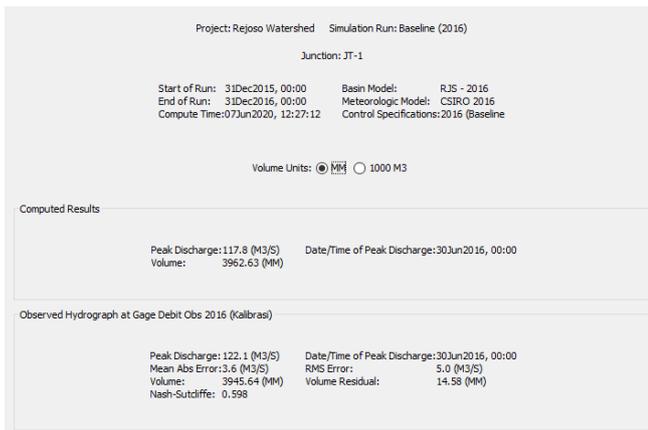
Dari **Tabel 2** diatas menunjukkan bahwa kondisi tata guna lahan DAS Rejoso dari tahun 2016 hingga 2029 (Sesuai RTRW) mengalami perubahan. Perubahan tersebut meliputi Kawasan Danau/sumber mata air bertambah 0.03%, Kawasan Perkebunan berkurang 6.77%, Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering berkurang 29.25%, Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah Berkurang 1.77%, Semak Belukar 16.99%, Kawasan Peruntukan Hutan Lindung bertambah 17.15%, Kawasan Peruntukan Permukiman 5.86%, Kawasan Peruntukan Industri bertambah 0.05%, Kawasan Peruntukan Hutan Produksi 31.70%. Dari perubahan tersebut terjadi alih fungsi lahan yang signifikan terjadi pada luas Semak Belukar diperkirakan menjadi Kawasan Hutan Produksi.

3.3 Analisa Perubahan Debit Aliran



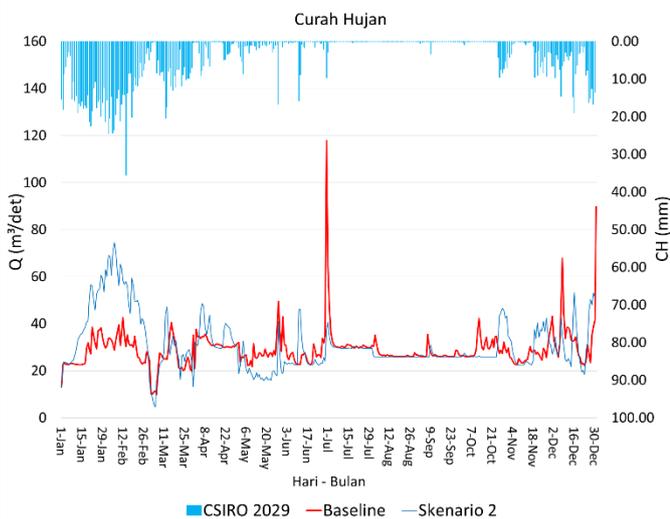
**Gambar 8.** Grafik Perbandingan antara Debit Observasi dan Debit Model

Sumber : Hasil Analisa



**Gambar 9.** Rekapitulasi Hasil Pemodelan Aliran DAS Rejoso pada kondisi *Baseline*

Hasil simulasi berdasarkan **Gambar 9** menunjukkan bahwa hidrograf debit simulasi lebih kecil dibandingkan hidrograf debit observasi. Debit puncak pada debit simulasi terjadi pada 30 Juni 2016 sebesar 117.3 m<sup>3</sup>/s dengan volume debit sebesar 3945,64 (mm). Sedangkan debit puncak pada hidrograf debit observasi terjadi pada jam 30 juni 2016 sebesar 122,1 m<sup>3</sup>/s dengan volume debit 3962,63 (mm). Nilai Nash hasil pemodelan memiliki nilai 0,598 (Syarat nilai Nash > 0,5). Dari hasil tersebut model dalam penelitian ini menunjukkan tingkat kesesuaian yang cukup baik antara debit terukur dan debit yang termodelkan.

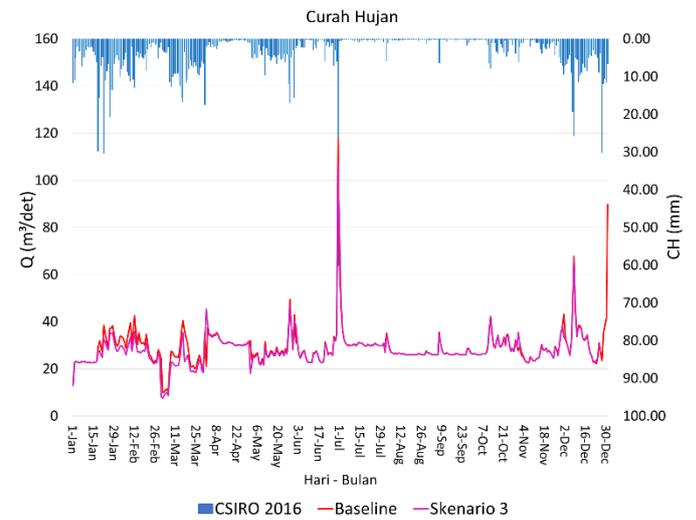


**Gambar 10.** Grafik Perbandingan antara Hidrograf Awal dengan Skenario Perubahan 2.

Sumber : Hasil Analisa

Hasil simulasi berdasarkan **Gambar 10** menunjukkan bahwa debit puncak yang terjadi pada hidrograf aliran akibat perubahan curah hujan dimasa depan sebesar 74,5 m<sup>3</sup>/dt

dengan volume 4213,72 (mm). Peningkatan volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline sebesar +268,08 (mm). **Gambar 10** juga menunjukkan bahwa dampak dari perubahan curah hujan dimasa depan sangat berpengaruh terhadap debit aliran DAS Rejoso. Model pada skenario perubahan curah hujan menunjukkan peningkatan limpasan paling tinggi terjadi pada bulan Februari karena terjadi peningkatan curah hujan paling tinggi. Bulan Mei mengalami penurunan limpasan karena curah hujan proyeksi lebih rendah dari curah hujan baseline. Peningkatan curah hujan diiringi dengan peningkatan limpasan di DAS Rejoso.



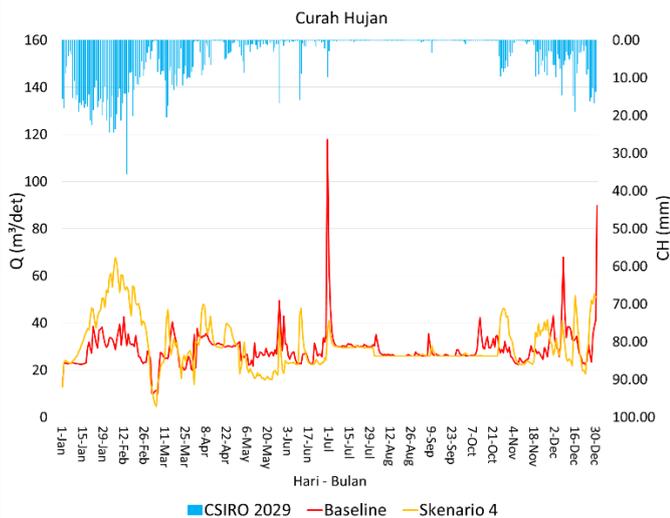
**Gambar 11.** Grafik perbandingan antara hidrograf awal dengan skenario perubahan 2.

Sumber : Hasil Analisa

Hasil simulasi berdasarkan **Gambar 11** menunjukkan bahwa debit puncak yang terjadi pada hidrograf aliran akibat perubahan penggunaan lahan sesuai RTRW 2029 sebesar 107,0 m<sup>3</sup>/dt dengan volume 3851,83 (mm). Perubahan volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline sebesar 98,31 (mm). **Gambar 11** Model pada skenario perubahan lahan menunjukkan peningkatan limpasan bulan Oktober lebih tinggi karena memiliki curah hujan yang tergolong tinggi. Rata-rata pada bulan lainnya mengalami penurunan limpasan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tingkat curah hujan tertentu penutupan lahan RTRW dapat mengalami penurunan volume limpasan, apabila curah hujan tinggi maka limpasan mengalami peningkatan.

Hasil simulasi berdasarkan **Gambar 12** menunjukkan bahwa debit puncak yang terjadi pada hidrograf aliran akibat perubahan curah hujan dimasa depan sebesar 67,7 m<sup>3</sup>/dt dengan volume 4111,15 (mm). Peningkatan volume debit yang terjadi terhadap kondisi baseline sebesar +165,51 (mm).

**Gambar 12** juga menunjukkan bahwa dampak dari perubahan penggunaan lahan dimasa depan berpegaruh terhadap debit aliran DAS Rejoso. Apabila kondisi hidrologi DAS Rejoso masih tetap sama, maka apabila terjadi peningkatan volume curah hujan pada masa yang akan datang maka respon hidrologi yang terjadi yaitu peningkatan volume limpasan. Peningkatan debit puncak dan volume aliran dapat meningkatkan risiko banjir di wilayah hilir [11].



**Gambar 12.** Grafik Perbandingan Antara Hidrograf Awal Dengan Skenario Perubahan 4.

Sumber : Hasil Analisa

## 5. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi tata guna lahan tahun 2016 (**Skenario 1**) adalah sebesar  $117,8 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada tanggal 30 Juni 2016.
2. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi perubahan curah hujan (**Skenario 2**) adalah sebesar  $74,5 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada tanggal 06 Feb 2029.
3. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi perubahan tata guna lahan tahun 2029 (**Skenario 3**) adalah sebesar  $107 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada tanggal 01 Juli 2016.
4. Debit puncak (*peak discharge*) yang terjadi pada kondisi perubahan tata guna lahan dan curah hujan tahun 2029 (**Skenario 4**) adalah sebesar  $67,7 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada tanggal 06 Feb 2029.
5. Perubahan curah hujan secara keseluruhan berpengaruh terhadap hidrograf aliran pada DAS Rejoso terutama pada bulan Januari sampai Februari. Perubahan curah hujan paling tinggi terjadi pada bulan Februari sebesar

168% ( $153,62\text{mm}$  menjadi  $411,83\text{mm}$ ). Perubahan curah hujan paling rendah terjadi pada bulan maret yaitu sebesar 3% ( $255,68\text{mm}$  menjadi  $248,73\text{mm}$ ).

6. Parameter *CN* dan *Imperviousness* berpengaruh terhadap hidrograf aliran pada tiap Sub DAS, Penutupan lahan tahun 2016 memiliki *imperviousness* lebih kecil dari pada penutupan lahan sesuai RTRW 2009-2029.
7. Penutupan lahan tahun 2016 memiliki bilangan kurva yang lebih kecil dibandingkan penutupan lahan RTRW 2009-2029. Penutupan lahan yang memiliki bilangan kurva lebih besar memiliki laju infiltrasi yang rendah dan cepat mencapai titik jenuh.

## Daftar Pustaka

- [1] Kundu S, Khare D, Mondal A. 2017, "Individual and combined impacts of future climate and landuse changes on water balance," *Journal Ecological Engineering*. No. 105 p 42-57.
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis.
- [3] Aldrian E dan Djamil YS, "Spatio-temporal climatic change of rainfall in east Java Indonesia," *Internasional Journal Climatology*, vol 28, no.1, p 435-448. 2008
- [4] Tanika L, Khasanah N, Leimona B, "Simulasi dampak perubahan tutupan lahan terhadap neraca air di DAS dan Sub-DAS Rejoso menggunakan model GenRiver," *Report. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program*. 2008
- [5] Wahyu A, Kuntoro AA, Yamashita T, "Annual and Seasonal Discharge Response to Forest/Land Cover Changes and Climate Variations in Kapuan River Basin, Indonesia," *Journal of International Development and Cooperation*, vol 16, no. 2, p 81-100. 2010
- [6] Ma X, Xu J, Luo Y, Aggarwal SP, Li J, "Response of hydrological processes to land-cover and climate changes in Kejie Watershed, South-west China," *Hydrol. Process*. Vol 23 no .8 p 1179-1191. 2009
- [7] Zhang A., Zhang C, Fu G, Wang B, Bao Z, Zheng H., "Assessments of impacts of climate change and human activities on runoff with SWAT for the Huifa River Basin, Northeast China," *J. Water Resource Manage.* vol 26 p 2199–2217. 2012
- [8] US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2000. HEC-HMS Hydrologic

Modeling System:Technical Reference Manual.  
[http://www.hec.usace.army.mil/software/software\\_distrib/hechms/hechmsprogram.html/hms\\_technicalreference\\_manual.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/hechms/hechmsprogram.html/hms_technicalreference_manual.pdf).

- [9] US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2001. HEC-HMS Hydrologic Modeling System: User's Manual, Version 3.0.1.[http://www.hec.usace.army.mil/software/software\\_distrib/hec-hms/hechmsprogram.html/HEC-HMS\\_Users\\_Manual\\_3.0.1.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/hec-hms/hechmsprogram.html/HEC-HMS_Users_Manual_3.0.1.pdf).
- 10] Wanielista, M., R. Kersten, and R. Eaglin. (1997). Hydrology (Water Quantity and Quality Control). Toronto: John Wiley & Sons, Inc
- [11] Saghafian B, Farazjoo, Hassan, Bozorgy, Babak, Yazdandoost, Farhad, "Flood intensification due to changes in land use," *Water Resource Management*. vol 22 p 2051-1067. 2008

