

POTENSI KETERSEDIAAN AIR DAS LOGAWA DENGAN MEMPERHITUNGGAN PERUBAHAN IKLIM

Aldha Ian Mahendra¹, Suroso², Purwanto Bekt Santoso³

e-mail: aldha.mahendra@mhs.unsoed.ac.id¹, surosotsipil@unsoed.ac.id²,
purwanto1409@unsoed.ac.id³

^{1,2,3}Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Jenderal Soedirman University,
Purwokerto

Abstract

Water is one of the non-biological natural resources which can be renewed through the hydrological cycle. As the human population increases and the phenomenon of climate change, the availability of water tends to decrease both in terms of space, time, quality and quantity resulting in an imbalance between demand and availability. In addition to the increase in human population, climate change and the distribution of rain that is not always evenly distributed, the availability of groundwater is always different at any given time and place. The Logawa sub-watershed is one of the most influential watersheds in Banyumas Regency. Therefore, an analysis is needed regarding the impact of changes in rainfall on the condition of water availability in this watershed. One of the analyzes that can be done is to use the HEC-HMS software and a scenario-neutral approach. The aims of this study were (i) to know the parameters of the Logawa watershed using the HEC-HMS model; (ii) Applying the HEC-HMS software to determine water availability in the Logawa watershed; (iii) Knowing the HEC-HMS model calibration process); and (iv) know how to calculate climate change using a scenario-neutral approach. The research method used is quantitative using secondary data. The data used are watershed geospatial data and watershed biogeophysical characteristics data. The HEC-HMS simulation method used is the User Hyetograph Model, Soil Moisture Accounting, Clark's Unit Hydrograph, Recession Baseflow. The results are (i) a hydrological model with a PBIAS value of -2.474% and an NSE of 0.153 is obtained; (ii) results of 130 rainfall scenarios; and (iii) reliable debit from the GPCC satellite rain data input and scenario-neutral approach rainfall data.

Keywords: Water, Water Availability, Logawa Subwatershed, Climate Change, Scenario-Neutral, HEC-HMS

INTRODUCTION

Air adalah salah satu sumber daya alam non hayati yang sifatnya dapat diperbaharui dengan melalui siklus hidrologi. Seiring meningkatnya populasi manusia dan fenomena perubahan iklim, ketersediaan air cenderung menurun baik dari segi ruang, waktu, kualitas dan kuantitas sehingga terjadi ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediannya. Selain faktor peningkatan populasi manusia, perubahan iklim dan sebaran hujan yang tidak selalu merata menyebabkan ketersediaan air tanah selalu berbeda pada setiap ruang dan waktu tertentu.

Karakteristik DAS dan intensitas curah hujan merupakan faktor yang mempengaruhi ketersediaan air pada suatu DAS tertentu. Konsepnya adalah seberapa besar DAS mampu menampung aliran hujan hingga dapat segera dialirkan atau diresapkan menjadi air tanah dengan konsep hidrologi. Ketersediaan air adalah bagian dari fenomena alam yang sulit untuk dikalibrasi dan diprediksi secara akurat karena ketersediaan air mengandung komponen variabilitas ruang (*spatial variability*) dan variabilitas waktu (*temporal variability*) yang sangat tinggi (Sari, Limantara and Priyantoro, 2012). Kasus yang sering terjadi di Indonesia yang beriklim tropis adalah ketersediaan air yang cenderung meningkat pada musim hujan akan menyebabkan banjir jika tidak terserap dengan baik oleh DAS yang berfungsi sebagai drainase, sedangkan pada musim kemarau kekeringan melanda beberapa daerah di Indonesia.



DAS Logawa adalah anak sungai dari DAS Serayu. Secara administrasi pemerintah, DAS Logawa berada di wilayah Kabupaten Banyumas, meliputi kecamatan Kedungbanteng, Karang welas, dan Patirasa. Secara geografis DAS Logawa aliran airnya berasal dari utara (puncak gunung Slamet) menuju ke selatan (bermuara di sungai Serayu) dengan beberapa anak sungai seperti Kali Banjaran, Kal Mengaji, Kali Pelus. Lebar sungai utama berkisar antara 1 sampai 20 meter (UPN Yogyakarta, 2002)

Pada daerah sekitar DAS – DAS di Indonesia sering sekali terjadi fenomena kekurangan air pada musim kemarau, sedangkan pada musim penghujan sering terjadi kelebihan air. Menurut Suroso, 2006 dalam penelitian ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai Logawa menyimpulkan bahwa sering terjadi fenomena berkurangnya ketersediaan air terutama pada musim kemarau dan terjadi kenaikan debit sungai pada musim penghujan. Hal ini disebabkan oleh maraknya perubahan tataguna lahan di sekitar DAS Logawa yang semula menjadi kawasan resapan menjadi kawasan terbangun. Akibatnya sebagian air hujan yang jatuh hanya mengalir di permukaan tanah, dan sangat sedikit yang meresap ke dalam tanah yang menyebabkan sangat minimnya cadangan air tanah untuk persediaan pada musim kemarau. Selain itu, perubahan iklim berpengaruh pada kondisi ketersediaan air suatu wilayah karena dapat menyebabkan pergeseran musim dan juga dapat berpengaruh pada intensitas curah hujan pada suatu wilayah sehingga ketersediaan airnya akan sulit diprediksi. Berdasarkan peristiwa diatas, hal tersebut mendorong perlu adanya penelitian Analisis Ketersediaan Air dengan memperhitungkan kondisi perubahan iklim pada daerah aliran aliran sungai Logawa.

Kegiatan penelitian tentang sumberdaya air akan selalu berkaitan dengan analisis hidrologi. Analisis hidrologi adalah langkah pertama yang umum dilakukan dalam menentukan potensi ketersediaan air di suatu daerah aliran sungai (DAS). Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan model hidrologi berupa curah hujan-aliran yang dapat digunakan untuk menyimulasikan aliran sungai berdasarkan input data curah hujan dan data parameter DAS. Salah satu cara untuk memprediksi dan menghitung model hujan aliran dengan menggunakan software HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) dengan cara menyimulasikan debit aliran sungai berdasarkan data hujan dan parameter DAS dalam lokasi penelitian.

Salah satu cara untuk menghitung perubahan iklim adalah menggunakan pendekatan *scenario-neutral*. Pendekatan *scenario-neutral* memperlakukan sistem sebagai fokus evaluasi yang secara khusus menekankan pada pengukuran sensitivitas sistem terhadap iklim dan mengidentifikasi ambang batas kinerja terkait dan/atau batas keputusan (Brown & Wilby, 2012).

HEC-HMS adalah salah satu bukti nyata bahwa teknologi telah berkembang secara pesat terutama didunia teknik sipil dalam bidang hidrologi. HEC-HMS adalah salah satu *software* yang diciptakan dan dikembangkan US Army Corps of Engineers dalam bentuk hidrologi numerik. Metode hujan aliran dapat digunakan sebagai alat pertimbangan debit sungai dengan parameter DAS dan data hujan pada lokasi penelitian. Simulasi pada software HEC-HMS dapat digunakan sebagai pembanding data lapangan karena terdapat fitur kalibrasi (Di dkk. 2020). Selain fitur kalibrasi terdapat juga simulasi model distribusi, model menerus dan kemampuan membaca data GIS.

Oleh karena itu, perlu dilakukan. Dengan menerapkan pendekatan *scenario-neutral* ke dalam model hidrologi HEC-HMS ini dapat diketahui bulan apa saja yang sensitif terhadap terjadinya perubahan curah hujan sebagai salah satu bentuk perubahan iklim.

Dari penjabaran di atas, maka didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

- Untuk mengetahui parameter DAS Logawa dengan menggunakan model HEC-HMS.
- Mengaplikasikan model tersebut untuk menentukan ketersediaan air di DAS Logawa.
- Untuk melakukan skenario perubahan iklim berupa curah hujan menggunakan pendekatan *scenario-neutral*; serta
- Mengetahui proses kalibrasi model HEC-HMS.
- Mengetahui ketersediaan air DAS Logawa.

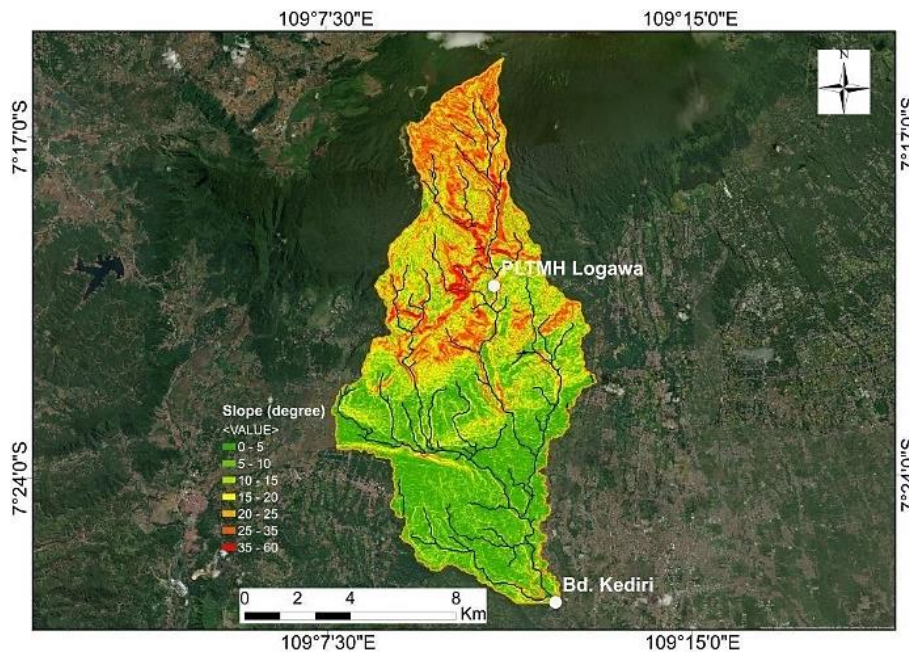
RESEARCH METHODOLOGY

Research Location

Lokasi yang dipilih untuk pelaksanaan penelitian ini adalah Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman, yang beralamat di Jln. Raya Mayjend Sungkono KM 05, Desa Blater, Kecamatan Kalimanah, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah, kode pos 53371.

Research Object

Objek pada penelitian ini adalah Sub DAS Logawa. Sub DAS Logawa berlokasi di Kabupaten Banyumas. Berdasarkan letak astronomisnya, daerah aliran sungai Logawa berada di antara $109^{\circ}07'58.1''$ – $109^{\circ}13'23.52''$ bujur timur dan $7^{\circ}15'25''$ – $7^{\circ}27'08.53''$ lintang selatan. Aliran DAS ini mengalir dari hulu pada Curug Gomblang Wetan dan Gomblang Kulon, serta hilir pada Sungai Serayu. Batas hidrologi dari DAS Logawa pada sebelah utara adalah Igir Gunung Slamet, sebelah selatan adalah Sungai Serayu, sebelah timur adalah DAS Banjaran, dan sebelah barat adalah DAS Tajum. Gambar 1 berikut merupakan peta Sub DAS Logawa dengan tinjauan kemiringan lahan.



Gambar 2. Peta Sub DAS Logawa

Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Watershed Geospatial Data

Data geospasial yang digunakan meliputi data raster DEM (*Digital Elevation Model*) yang diperoleh dari situs DEMNAS (format .TIFF), data sungai di Kabupaten Banyumas (format .shp), serta data batas-batas administrasi wilayah Kabupaten Banyumas (format .shp).

Watershed Biogeophysics Characteristic Data

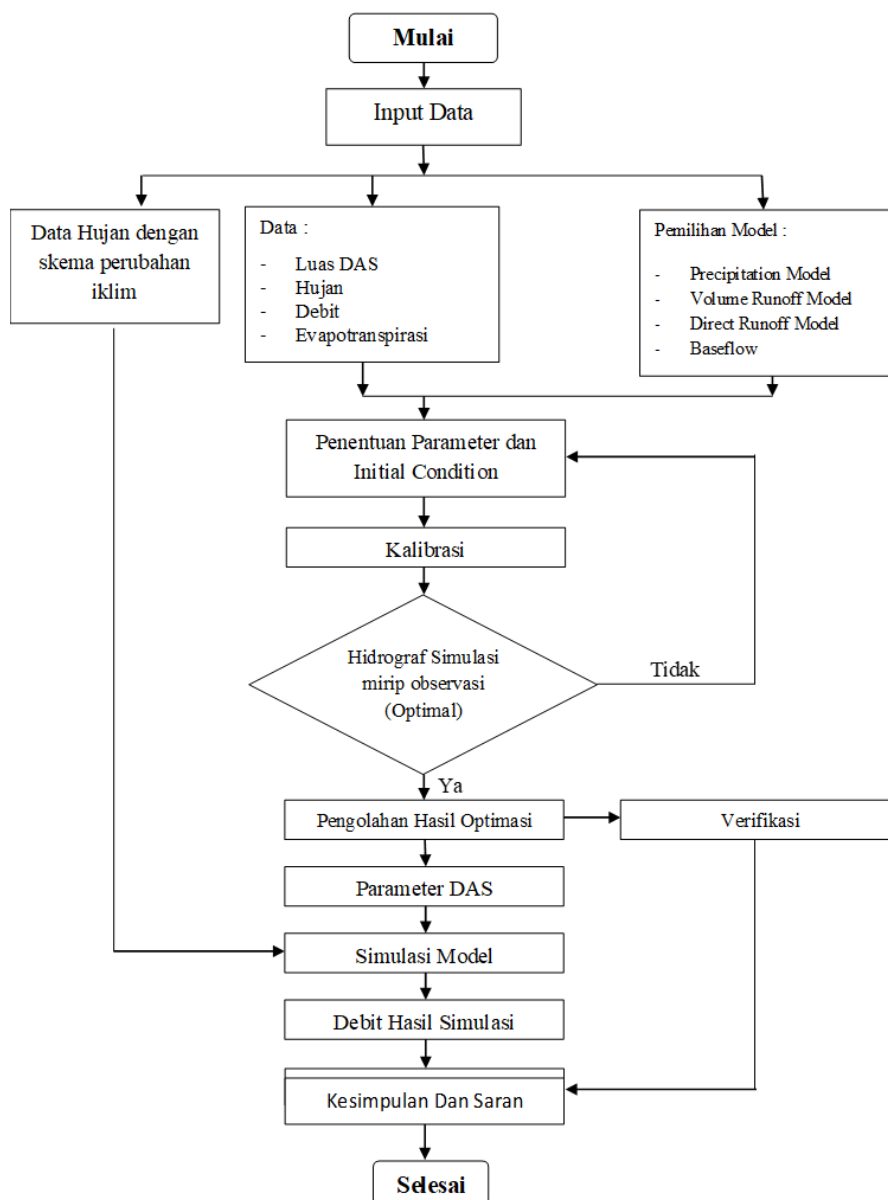
Data *Initial Condition* Sub DAS Logawa (subbasin data) meliputi; *initial storage*, *storage capacity*, *time of concentration*, *storage coefficient*, *initial Q (initial baseflow)*, *recession constant (recession factor)*, *threshold Q (ratio)*, *number of subreaches (number of steps)*.

Data curah hujan observasi harian serta data debit observasi harian, yang didapatkan dari Balai PSDA Dinas Pekerjaan Umum Kab. Banyumas;

Data curah hujan penginderaan jarak jauh/ satelit GPCC (*Global Precipitation Climate Centre*) dengan lingkup *grid* Sub DAS Logawa. Data ini berguna untuk masukan (*input*) pada program RStudio untuk dibuat data bangkitan sintetis berupa skenario perubahan iklim dengan pendekatan *scenario neutral*.

Research Flow Chart

Berdasarkan tahapan penelitian di atas, maka dapat disusun bagan alir penelitian sebagai berikut.

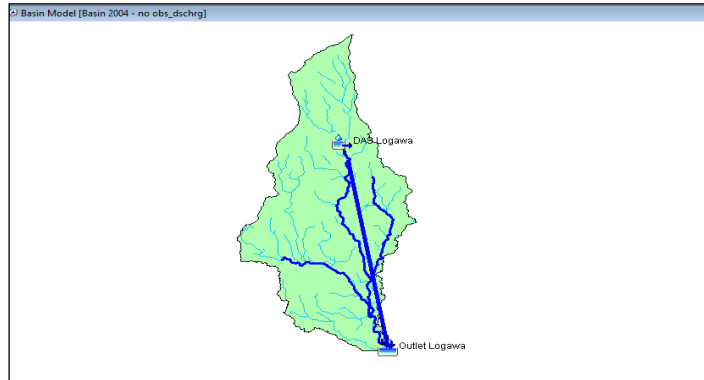


Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

RESULT AND DISCUSSION

Prosedur Kalibrasi

Untuk tahapan awal pengujian, dilakukan kalibrasi model berdasarkan data hujan pada stasiun Rempoah, data klimatologi dan data debit pada tahun 2010. Kalibrasi yang dilakukan berdasarkan parameter yang terdapat pada DAS Logawa (outlet Bendung Kediri), seperti yang ditunjukkan oleh skema yang terdapat dalam Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 3 Skema DAS

Dari parameter yang ada pertama dipilih parameter-parameter awal yang digunakan sebagai *initial condition*, kemudian parameter tersebut ditentukan nilainya dengan *trial error* sampai didapat nilai yang memenuhi kriteria. Sedangkan untuk parameter yang lain dikunci, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengoptimasi. Kriteria nilai yang memenuhi tersebut adalah apabila dari nilai-nilai tersebut didapat grafik yang mirip antara grafik debit terukur dengan debit terhitung. Selain mencocokkan grafik tersebut, kriteria lain yaitu nilai *objective function* sekecil mungkin. Selisih volume antara volume debit observasi dan debit simulasi lebih kecil $\pm 15\%$ akan dikategorikan sangat baik. Sedangkan selisih volume dalam rentang lebih besar sama dengan dari $\pm 15\%$ dan lebih kecil dari $\pm 20\%$ akan dikategorikan baik, selisih volume lebih besar sama dengan $\pm 20\%$ dan lebih kecil dari $\pm 30\%$ akan dikategorikan memuaskan dan jika lebih besar sama dengan $\pm 30\%$ akan dikategorikan tidak memuaskan.

Hasil Kalibrasi

Langkah-langkah kalibrasi tersebut akhirnya akan menghasilkan parameter-parameter model yang optimal. Berdasarkan hasil kalibrasi yang telah dilakukan, didapat nilai parameter-parameter model untuk DAS Logawa seperti pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 Daftar Nilai Kalibrasi DAS Logawa

PARAMETER	Units	Initial Condition
Area	km ²	287
Canopy Capacity	MM	33.5
Canopy Initial Storage Percentage	%	100
Clark Storage Coefficient	HR	149.97
Clark Time of Concentration	HR	45.634
Groundwater 1 Capacity	MM	5.36
Groundwater 1 Initial Storage Percentage	%	30.34
Groundwater 1 Percolation Rate	MM/HR	2.54
Groundwater 1 Storage Coefficient	HR	5.94

<i>Groundwater 2 Capacity</i>	MM	4.92
<i>Groundwater 2 Initial Storage Percentage</i>	%	30.72
<i>Groundwater 2 Percolation Rate</i>	MM/HR	6.09
<i>Groundwater 2 Storage Coefficient</i>	HR	5.92
<i>Recession Constant</i>		0.33
<i>Recession Initial Discharge</i>	M3/S	70.218
<i>Recession Ratio to Peak</i>		0.001
<i>Soil Capacity</i>	MM	55
<i>Max Infiltration</i>	MM/HR	4.665
<i>Initial Soil Content</i>	%	45
<i>Soil Percolation Rate</i>	MM/HR	22.1
<i>Surface Capacity</i>	MM	2.855
<i>Surface Initial Storage Percentage</i>	%	6.666
<i>Tension Zone Capacity</i>	MM	3.1

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan data kalibrasi tersebut dapat diamati unjuk kerja model dengan melihat perbedaan debit terukur dan debit terhitung. Besarnya selisih volume, selisih debit puncak (*peak flow*), selisih waktu puncak (*time to peak*) pada Gambar 4.3. Sedangkan besarnya nilai *percent difference volume* adalah 0,89 dan besarnya nilai *Objective Function* berdasarkan hasil analisis adalah 15,09 . Perbandingan Hidrograf antara debit observasi dan debit simulasi hasil kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 5 dan 6 dapat dilihat perbandingan antara curah hujan dengan debit observasi dan debit simulasi. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan koefisien korelasi debit rata-rata bulanan simulasi dan observasi sebesar 0,7 dapat dilihat pada tabel 2

Project: OTW FIX PAKE CANOPY Optimization Trial: Optimization subbasin logawa

Start of Trial: 01Jan2010, 00:00 Basin Model: DAS LOGAWA
 End of Trial: 31Des2010, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE

Statistic at Basin Element "Subbasin-1"

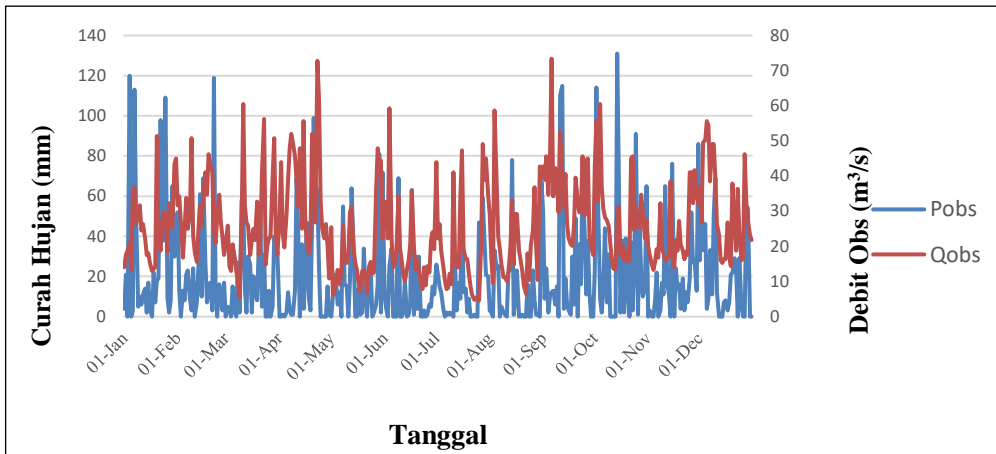
Goal: Minimization
 Statistic: Root Mean Square Error
 Start of Function: 01Jan2010, 00:00
 End of Function: 31Des2010, 00:00
 Value: 15.09

Volume Units: MM 1000 M3

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	2873.32	2847.93	25.39	0.89
Peak Flow (M3/S)	70.8	73.4	-2.7	-3.6
Time of Peak	13Sep2010, 00:00	06Sep2010, 00:00		

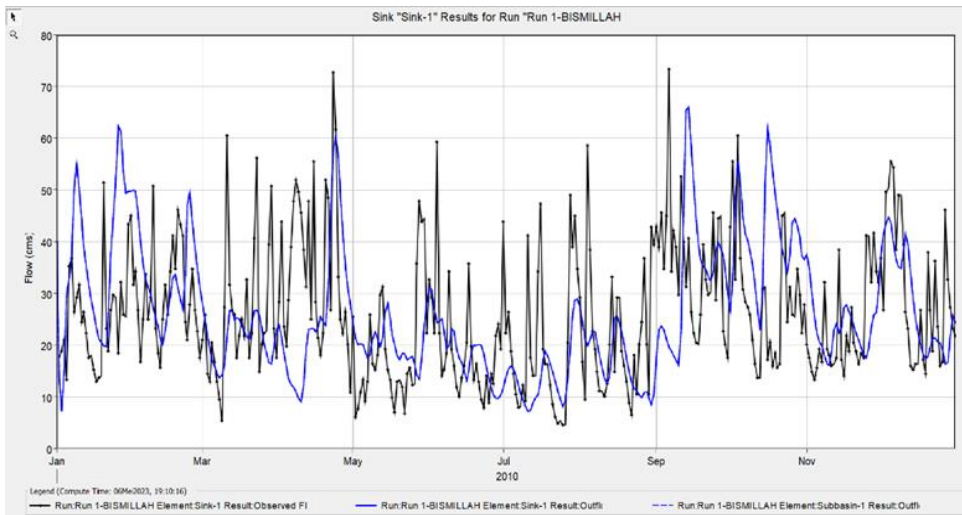
Gambar 4 Selisih Volume Observasi dan Simulasi, Debit Puncak, Waktu Puncak Hasil Kalibrasi

Sumber : Hasil Analisis



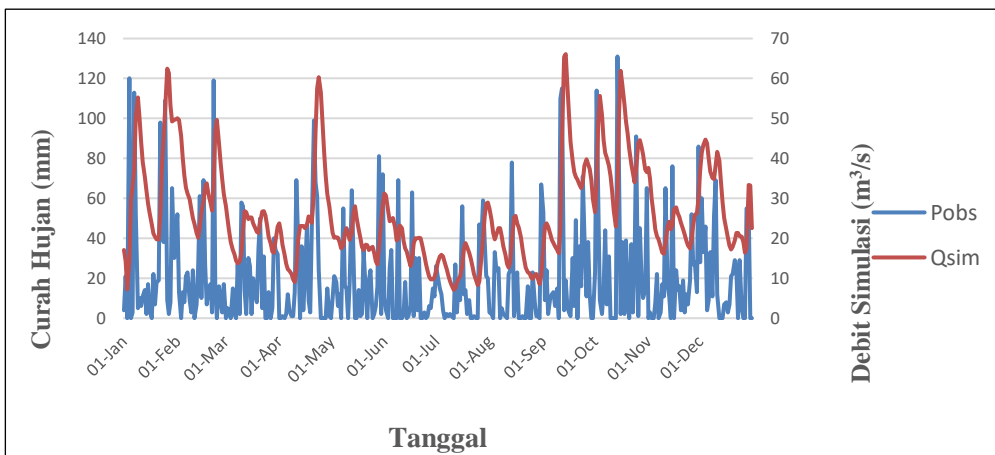
Gambar 5 Perbandingan Hidrograf Aliran Hasil Kalibrasi

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 6 Perbandingan Curah Hujan dengan Debit Observasi

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 1 Perbandingan Curah Hujan dengan Debit Simulasi

Sumber : Hasil Analisis



Tabel 2 Koefisien Korelasi Hasil Kalibrasi

Kalibrasi	Koef. Korel Qobs & Qsim rata-rata bulanan
Kal 1 - Rempoah 2010	0.7

Verifikasi Model

1. Prosedur Verifikasi Model

Pada tahap verifikasi nilai-nilai parameter DAS yang digunakan adalah nilai-nilai parameter DAS hasil optimasi, kemudian data hujan yang digunakan adalah data hujan pada tahun 2007. Dari hasil hitungan verifikasi dapat diamati apakah perbedaan volume debit hitungan dan terukur telah memenuhi syarat sehingga parameter model dikatakan baik seperti hasil kalibrasi. Apabila hasil verifikasi ternyata menunjukkan keluaran model yang tidak memenuhi, maka harus dilakukan perubahan kembali nilai-nilai parameter kalibrasi sampai didapat hasil yang cukup teliti. Pada penelitian ini, tahapan yang telah dilakukan adalah melakukan *running* program HEC-HMS dengan data tahun 2007 sesuai ketersediaan data, tanpa proses iterasi perbaikan nilai parameter kalibrasi.

2. Hasil Verifikasi Model

Berdasarkan input model yang telah dikalibrasi, hitungan pada tahap verifikasi menghasilkan persent bias atau percent different sebesar -2,47 ditunjukkan pada Gambar 4.4. Pada gambar tersebut ditampilkan hidrograf aliran hasil hitungan untuk tahun 2007. Hasil uji verifikasi disajikan pada Gambar 7. Perbandingan Hidrograf antara debit observasi dan debit simulasi hasil verifikasi dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Gambar 9 dan 10 dapat dilihat perbandingan antara curah hujan dengan debit observasi dan debit simulasi.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan koefisien korelasi debit rata-rata bulanan simulasi dan observasi sebesar 0,9 dapat dilihat pada tabel 3

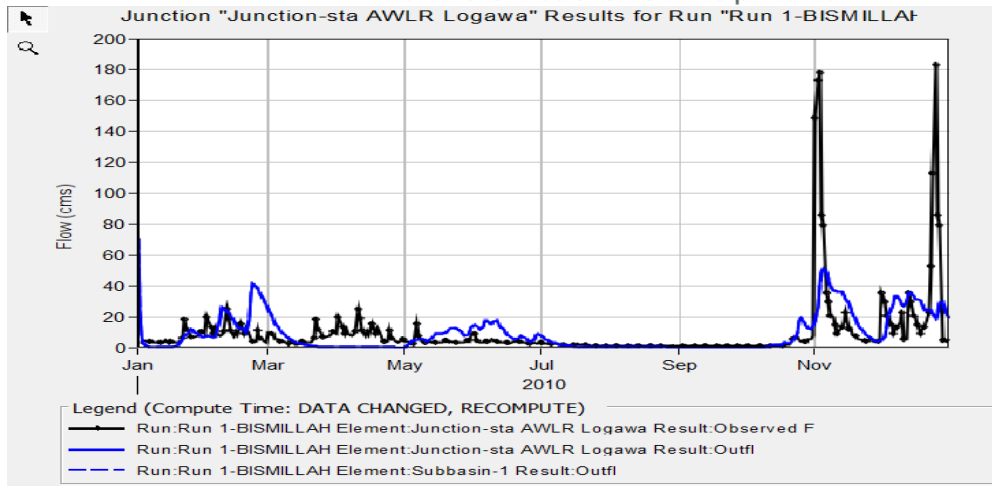
Project: OTW FIX PAKE CANOPY Simulation Run: Run 1-BISMILLAH	
Junction: Junction-sta AWLR Logawa	
Start of Run: 01Jan2010, 00:00	Basin Model: DAS LOGAWA
End of Run: 31Des2010, 00:00	Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE	Control Specifications: Control 1
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 70.6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2010, 00:00
Volume: 958.46 (MM)	
Observed Flow Gage data debit harian 2010	
Peak Discharge: 182.9 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 25Des2010, 00:00
Volume: 973.52 (MM)	
RMSE Std Dev: 0.9	Nash-Sutcliffe: 0.153
Percent Bias: -2.47 %	

Gambar 2 Selisih Volume Observasi dan Simulasi, Debit Puncak, Waktu Puncak Hasil Verifikasi

Sumber : Hasil Analisis

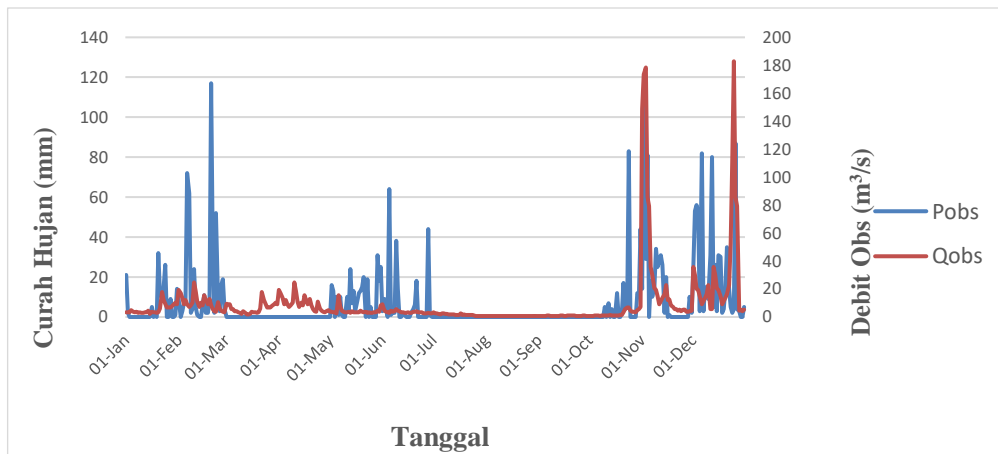
KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17



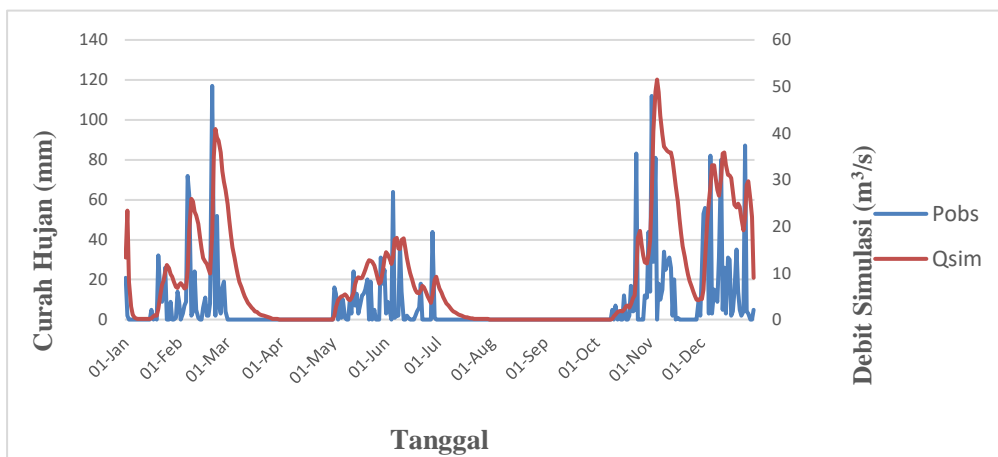
Gambar 3 Perbandingan Hidrograf Aliran hasil verifikasi

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4 Perbandingan Curah Hujan dengan Debit Observasi

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 5 Perbandingan Curah Hujan dengan Debit Simulasi

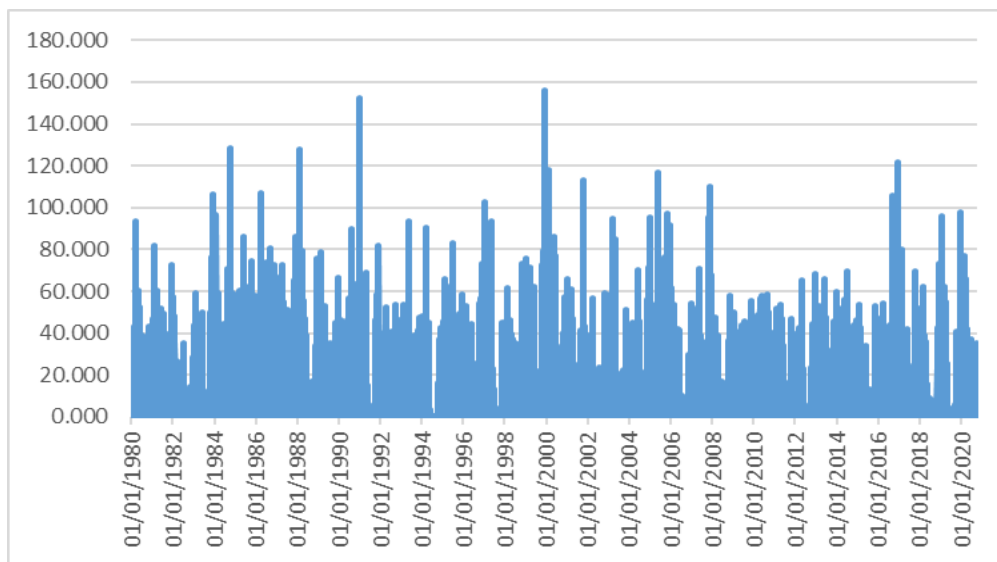
Sumber : Hasil Analisis

Tabel 3 Koefisien Korelasi Hasil Verifikasi

Verifikasi	Koef. Korel Qobs & Qsim rata-rata bulanan
Ver 1 - Rempoah 2007	0.9

Permodelan Data Curah Hujan Sintetis dengan pendekatan Scenario-Neutral

Tahapan permodelan hujan sintetis dengan pendekatan Scenario-Neutral ini bertujuan untuk memodelkan hujan yang terkena dampak perubahan iklim menggunakan software RStudio. RStudio dipakai karena menjadi salah satu perangkat lunak yang dapat mengkomputisasi data terutama data *science*. Data Curah hujan yang digunakan pada tahap ini adalah data hujan satelit dari GPCC (*Global Precipitation Climate Centre*) pada rentang waktu 1 Januari 1980-31 Desember 2019 dapat dilihat pada Gambar 11. Data Panjang tersebut bertujuan untuk merepresentasikan dampak perubahan iklim dari tahun ke tahun.



Gambar 6 Hidrograf curah hujan GPCC tahun 01/12/1980 – 31/12/2019

Terdapat 13 atribut x 10 skenario permodelan curah hujan dengan pendekatan *Scenario-Neutral* ini sehingga berjumlah 130 skenario. *Output* dari tahap ini adalah hujan rata-rata total tahunan (*rainfall annual total mean*), curah hujan rata-rata tahunan setiap bulan (*monthly annual rainfall*), serta curah hujan harian hasil *scenario*. *Output* dari tahap ini dapat dilihat pada Tabel 4.4. Sedangkan *Output* hujan simulasi dari RStudio dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Output dari Skenario pada RStudio

P_ann_tot_m	2352.875
P_Jan_tot_m	318.65
P_Feb_tot_m	291.15
P_Mar_tot_m	251
P_Apr_tot_m	204
P_May_tot_m	174
P_Jun_tot_m	125.475
P_Jul_tot_m	91.175

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

P_Aug_tot_m	51.85
P_Sep_tot_m	76.15
P_Oct_tot_m	160.625
P_Nov_tot_m	288.45
P_Dec_tot_m	320.35

Tabel 3 Output Hujan Simulasi dari RStudio

sim.2	sim.3	sim.4	sim.5	sim.6	sim.7	sim.8	sim.9	sim.10	sim.11	sim.12	sim.13	sim.14	sim.15	sim.16	sim.17
1.124	1.013	0.962	1.040	1.052	1.087	0.820	0.729	0.788	0.776	0.907	0.771	1.993	0.984	1.068	0.850
11.719	11.664	11.631	10.167	9.772	10.342	10.852	11.950	10.973	10.859	11.091	11.043	0.617	10.727	12.896	11.641
11.742	11.689	5.241	10.192	9.791	10.367	4.819	5.215	4.854	4.799	4.985	4.874	12.492	10.752	5.763	5.197
5.369	5.303	5.306	4.685	4.514	4.774	4.858	5.271	4.897	4.841	5.040	4.920	5.371	4.903	5.789	5.273
5.427	5.364	6.356	4.737	4.560	4.827	5.881	6.499	5.958	5.895	6.035	6.012	5.460	4.959	6.885	6.404
6.404	6.395	3.382	5.557	5.318	5.645	2.934	3.067	2.925	2.882	3.195	2.912	6.871	5.876	3.627	3.264
3.583	3.444	31.169	3.182	3.103	3.269	29.534	33.539	30.191	29.926	29.553	30.724	3.087	3.244	33.254	32.157
30.679	31.165	0.163	26.402	25.027	26.688	0.098	0.081	0.090	0.087	0.151	0.083	36.627	28.329	0.170	0.126
0.218	0.173	2.352	0.216	0.232	0.236	1.896	1.955	1.876	1.839	2.211	1.846	0.066	0.186	2.462	2.217
12.728	2.396	12.730	11.077	10.579	11.256	11.977	12.901	11.787	11.656	12.002	11.939	1.958	2.302	13.249	12.930
1.129	12.770	0.985	1.051	1.066	1.108	0.684	0.677	0.663	0.643	0.920	0.634	13.924	11.751	1.013	0.872
6.758	1.008	6.791	5.874	5.589	5.961	6.169	6.880	6.278	6.207	6.386	6.368	0.656	1.012	6.955	6.933
1.615	6.799	1.454	1.484	1.485	1.555	1.029	1.064	1.009	0.979	1.358	0.972	7.473	6.248	1.472	1.325
11.593	1.470	11.579	10.125	9.658	10.301	10.313	11.489	10.489	10.356	10.856	10.626	1.076	1.458	11.664	11.775
1.686	11.582	1.529	1.548	1.547	1.624	1.054	1.113	1.037	1.003	1.425	0.995	12.523	10.704	1.523	1.398
5.117	1.534	5.042	4.504	4.318	4.603	4.267	4.728	4.319	4.245	4.713	4.335	1.151	1.526	4.995	5.053
15.011	5.035	15.138	13.068	12.385	13.263	4.248	4.720	4.302	4.225	14.145	4.316	5.142	4.712	14.883	15.594
5.281	15.100	5.222	4.647	4.445	4.748	13.688	15.370	13.986	13.818	4.869	14.262	5.155	13.890	5.089	5.255
4.980	5.199	4.906	4.393	4.208	4.496	4.396	4.915	4.460	4.377	4.569	4.479	17.010	4.868	4.741	4.916
7.290	4.875	7.377	6.341	5.982	6.428	4.048	4.535	4.104	4.018	6.869	4.106	5.415	4.587	7.076	7.638
1.199	7.342	1.073	1.117	1.129	1.187	6.628	7.456	6.779	6.689	0.994	6.916	5.011	6.751	1.017	0.956
1.002	1.047	0.888	0.940	0.957	1.005	0.611	0.692	0.602	0.568	0.822	0.556	8.305	1.084	0.834	0.780
19.285	0.860	19.593	16.762	15.756	16.985	0.473	0.544	0.465	0.436	18.183	0.424	0.765	0.904	18.338	20.453
24.888	19.468	25.402	21.581	20.211	21.829	17.814	20.053	18.272	18.059	23.550	18.766	0.607	17.870	23.583	26.693
8.788	25.249	8.725	7.749	7.377	7.933	23.477	26.393	24.118	23.875	8.074	24.880	22.462	23.082	8.023	19.154

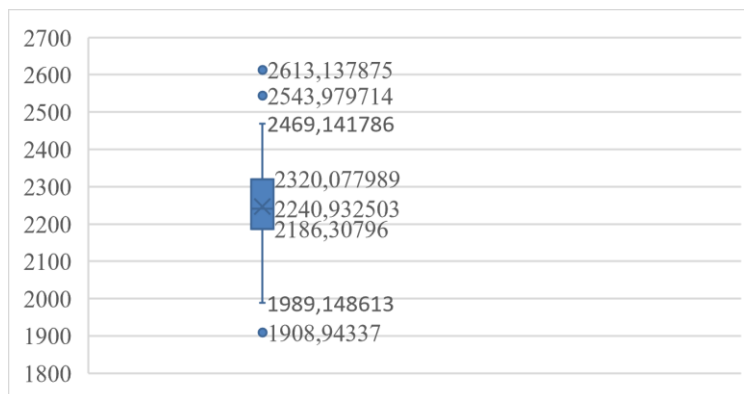
sim.114	sim.115	sim.116	sim.117	sim.118	sim.119	sim.120	sim.121	sim.122	sim.123	sim.124	sim.125	sim.126	sim.127	sim.128	sim.129	sim.130
0.903	0.760	0.993	0.798	0.787	0.894	1.075	0.833	0.784	0.757	1.826	1.042	1.319	1.406	0.911	1.189	1.016
10.699	9.887	10.961	11.486	12.174	11.909	12.014	12.786	11.097	11.136	0.565	9.839	15.896	12.052	12.316	12.367	12.580
4.821	4.406	10.993	5.096	5.326	5.280	5.410	5.607	4.897	4.904	11.243	9.863	7.175	12.064	5.451	12.369	5.616
4.874	4.448	5.013	5.162	5.371	5.320	5.446	5.661	4.937	4.951	4.814	4.546	7.272	5.585	5.491	5.626	5.657
5.820	5.383	5.074	6.287	6.601	6.448	6.487	6.950	6.019	6.063	4.873	4.596	8.705	5.636	6.664	5.672	6.808
3.110	2.709	6.021	3.151	3.113	3.187	3.420	3.312	2.924	2.916	6.121	5.371	4.668	6.512	3.276	6.719	3.458
28.388	27.030	3.319	31.663	34.055	32.513	31.732	35.727	30.633	31.090	2.712	3.121	42.569	3.913	33.662	3.638	33.883
0.153	0.094	29.083	0.114	0.079	0.100	0.148	0.090	0.085	0.081	32.648	25.358	0.236	30.225	0.101	32.581	0.125
2.162	1.768	0.189	2.116	1.940	2.032	2.274	2.097	1.852	1.845	0.053	0.229	3.285	28.442	2.082	0.179	2.245
11.578	10.699	2.359	12.585	13.041	12.691	12.743	13.780	11.888	12.047	1.671	10.714	17.476	13.601	13.102	2.470	13.386
0.910	0.647	12.072	0.818	0.644	0.712	0.879	0.718	0.638	0.630	12.234	1.067	1.407	6.135	0.725	13.283	0.821
6.158	5.710	1.038	6.728	6.941	6.746	6.759	7.346	6.329	6.427	0.534	5.672	9.320	2.439	6.962	0.996	7.109
1.335	0.974	6.424	1.251	1.002	1.072	1.275	1.116	0.974	0.971	6.531	1.495	2.073	6.788	1.097	7.052	1.217
10.482	9.585	1.500	11.373	11.534	11.239	11.349	12.249	10.545	10.720	0.874	9.811	15.935	11.369	11.590	1.428	11.877
1.400	1.000	11.015	1.321	1.027	1.089	1.294	1.154	0.995	0.997	10.863	1.561	2.189	1.194	1.115	11.913	1.235
4.563	3.992	1.573	4.849	4.656	4.596	4.773	5.006	4.301	4.369	0.922	4.390	0.000	12.316	4.734	1.452	4.916
13.641	3.982	4.854	15.012	4.633	4.568	4.747	4.990	4.279	4.351	4.373	12.622	7.035	20.074	4.705	5.077	4.886
4.713	12.781	14.304	5.032	15.490	14.947	14.870	16.412	14.102	14.399	4.370	4.528	20.870	12.876	15.414	15.543	15.679
4.425	4.133	5.018	4.698	4.807	4.718	4.888	5.187	4.433	4.518	14.736	4.291	7.284	5.394	4.861	5.208	5.037
6.623	3.816	4.731	7.317	4.396	4.321	4.515	4.767	4.062	4.142	4.573	6.115	6.863	8.334	4.453	4.834	4.629
0.980	6.219	6.956	0.900	7.487	7.218	7.184	7.954	6.826	6.981	4.200	1.147	10.149	2.315	7.440	7.530	7.567
0.812	0.593	1.125	0.733	0.570	0.595	0.750	0.679	0.552	0.561	7.150	0.973	1.606	4.389	0.614	0.878	0.691
17.525	0.462	0.941	19.507	0.433	0.452	0.585	0.525	0.421	0.428	0.568	16.154	1.344	14.516	0.468	0.694	0.531
22.681	16.768	18.416	25.424	20.330	19.480	19.147	21.481	18.486	18.943	0.441	20.746	26.855	4.633	20.068	20.030	20.280
7.818	22.105	23.779	18.205	26.977	25.779	25.111	28.377	24.494	25.110	19.418	7.570	34.675	4.237	26.547	26.185	26.722

Simulasi Model HEC-HMS

Pemilihan Sampel Curah hujan

Sebelum disimulasikan terlebih dahulu dilakukan proses *convert* data hujan simulasi ke format excel untuk selanjutnya dilakukan pemilihan data curah hujan hasil permodelan dengan bantuan pembuatan box plot (*box and whisker plot*) yang berfungsi untuk melihat bentuk distribusi data, tendensi sentral, serta keragaman data. Teknik pengambilan sampel yang dipilih adalah *probability sampling* dengan menggunakan *purposive sampling*. Sampel yang dipilih adalah curah hujan hasil simulasi pada RStudio berdasarkan parameter box plot rata-rata curah hujan tahunan yang rata-rata hujan tahunannya

menempati kuartil bawah dan kuartil atas yaitu curah hujan simulasi ke-87 dan 125 seperti pada Gambar 12. Sampel curah hujan tersebut memiliki beberapa atribut seperti pada Tabel 6



Gambar 7 Box Plot Rata-rata Total Curah Hujan Tahunan Hasil Simulasi

Tabel 4 Atribut Total Curah Hujan Kuartil Bawah dan Atas Hasil Simulasi

Attributes	sim.87 (mm)	sim.125(mm)
P_ann_tot_m	1989.148613	2469.141786
P_Jan_tot_m	226.5390603	375.7273201
P_Feb_tot_m	229.3789862	344.4632051
P_Mar_tot_m	229.6113854	335.198789
P_Apr_tot_m	182.2393066	184.782842
P_May_tot_m	154.6417403	173.9678204
P_Jun_tot_m	120.4411662	100.9073655
P_Jul_tot_m	99.52271158	81.85855152
P_Aug_tot_m	115.5091785	53.05670435
P_Sep_tot_m	115.6178762	87.80368827
P_Oct_tot_m	165.7681462	142.08264
P_Nov_tot_m	178.6472228	243.0752866
P_Dec_tot_m	171.2318332	346.2175727

Debit Simulasi pada HEC-HMS

Tahapan simulasi model dimaksudkan untuk mencari debit simulasi berdasarkan data hujan satelit dari GPCC yang telah dimodelkan dengan pendekatan *Scenario-Neutral* yang telah dipilih. Parameter DAS yang digunakan untuk simulasi model adalah parameter DAS hasil optimasi model HEC-HMS. Simulasi curah hujan dilakukan sebanyak 3 kali menggunakan curah hujan satelit GPCC, curah hujan *upper condition* (yang menempati Kuartil atas) dan curah hujan *lower condition* (yang menempati Kuartil bawah). Pada tahap ini hasil yang didapat berupa debit harian yang akan digunakan untuk menghitung debit andalan 80%.

Hasil Perhitungan Debit Andalan

1. Prosedur Perhitungan Debit Andalan

Hasil simulasi model berupa debit harian yang digunakan sebagai masukan untuk perhitungan debit andalan 80%. Debit harian hasil simulasi model pertama-tama dirubah menjadi debit rata-rata bulanan. Dari data debit rata-rata bulanan tersebut kemudian diurutkan dari yang terbesar sampai yang terkecil seperti pada Tabel 7,8,9. Perhitungan debit andalan 80% ditentukan dengan mengambil data urutan 80% dari jumlah total urutan data.

2. Hasil Perhitungan Debit Andalan

Dari Tabel 7,8,9 urutan data 80% terletak antara debit ke-32 dan 33. Hasil debit andalan 80% diperoleh dengan menghitung interpolasi debit pada debit ke-32 dengan debit ke-33. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan debit andalan 80% seperti yang disajikan pada Tabel 10

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Tabel 5 Debit Rata-Rata Bulanan Upper Scenario-Neutral

Debit	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Probabilitas
1	20.32	21.60	29.25	19.88	15.98	15.55	13.82	6.96	8.33	4.31	13.79	17.40	2.4%
2	19.55	21.49	23.62	19.45	15.24	13.82	13.74	6.87	7.61	8.12	12.14	15.25	4.9%
3	19.34	19.99	22.22	16.93	12.81	8.59	8.65	6.07	6.24	7.34	11.11	15.18	7.3%
4	19.09	19.78	19.35	15.84	11.06	7.84	8.52	4.64	5.96	7.31	10.44	14.71	9.8%
5	18.48	18.61	16.81	14.94	10.70	7.19	7.98	3.91	4.99	6.99	10.26	14.20	12.2%
6	17.55	17.95	16.38	14.80	10.67	6.53	6.92	3.74	4.75	6.85	10.19	14.08	14.6%
7	16.26	17.94	16.31	14.73	10.56	6.40	5.05	3.73	4.62	6.32	9.91	14.04	17.1%
8	16.04	17.41	16.17	12.67	10.37	6.40	4.55	3.53	4.39	5.86	9.47	13.39	19.5%
9	15.11	17.29	16.16	12.05	9.10	6.17	4.44	3.37	4.36	5.80	9.44	13.01	22.0%
10	14.84	16.80	15.72	11.90	8.08	6.05	4.30	3.20	4.06	5.64	9.40	12.76	24.4%
11	14.76	14.91	15.37	11.87	8.01	5.82	3.64	3.19	3.96	5.60	8.81	12.49	26.8%
12	14.75	14.90	15.05	11.16	7.94	5.74	3.55	3.13	3.77	5.57	8.76	12.21	29.3%
13	14.70	14.83	14.97	11.01	7.89	5.70	3.41	2.91	3.45	5.50	8.56	11.85	31.7%
14	14.36	14.25	14.96	10.99	7.71	5.44	3.27	2.74	3.45	5.48	8.22	11.48	34.1%
15	13.30	14.14	14.82	10.94	7.21	5.37	3.25	2.73	3.43	5.48	8.21	11.43	36.6%
16	13.28	14.12	14.69	10.65	6.98	5.09	3.23	2.64	3.39	5.48	7.99	11.32	39.0%
17	13.21	14.07	14.57	10.49	6.45	5.01	3.20	2.50	3.31	5.22	7.96	11.12	41.5%
18	12.55	13.48	14.49	9.64	6.08	4.84	3.17	2.49	3.21	4.97	7.90	10.98	43.9%
19	12.42	12.72	14.19	9.46	5.94	4.54	3.00	2.44	3.04	4.93	7.66	10.75	46.3%
20	12.41	12.68	13.43	9.13	5.86	4.09	2.96	2.23	3.04	4.88	7.23	10.70	48.8%
21	11.57	12.62	13.19	8.38	5.70	4.03	2.74	2.23	3.03	4.78	7.21	10.65	51.2%
22	11.19	12.61	12.82	8.14	5.61	3.93	2.57	2.23	2.76	4.59	7.17	10.52	53.7%
23	10.99	12.44	12.29	8.04	5.56	3.84	2.53	2.22	2.74	4.53	7.02	10.14	56.1%
24	10.76	12.42	11.76	7.83	5.46	3.78	2.46	1.90	2.67	4.47	6.67	10.12	58.5%
25	10.73	12.36	11.64	7.69	5.15	3.65	2.45	1.89	2.64	4.34	6.47	9.10	61.0%
26	10.47	11.83	11.23	7.69	4.78	3.52	2.38	1.81	2.55	4.32	6.21	9.03	63.4%
27	10.21	11.79	11.00	7.63	4.72	3.47	2.14	1.73	2.45	4.03	6.13	9.02	65.9%
28	10.02	11.54	10.60	7.39	4.72	3.23	2.12	1.67	2.21	3.96	5.91	8.99	68.3%
29	9.98	11.53	9.93	7.39	4.55	3.15	2.02	1.64	2.13	3.76	5.91	8.56	70.7%
30	9.69	11.24	9.42	7.37	4.44	2.82	2.02	1.56	2.07	3.76	5.66	8.25	73.2%
31	9.24	10.93	9.05	7.18	4.22	2.60	1.89	1.52	1.87	3.59	5.46	8.02	75.6%
32	9.11	10.90	8.95	6.97	4.16	2.59	1.81	1.51	1.86	3.21	4.91	7.11	78.0%
33	8.54	10.29	7.68	6.47	4.02	2.27	1.80	1.45	1.68	3.16	4.91	7.09	80.5%
34	8.34	9.17	7.48	6.13	4.02	2.24	1.67	1.42	1.55	3.15	4.87	7.04	82.9%
35	7.63	8.92	7.07	5.47	3.85	1.75	1.64	1.19	1.24	2.90	4.85	6.61	85.4%
36	6.12	8.84	7.03	5.43	3.69	1.70	1.63	1.15	1.18	2.24	4.75	5.72	87.8%
37	5.96	8.51	6.49	5.39	3.69	1.40	1.42	0.82	1.04	2.17	4.49	5.58	90.2%
38	5.52	5.86	6.28	4.24	3.28	0.97	1.27	0.73	0.91	1.53	3.70	4.64	92.7%
39	5.45	4.96	3.47	4.18	3.13	0.81	0.73	0.55	0.57	0.96	2.84	3.07	95.1%
40	5.19	4.30	3.27	3.45	3.12	0.80	0.45	0.50	0.57	0.80	1.49	1.18	97.6%
	8.66	10.41	8.97	6.57	4.05	2.59	1.80	1.47	1.86	3.17	4.91	7.29	80%



Tabel 6 Debit Rata-Rata Bulanan Lower Scenario-Neutral

Debit	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okto	Nov	Des	Probabilitas
1	18.59	24.22	18.88	24.30	14.12	9.54	14.44	11.15	10.65	12.91	15.95	17.03	2.4%
2	16.44	22.32	18.46	19.07	12.56	8.24	8.99	9.30	9.48	12.08	13.30	16.39	4.9%
3	16.05	18.74	18.29	16.05	11.27	7.21	8.46	7.67	9.17	11.39	11.69	14.26	7.3%
4	14.45	18.28	17.70	15.03	10.14	7.09	7.26	7.52	9.12	10.03	10.87	13.99	9.8%
5	13.98	17.42	17.40	12.49	9.24	6.95	6.27	6.69	9.04	9.79	10.66	13.09	12.2%
6	13.16	17.28	16.85	12.27	9.09	6.86	5.32	6.48	8.30	9.37	10.65	12.97	14.6%
7	12.42	16.02	16.76	12.23	8.89	6.83	4.73	6.28	7.15	9.27	10.32	12.87	17.1%
8	12.29	15.52	16.63	11.46	8.76	6.77	4.65	6.22	7.11	8.75	10.09	11.75	19.5%
9	12.02	14.70	14.66	11.09	8.38	6.16	4.52	5.93	6.84	8.44	9.94	11.67	22.0%
10	11.97	14.30	13.61	10.93	7.99	6.12	4.10	5.85	6.38	7.87	9.30	11.62	24.4%
11	11.37	14.16	12.65	9.86	7.61	5.24	3.92	5.72	5.75	7.83	9.06	11.34	26.8%
12	11.33	13.95	12.62	9.78	6.99	4.43	3.81	5.65	5.70	7.69	9.01	10.94	29.3%
13	11.31	13.11	12.60	8.54	6.96	4.28	3.78	5.13	5.45	7.15	8.82	10.91	31.7%
14	10.92	12.77	12.40	8.40	6.95	4.12	3.74	5.10	5.23	7.09	8.79	10.74	34.1%
15	10.68	12.70	10.94	8.27	6.72	4.10	3.51	4.66	5.07	7.07	8.49	10.22	36.6%
16	10.45	12.52	10.87	8.25	6.64	4.07	3.39	4.47	5.03	6.95	8.47	9.88	39.0%
17	10.38	12.34	10.76	7.81	5.74	3.78	3.33	4.22	4.83	6.93	8.41	9.59	41.5%
18	10.35	12.09	9.98	7.63	5.70	3.71	3.24	3.89	4.67	6.60	8.22	9.41	43.9%
19	10.31	11.99	9.88	7.14	5.64	3.70	3.13	3.77	4.60	6.14	8.15	9.37	46.3%
20	10.14	11.48	9.75	7.09	5.60	3.40	3.07	3.54	4.55	5.91	8.11	9.11	48.8%
21	9.96	11.34	9.28	7.00	5.57	3.33	2.85	3.14	4.21	5.89	7.80	9.01	51.2%
22	9.91	11.22	9.24	6.86	5.46	3.33	2.74	2.98	4.09	5.38	7.54	8.63	53.7%
23	9.63	10.97	8.69	6.77	5.45	3.30	2.74	2.67	3.83	5.28	7.52	8.30	56.1%
24	9.57	10.76	8.35	6.74	4.76	3.09	2.73	2.67	3.50	5.21	7.52	8.07	58.5%
25	9.40	9.99	8.29	6.72	4.43	2.72	2.64	2.60	3.39	5.21	7.45	8.04	61.0%
26	9.39	9.71	8.14	6.57	4.23	2.59	2.57	2.50	3.36	5.13	7.09	8.00	63.4%
27	9.27	9.40	7.89	6.28	3.61	2.51	2.22	2.50	3.24	5.07	6.89	7.51	65.9%
28	9.26	9.17	7.60	6.26	3.61	2.48	2.12	2.48	3.04	4.94	6.88	7.46	68.3%
29	9.09	9.07	7.30	5.69	3.59	2.48	2.09	2.28	2.61	4.55	6.37	7.42	70.7%
30	8.51	9.04	7.24	5.41	3.34	2.44	2.02	2.22	2.55	4.23	6.35	7.38	73.2%
31	8.35	8.34	7.12	5.39	3.23	2.28	1.90	2.03	2.32	4.20	5.02	7.37	75.6%
32	8.25	7.49	6.78	4.98	3.23	2.23	1.87	1.87	2.21	3.58	4.88	6.70	78.0%
33	8.04	7.17	6.72	4.40	3.20	2.13	1.40	1.84	2.20	3.52	4.53	6.19	80.5%
34	7.25	7.01	5.98	4.22	2.98	2.13	1.38	1.44	2.09	3.10	4.17	5.80	82.9%
35	5.75	6.98	5.89	3.93	2.97	1.85	1.27	1.31	2.08	2.89	3.78	5.18	85.4%
36	5.68	6.88	5.76	3.67	2.95	1.84	1.26	1.27	2.02	2.85	3.70	5.00	87.8%
37	5.46	6.39	5.17	3.57	2.30	1.70	1.22	1.27	1.78	2.57	3.03	4.87	90.2%
38	5.03	5.22	5.10	3.26	2.24	1.35	1.20	1.25	1.67	2.53	2.94	4.84	92.7%
39	3.77	3.49	3.44	2.96	1.11	1.28	1.08	0.72	1.42	1.99	2.90	2.97	95.1%
40	3.02	3.08	1.12	2.89	0.84	0.36	0.46	0.37	0.94	1.16	1.18	0.68	97.6%
	8.09	7.24	6.73	4.51	3.21	2.15	1.49	1.85	2.21	3.53	4.60	6.29	80%

KoNTekS17

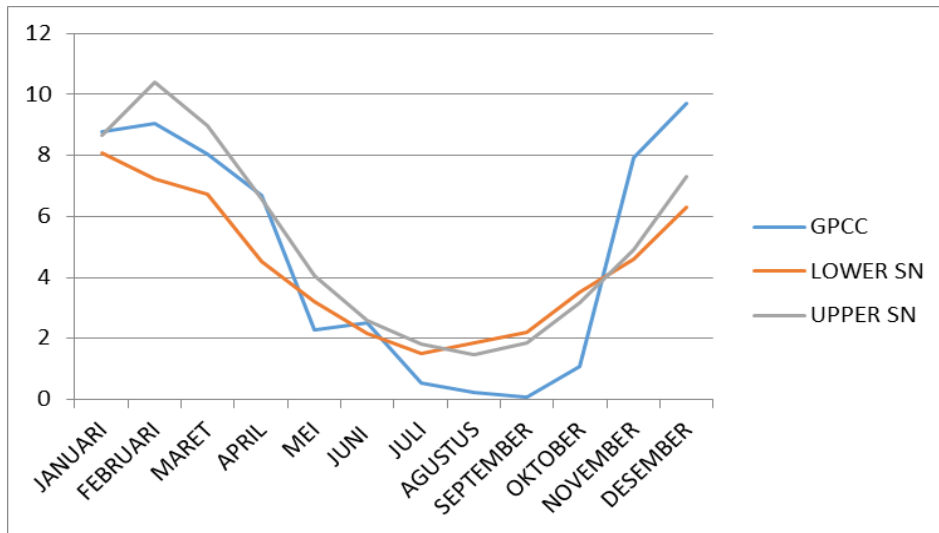
Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Tabel 7 Debit Rata-Rata Bulanan GPCC

DEBIT	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	PROBABILITAS
1	25.29	20.24	17.58	17.75	14.22	14.23	12.95	9.30	17.65	19.40	21.03	22.76	2.4%
2	23.73	19.48	17.33	14.73	12.50	13.80	12.68	7.48	16.58	17.72	20.07	21.01	4.9%
3	19.48	19.22	16.74	13.84	12.23	13.36	11.77	6.75	13.58	15.88	17.90	20.37	7.3%
4	18.11	18.03	14.78	12.97	12.22	12.79	11.71	6.67	11.88	13.74	17.52	19.01	9.8%
5	17.33	17.92	14.43	12.34	11.45	10.16	10.67	5.82	10.67	13.11	16.63	17.66	12.2%
6	17.09	17.39	14.28	12.29	11.41	9.93	10.09	5.23	8.36	12.34	16.28	17.46	14.6%
7	17.03	16.82	14.01	11.94	11.07	9.51	9.05	5.06	8.04	8.80	16.25	17.06	17.1%
8	16.88	16.56	13.43	11.46	10.95	9.45	7.75	4.37	5.36	8.44	15.85	16.19	19.5%
9	16.33	16.50	13.11	10.94	10.76	8.42	7.13	4.18	4.47	8.11	15.16	15.71	22.0%
10	15.50	16.37	12.99	10.83	10.25	8.26	6.52	3.50	3.35	7.85	14.93	15.30	24.4%
11	15.25	15.69	12.75	10.66	10.00	7.83	5.90	3.36	2.41	7.41	14.45	15.16	26.8%
12	14.57	14.67	12.45	9.79	9.75	7.76	4.97	2.94	2.22	7.19	14.04	14.82	29.3%
13	14.53	14.65	11.86	9.42	9.58	7.57	4.47	2.86	2.05	6.78	13.57	14.67	31.7%
14	14.13	13.99	11.85	9.11	8.78	6.58	3.95	2.33	1.92	6.21	12.62	14.66	34.1%
15	13.64	13.95	11.64	8.92	8.63	6.50	3.59	2.16	1.75	5.99	12.05	14.19	36.6%
16	13.46	13.72	11.62	8.48	8.08	6.35	2.96	1.39	1.64	5.92	12.01	14.19	39.0%
17	13.35	13.40	11.60	8.46	7.88	6.16	2.76	1.30	1.54	5.83	11.95	13.88	41.5%
18	13.27	13.36	11.40	8.45	7.52	6.06	2.38	1.03	1.44	5.56	11.78	13.26	43.9%
19	13.24	13.20	9.95	8.41	7.23	6.05	2.35	0.83	1.39	5.15	11.70	13.18	46.3%
20	12.86	13.00	9.80	8.12	7.18	5.67	2.03	0.80	1.34	4.95	11.68	12.70	48.8%
21	12.79	12.81	9.75	8.10	6.71	5.61	2.03	0.75	1.24	4.43	11.65	12.03	51.2%
22	12.68	12.60	9.73	8.04	6.58	5.54	1.92	0.74	1.24	3.71	11.29	12.00	53.7%
23	12.68	12.44	9.72	7.76	6.48	5.42	1.91	0.73	1.01	2.44	11.12	11.56	56.1%
24	12.46	12.17	9.65	7.66	5.90	5.09	1.54	0.69	0.83	2.27	11.05	11.44	58.5%
25	12.21	11.33	9.42	7.54	5.89	4.90	1.46	0.66	0.55	2.13	10.61	11.37	61.0%
26	11.41	11.00	9.30	7.38	5.87	4.53	1.45	0.64	0.42	2.10	10.56	10.93	63.4%
27	11.20	10.87	9.22	7.24	4.95	3.25	1.05	0.55	0.40	1.94	10.55	10.79	65.9%
28	10.95	10.86	8.89	7.19	4.57	3.12	0.86	0.46	0.37	1.78	10.34	10.73	68.3%
29	10.85	10.70	8.89	7.12	4.57	2.93	0.70	0.42	0.33	1.68	9.29	10.62	70.7%
30	10.54	10.70	8.84	7.11	4.21	2.91	0.66	0.38	0.13	1.40	9.11	10.16	73.2%
31	10.48	9.94	8.46	6.86	3.63	2.61	0.54	0.35	0.09	1.19	9.04	9.95	75.6%
32	9.36	9.18	7.94	6.81	3.60	2.47	0.53	0.27	0.09	1.15	9.00	9.90	78.0%
33	8.63	9.03	7.49	6.64	3.22	2.22	0.39	0.24	0.05	1.05	7.68	9.67	80.5%
34	8.33	8.26	7.25	6.25	3.00	1.71	0.33	0.20	0.05	0.96	7.10	9.38	82.9%
35	7.98	8.09	7.04	6.12	2.99	1.55	0.31	0.10	0.05	0.81	5.42	7.39	85.4%
36	7.65	8.01	7.03	4.03	2.60	1.51	0.24	0.07	0.04	0.80	5.33	6.48	87.8%
37	6.59	7.79	6.66	3.65	2.20	1.31	0.10	0.07	0.04	0.40	2.78	6.29	90.2%
38	6.52	7.70	6.47	2.92	2.11	0.85	0.09	0.04	0.03	0.23	2.55	5.88	92.7%
39	6.27	6.08	5.80	2.87	1.83	0.32	0.07	0.03	0.02	0.13	2.46	5.33	95.1%
40	5.22	5.90	3.28	2.77	1.76	0.24	0.02	0.03	0.00	0.03	2.29	4.88	97.6%
	8.78	9.06	8.04	6.68	3.30	2.52	0.55	0.25	0.06	1.07	7.94	9.72	80%

Tabel 8 Debit Andalan Hasil Simulasi

Data Hujan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
GPCC	8.78	9.06	8.04	6.68	2.29	2.52	0.55	0.25	0.06	1.07	7.94	9.72
LOWER SN	8.09	7.24	6.73	4.51	3.21	2.15	1.49	1.85	2.21	3.53	4.60	6.29
UPPER SN	8.66	10.41	8.97	6.57	4.05	2.59	1.80	1.47	1.86	3.17	4.91	7.29



Gambar 8 Grafik Perbandingan Debit Andalan Hasil Simulasi

Dari gambar 13 dapat kita lihat bahwa debit maksimum dari ketiga simulasi berada pada bulan-bulan basah yaitu pada musim penghujan dengan puncak debit sebesar 10.41225 m³/dt untuk simulasi *upper* SN, 8.0854 m³/dt untuk *lower* SN dan 9.718 m³/dt untuk simulasi GPCC. Perbedaan antara hasil debit andalan simulasi *Scenario-Neutral* dengan debit andalan simulasi GPCC adalah letak debit maksimum, debit andalan maksimum simulasi SN terletak pada awal tahun yaitu bulan Januari dan Februari sedangkan untuk simulasi GPCC debit maksimumnya terletak pada bulan Desember. Selain itu perbedaan lainnya terletak pada debit andalan pada bulan-bulan kering yaitu musim kemarau pada bulan Mei-Oktober.

Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil-hasil yang didapat baik pada tahap kalibrasi maupun verifikasi, dapat diamati beberapa hal yang menyangkut hasil dari penelitian analisis ketersediaan air di DAS Logawa. Evaluasi untuk pembahasan umum hasil penelitian ini dilakukan dengan melihat kriteria umum untuk penelitian kesesuaian model hidrologi, yaitu dengan melihat selisih volume debit hitungan dan debit terukur di lapangan, koefisien korelasi pada tahap optimasi dan verifikasi.

1. Selisih Volume Aliran

Pada tahap kalibrasi menggunakan data tahun 2010 model memberikan hasil nilai selisih volume aliran tahunan yaitu 0.89%. Besarnya selisih volume aliran tersebut tergolong pada dalam kriteria sangat baik karena di bawah karena nilainya lebih kecil dari $\pm 15\%$. Untuk tahap verifikasi pada data tahun 2007 hasil nilai selisih volume aliran tahunan yang sangat baik dengan hasil -2,47%. Nilai selisih volume aliran pada tahap verifikasi cenderung lebih tinggi daripada tahap kalibrasi.

2. Koefisien Korelasi

Untuk koefisien korelasi pada tahap kalibrasi maupun verifikasi dengan periode bulanan memberikan hasil unjuk kerja yang kuat dan sangat kuat. Nilai koefisien korelasi untuk tahap

kalibrasi (tahun 2010) dan tahap verifikasi (tahun 2007) dapat dilihat pada Lampiran . Nilai koefisien korelasi hasil kalibrasi untuk periode tahunan sebesar 0,7. Hal tersebut menunjukkan hubungan antara debit terhitung dan debit terukur yang kuat. Sedangkan pada tahap verifikasi mendapat nilai 0,9. Hal tersebut menunjukkan hubungan antara debit terhitung dan debit terukur yang sangat kuat. Harga koefisien korelasi yang baik apabila nilai tersebut berada diantara 0.75 hingga 0,99 yang menunjukkan hubungan yang kuat. Sedangkan nilai koefisien korelasi lebih tinggi dari 0.5 hingga kurang dari 0.75 menunjukkan hubungan yang kuat. Nilai koefisien korelasi antara 0.25 hingga 0.5 menunjukkan adanya korelasi yang cukup. Apabila nilai koefisien korelasi kurang dari 0.2 dapat diabaikan (Sri Harto, 2000). Kurang optimalnya nilai korelasi pada tahap kalibrasi dan verifikasi dipengaruhi oleh keterbatasan data sehingga permodelan hidrologi menjadi kurang maksimal. Akan tetapi, parameter DAS sebagai output dari hasil tahapan kalibrasi dan verifikasi tetap digunakan sebagai permodelan. Hal tersebut dikarenakan parameter tersebut merupakan dengan *output* dengan nilai terbaik dari berbagai macam *trial error* yang sudah dilakukan.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Parameter DAS Logawa yang diperoleh dalam simulasi *lowflow*, adalah *Canopy Capacity* = 33,5mm, *Groundwater 1 Capacity* = 5,36mm, *Groundwater 2 Capacity* = 4,92mm, *Soil Capacity* = 55mm, *Max infiltration*= 4,665mm/hr, *Soil Percolation Rate* = 22,1mm/hr, *Surface Capacity* = 6,666mm dan *Tension Zone Capacity* = 3,1mm.
2. Optimasi dalam kalibrasi menggunakan *Soil Moisture Accounting* (SMA) menghasilkan kesalahan volume sebesar 0.89%. Pada tahap verifikasi model memberikan keluaran dengan kesalahan volume sebesar -2,47%.
3. Ketersediaan air bulanan di Sungai Logawa pada bulan Januari sampai bulan Desember berdasarkan curah hujan GPCC masing-masing adalah 8.77 m³/dtk; 9.06 m³/dtk; 8.03 m³/dtk; 6.67 m³/dtk; 2.29 m³/dtk; 2.51m³/dtk; 0.55 m³/dtk; 0.24 m³/dtk; 0.06 m³/dtk; 1.07 m³/dtk; 7.94 m³/dtk; m³/dtk; 9.718 m³/dtk. Sedangkan berdasarkan curah hujan *lower Scenario-Neutral* masing-masing adalah 8.08 m³/dtk; 7.23 m³/dtk; 6.73 m³/dtk; 4.51 m³/dtk; 3.20 m³/dtk; 2.15 m³/dtk; 1.49 m³/dtk; 1.84 m³/dtk; 2.20 m³/dtk; 3.53 m³/dtk; 4.60 m³/dtk; 9.71 m³/dtk; 6.29 m³/dtk. Berdasarkan curah hujan *upper Scenario-Neutral* masing-masing adalah 8.65 m³/dtk; 10.41 m³/dtk; 8.96 m³/dtk; 6.57 m³/dtk; 4.04m³/dtk; 2.59 m³/dtk; 1.80 m³/dtk; 1.466 m³/dtk; 1.85 m³/dtk; 3.17 m³/dtk; 4.90 m³/dtk; 7.29 m³/dtk.

Saran

Saran yang dapat diberikan penyusun untuk penelitian berikutnya diantaranya sebagai berikut:

Hasil-hasil yang dicapai pada penelitian ini, kiranya baru merupakan upaya awal dalam pengaplikasian sebuah model hidrologi, khususnya model hujan aliran kontinu yang terdapat dalam paket program HEC-HMS. Pengembangan lebih lanjut dari yang dicapai pada penelitian ini akan sangat bermanfaat untuk dapat mengetahui unjuk kerja dan mengaplikasikan model-model lain yang terdapat dalam paket program HEC-HMS tersebut pada DAS di wilayah tropis seperti di sebagian besar wilayah Indonesia.

Memperhatikan hasil-hasil yang dicapai pada penelitian ini, beberapa hal yang dapat dilanjutkan untuk upaya memahami dan mengaplikasikan paket program HEC-HMS dalam menganalisis potensi ketersediaan air di DAS Logawa ini adalah sebagai berikut ini.

1. Pemilihan model dalam HEC-HMS hendaknya disesuaikan dengan tujuan penelitian. Hal ini berguna untuk menghindari kesalahan yang fatal dalam menginterpretasi hasil akhir yang didapatkan karena ke-validan hasil akhir dari pemodelan HEC-HMS sangat



tergantung pada pemilihan model-model yang digunakan dalam paket program HEC-HMS.

2. Hasil kalibrasi model HEC-HMS yang telah dilakukan sangat dipengaruhi oleh kualitas data yang tersedia dan masukan parameter awal hingga penentuan parameter akhir yang digunakan. Dimasa yang akan datang hendaknya proses kalibrasi dilakukan dengan ketelitian dan pemahaman yang cukup dari setiap model yang digunakan. Selain itu hasil kalibrasi juga ditentukan berdasarkan data-data maupun metode pengolahan data yang digunakan.

REFERENCES

- Anonim, 2000, “*HEC HMS Technical Reference Manual*”. Hydrologic Engineering Centre US Army Corps of Engineers.
- Anton, P. 2014. ‘Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)’, *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(3), pp. 1–14.
- Bennett, B., Devanand, A., Culley, S., Westra, S., Guo, D., & Maier, H. R. 2021. A modelling framework and R-package for evaluating system performance under hydroclimate variability and change. *139*(February).
- Brown, C., Wilby, R.L., 2012. An alternate approach to assessing climate risks. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 93, 401–402.
- Broderick, C., Murphy, C., Wilby, R. L., Matthews, T., Prudhomme, C., & Adamson, M. 2019. Using a Scenario-Neutral Framework to Avoid Potential Maladaptation to Future Flood Risk. *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2018WR023623>
- Di, A.H. *et al.* 2020. ‘Analisa Perbandingan Penentuan Debit Rencana’
- Davis, CANugroho, H. 2010. Aplikasi Hidrologi. Jogja Mediautama. Malang
- Fuady, Z. and Azizah, C. 2008. ‘Tinjauan Daerah Aliran Sungai Sebagai Sistem Ekologi Dan Manajemen Daerah Aliran Sungai’, *Lentera*, 6, pp. 1–10.
- Harsoyo, B. 2010. ‘Review Modeling Hidrologi Das Di Indonesia’, *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 11(1), p. 41. Available at: <https://doi.org/10.29122/jstmc.v11i1.2179>.
- Hatmoko, W., Triweko, R.W. and Yudianto, D. (2012) ‘Sistem Pendukung Keputusan untuk Perencanaan Alokasi Air secara Partisipatoris pada Suatu Wilayah Sungai’, *Jurnal Teknik Hidraulik Puslitbang Sumber Daya Air-Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia*, 1(3), pp. 71–86.
- IPCC, 2012: Glossary of terms. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564.
- Julia, H. 2014. ‘Optimasi Model Hidrologi Mock Daerah Tangkapan Air Waduk Sempor’, *Jurnal Agrium*, 18(3), pp. 219–227.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. *Perubahan Iklim Global*. Diakses dari <http://climatechange.menlh.go.id> pada tanggal 9 Oktober 2022.
- Sari, I.K., Limantara, L.M. and Priyantoro, D. 2012. ‘Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada DAS Sampean’, *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(1), pp. 29–41.
- Soemarto, C.D., 1987, Hidrologi Teknik. Usaha Nasional. Surabaya.
- Sri Harto Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia, Jakarta.

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Sri Harto Br. 2000. *Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian*. Nafiri Offset, Yogyakarta.

Sri Harto Br. 2003. *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia, Jakarta.

Stasiun, H. and Pasir, D. (2021) 'JICE Kalibrasi Model Soil Moisture Accounting dengan Software', 01(01), pp. 13–21.

Suroso (2006) 'Kajian kapasitas sungai logawa dalam menampung debit banjir menggunakan program hec ras', *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), pp. 88–92.

Suwarno, S. 2020. *Analisis Potensi Bencana Alam Longsorlahan*. Available at: [http://digital.library.ump.ac.id/886/2/FULL TEXT - BUKU ANALISIS POTENSI BENCANA ALAM LONGSORLAHAN.pdf](http://digital.library.ump.ac.id/886/2/FULL_TEXT_-_BUKU_ANALISIS_POTENSI_BENCANA_ALAM_LONGSORLAHAN.pdf).

Suwarno dan Sutomo. 2014. Analisis Kerawanan longsorlahan untuk penggunaan lahan berkelanjutan di Sub-DAS logawa Kabupaten Banyumas. Makalah untuk Seminar Nasional 23 agustus 2014. UMP. Purwokerto

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air.

UPN Yogyakarta Penyusunan Wilayah Zonasi Pertambangan Sepanjang Sungai Logawa, Laporan Akhir Proyek, Dinas Pengairan Pertambangan dan Energi, Kabupaten Banyumas, Purwokerto.2002