

**KAJIAN KEBERLANJUTAN ALIRAN DASAR SUNGAI MELALUI ANALISIS
KURVA RESESI HIDROGRAF PADA DAS KEDUANG KABUPATEN WONOGIRI
PROVINSI JAWA TENGAH**

***STUDY OF RIVER BASEFLOW SUSTAINABILITY THROUGH THE HYDROGRAPH
RESESI CURVES ANALYSIS IN KEDUANG RIVER BASIN OF WONOGIRI
DISTRICT OF CENTRAL JAVA PROVINCE***

Bokiraiya Latuamury^{1*}, Miranda H. Hadijah², Hendrik.S.E.Aponno³

^{1,2,3} Staf Dosen Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, Ambon 97123

e-mail : okky.environmentalscience@gmail.com

Diterima : 13 Desember 2017

Disetujui : 2 Januari 2018

Intisari

Kurva resesi hidrograf aliran sungai mencatat perilaku dari hubungan antara struktur akuifer dan keterkaitannya dengan aliran keluar airtanah menuju saluran sungai. Perilaku resesi hidrograf aliran sungai banyak diselidiki guna memahami proses hidrologi daerah aliran sungai di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kurva resesi aliran dasar sungai meliputi kurva resesi individu, dan kurva resesi master baik secara manual dan melalui pemrosesan algoritma genetika menggunakan model reservoir linier dari perangkat lunak *hydrooffice* paket *recession curve* (RC) 4.0. Hasil visualisasi bentuk kurva resesi DAS penelitian terlihat ada tren yang sangat menarik dalam proses penyimpanan air skala DAS. Karakteristik resesi aliran dasar untuk DAS penelitian memiliki konstanta resesi berkisar antara 0,8 – 0,9 yang sangat tinggi merepresentasikan kondisi resesi aliran dasar yang baik dalam simpanan air DAS, dan waktu resesi yang lama. Bentuk kurva resesi yang landai untuk ketiga DAS penelitian menggambarkan kondisi simpanan air sangat baik.

Kata kunci : bentuk kurva resesi individu, kurva resesi master, karakteristik resesi aliran dasar.

Abstract

The streamflow hydrograph recession curve notes that behavior of the relationship between the aquifer structure and dependencies with the groundwater outflow towards river basin channel. The recession behavior of river basin hydrographs will investigate to understand the hydrology processes of the river basin in the future. This research was conducted with the aim: to analyze the characteristics of the baseflow recession based on the parameters and coefficients of the recession, and the shape of the individual recession curve and the master recession curves both manually and through the processing of genetic algorithms using a linear reservoir model of *hydrooffice* software package *recession curve* (RC) 4.0.

The results of the visualization of the recession curve shape of the watershed of the research shows there is a very interesting trend in the watershed storage process. The characteristics of the baseflow recession to research watershed with the recession curve slope describe the baseflow recession conditions, especially excellent water storage. The river basin of Keduang have the form of a relatively sloping recession curves, both individual and master recession curve with relatively high recession constant ranged between 0,80 – 0,90 have baseflow recession characteristic is excellent, i.e. the watershed water storage which is the higher volume of water storage.

Keywords: *The shape of individual recession curve, the shape of master recession curve, the characteristics of baseflow recession.*

PENDAHULUAN

Karakteristik resesi hidrograf dari suatu sungai berguna dalam menilai kapabilitas hasil air suatu sungai. Kurva resesi dapat digunakan dalam analisis hidrograf banjir, untuk menentukan berapa bagian dari limpasan total yang berasal dari limpasan airtanah. Kurva resesi aliran dasar juga merupakan penghubung antara limpasan permukaan dan aliran airtanah, terutama simpanan air dan karakteristik akuifer (Thomas *et al.*, 2015).

Kurva resesi hidrograf umumnya digunakan untuk memperkirakan parameter resesi, dan sifat akuifer. dan mencerminkan perilaku dari hubungan antara struktur akuifer dan aliran keluar airtanah menuju saluran sungai. DAS Keduang merupakan DAS skala besar dengan luas $\pm 387 \text{ km}^2$, dengan panjang sungai utama 36,848 km; kerapatan drainase (*drainage density*) 2,999 km/km² tergolong pengatusan baik. Kategori nilai Dd tinggi memiliki sifat *impermeabel* dan rentan terhadap banjir dan erosi, sedangkan Dd rendah permeabel dengan infiltrasi rendah, namun kerentanan terhadap banjir rendah. Nilai rasio sirkularitas (*Circulation Ration*, Rc) 0,580 tergolong antara $0,34 < Rc < 0,66$ menunjukkan bahwa bentuk DAS Keduang elips, yakni debit puncak Qp

sedang, *rising time* (Tp) lambat, Tc dengan waktu resesi lebih lambat. Kategori nisbah percabangan sungai (*Bifurcation Ratio*-Rb) 0,998 berada antara $3 < Rb < 5$, yakni termasuk kriteria normal dengan puncak banjir dan resesi sedang. Menurut Horton 1932 dalam Seyhan 1997 bahwa Rb Tinggi (> 5) atau < 1 , memiliki erosi dipercepat, infiltrasi rendah dan mendukung banjir; sedangkan Rb Rendah (< 5) atau > 1 memiliki airtanah dalam, infiltrasi besar dan *Surface runoff* kecil (Analisis Citra Landsat untuk morfometri DAS Keduang, 2006).

Karakteristik fisik DAS Keduang memiliki kondisi wilayah yang cukup berpengaruh terhadap keberlangsungan aliran dasar (sungai). Sementara luas DAS yang besar memiliki kemampuan yang besar dalam menampung input hujan secara geospasial, kemudian dengan parameter kerapatan drainase, nisbah sirkularitas untuk bentuk DAS yang elips, dan nisbah percabangan memiliki kemampuan untuk responsif terhadap aliran. Mencermati uraian diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji **“Keberlanjutan aliran dasar sungai melalui analisis kurva resesi aliran dasar pada DAS Keduang Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah”**

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Keduang Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah dengan mempertimbangkan ketersediaan data SPAS (Stasiun Pengamat Aliran Sungai), terutama debit harian selama kurun waktu 10 tahun, sehingga layak digunakan untuk analisis kurva resesi aliran dasar sungai.

Prosedur penelitian

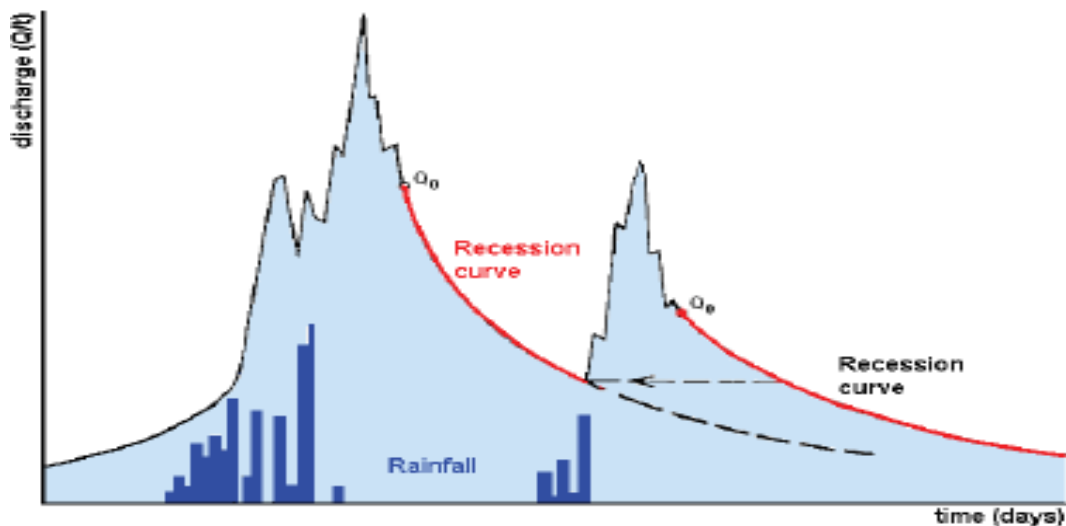
Data debit harian runtu waktu 10 tahun ini diaalisis dengan menggunakan perangkat lunak *hydrooffice 12.0* paket *recession curve* (RC 4.0) untuk memperoleh segmen resesi aliran dasar (Gregor dan Malik, 2012). Hasil penelitian Perzyna (1990) menemukan bahwa data minimal 10 tahun diperlukan untuk melakukan analisis resesi. Hal ini menarik pada lokasi dengan catatan aliran yang sangat singkat, dan lebih mendekati keadaan sebenarnya, yaitu lokasi yang secara hidrologis memiliki kesamaan

dalam catatan aliran yang panjang (Stedinger *et al.*,1993).

Tahapan awal dalam analisis kurva resesi aliran dasar dalah memilih dan mengolah segmen resesi individu. Pemilihan segmen resesi *time series* dilakukan secara otomatis menggunakan fungsi *Automatic RC selection* untuk semua debit yang mengalami penurunan. Hasil analisis segmen resesi terpilih kemudian diimpor ke analisis kurva resesi individu dengan melakukan kalibrasi model reservoir linier (Persamaan 1) dan dilustrasikan dalam Gambar 1 (Boussinesq 1877; Maillet 1905) :

$$Q = Q_0 e^{-kt} \quad (1)$$

dimana : Q_t debit pada waktu t , Q_0 debit awal. Q_0 adalah parameter resesi aliran dasar, yakni simpanan linear, dan k adalah koefisien resesi, bilangan epsilon $e = 2,71828$. Menurut Nathan dan McMahon (1997), menyatakan bahwa nilai parameter dan koefisien resesi terbaik adalah 0,925.



Gambar 1. Definisi kurva resesi (Kullman 1990, *Enhanced*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kurva resesi individu

Optimalisasi parameter resesi aliran dasar

Hasil kalibrasi model reservoir linier untuk DAS Keduang memperoleh nilai parameter resesi Q_0 berkisar antara $1,71 \text{ m}^3/\text{det}$ - $211,08 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan nilai median $32,93 \text{ m}^3/\text{det}$, dan parameter Q_0 per tahun berkisar antara $(1,71 - 6,85 \text{ m}^3/\text{det})$ dengan nilai median $2,77 \text{ m}^3/\text{det}$. Perhitungan nilai α berkisar antara $(0,043 - 0,199)$ dan nilai median $0,102$, dan nilai α per tahun periode 2000 – 2010 berkisar antara $(0,078 - 0,164)$ dan median $(0,133)$. Berdasarkan hasil α untuk total segmen resesi dilakukan perhitungan konstanta resesi (K_{rb}) yang berkisar antara $0,8196 - 0,9579$ dengan median $0,9167$.; sementara perhitungan K_{rb} per tahun selama 2000 –

2010 berkisar antara $0,8487 - 0,9250$ dengan median $0,8755$, disajikan pada Tabel 1.

Perhitungan konstanta resesi aliran dasar untuk ketiga DAS penelitian memenuhi kriteria perhitungan konstanta resesi oleh Nathan dan McMohan (1997). Estimasi parameter resesi Q_0 , koefisien resesi k dan konstanta resesi cenderung bervariasi untuk ketiga DAS penelitian. Menganalisis karakteristik resesi aliran dasar sangat diperlukan kurva resesi yang panjang, sehingga menghasilkan kurva resesi yang optimal. Kurva resesi yang pendek, hanya berisi informasi terbatas mengenai proses resesi dan akhir waktu yang sering terjadi. Untuk mengatasi masalah ini, metode kurva resesi master digunakan untuk mengukur karakteristik resesi dari DAS penelitian.

Tabel 1. Perhitungan parameter dan koefisien resesi periode 2000-2010

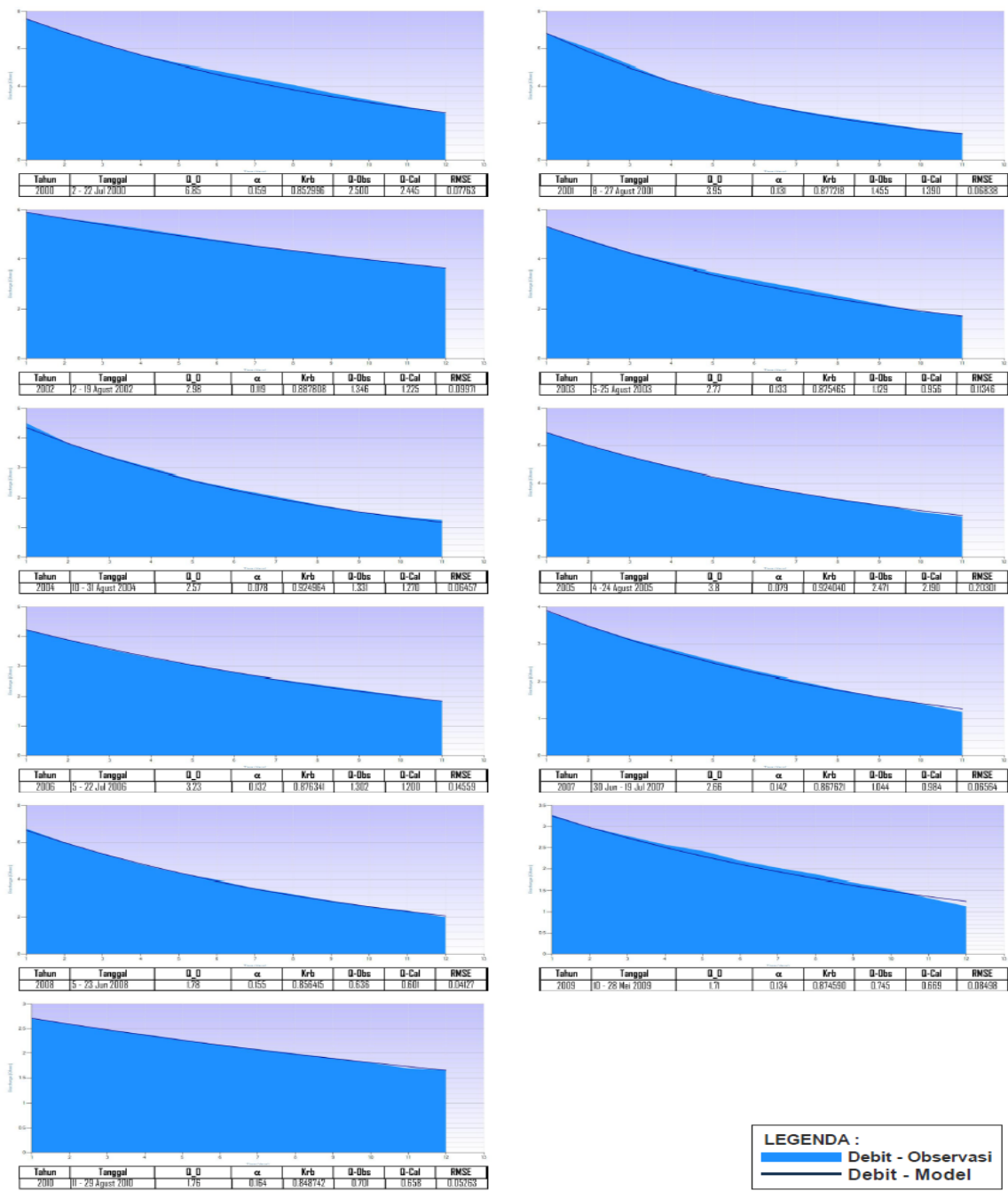
Tahun	Tanggal kurva resesi	Durasi (hari)	Q ₀	α	Krb	Q-Obs	Q-Cal	RMSE
2000	2 - 22 Jul 2000	20	6.85	0.159	0.853	2.50	2.45	0.07763
2001	8 - 27 Agust 2001	19	3.95	0.131	0.877	1.46	1.39	0.06838
2002	2 - 19 Agust 2002	17	2.98	0.119	0.888	1.35	1.23	0.09971
2003	5-25 Agust 2003	20	2.77	0.133	0.875	1.13	0.96	0.11346
2004	10 - 31 Agust 2004	21	2.57	0.078	0.925	1.33	1.27	0.06457
2005	4 -24 Agust 2005	20	3.80	0.079	0.924	2.47	2.19	0.20301
2006	5 - 22 Jul 2006	17	3.23	0.132	0.876	1.30	1.20	0.14559
2007	30 Jun - 19 Jul 2007	19	2.66	0.142	0.868	1.04	0.98	0.06564
2008	5 - 23 Jun 2008	17	1.78	0.155	0.856	0.64	0.60	0.04127
2009	10 - 28 Mei 2009	18	1.71	0.134	0.875	0.75	0.67	0.08498
2010	11 - 29 Agust 2010	18	1.76	0.164	0.849	0.70	0.66	0.05263

Sumber : Analisis kurva resesi individu menggunakan Recession Curve 4.0 Hydrooffice 12

Bentuk kurva resesi individu dari DAS penelitian

Bentuk kurva resesi individu untuk DAS Keduang divisualisasi melalui hasil kombinasi parameter awal resesi Q₀ berkisar antara 1,71 – 6,85, nilai α berkisar antara 0,078 – 0,164, dan Krb berkisar antara 0,8487 – 0,9250. Segemn resesi individu yang dianalisis sebanyak 47 segmen resesi, diperoleh nilai konstanta

resesi \pm 0,90 sebanyak 19 segmen resesi atau 40,43%, dan nilai Krb \pm 0,80 sebanyak 28 segmen resesi atau 59,57%. Bentuk kurva resesi individu cenderung landai dengan nilai resesi berkisar antara 0,80 – 0,90, dan sesuai dengan kriteria dari Nathan and MacMohan (1997) yang menyatakan bahwa sifat simpanan aliran dasar optimal disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk kurva resesi individu untuk DAS Keduang periode 2000 - 2010

Variasi bentuk kurva resesi individu ini juga melewati tahap analisis nilai RMSE (*root mean square error*) yang relative kecil, sehingga segmen resesi terpilih dapat merepresentasikan karakteristik resesi individu dari DAS

penelitian menjadi tidak bias. Perhitungan RMSE untuk DAS Keduang berkisar antara RMSE berkisar antara 0,0413 – 0,2030 dengan nilai median 0,0776.

Visualisasi segmen resesi individu untuk DAS Keduang dengan RMSE < 0,1.

Visualisasi bentuk kurva resesi individu untuk DAS penelitian memperlihatkan tren yang sangat menarik dalam proses penyimpanan air. Peristiwa resesi yang

berbeda-beda terkait dengan proses penyimpanan air yang dicirikan oleh bentuk kemiringan kurva resesi individu dan kurva resesi master.

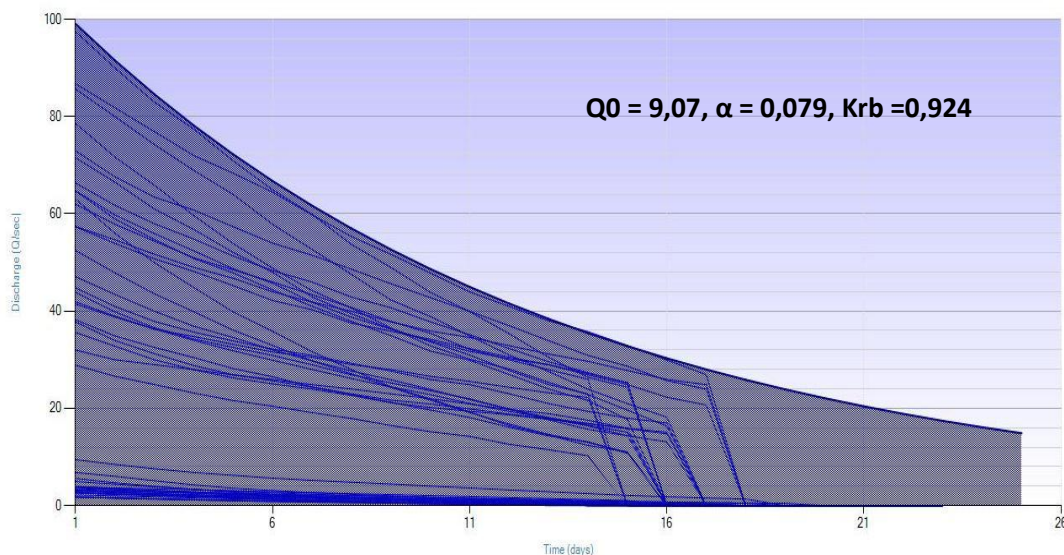
Hasil analisis kurva resesi master

Kurva resesi master secara manual

Hasil analisis kurva resesi master secara manual untuk DAS penelitian menggunakan model reservoir linier diperoleh nilai parameter awal resesi Q_0 (9,07), nilai α sebesar (0,079) dan nilai konstanta resesi K_{rb} sebesar (0,924). Kombinasi parameter Q_0 , α dan K_{rb} berada pada kisaran konstanta resesi aliran dasar optimum yang dilakukan oleh Nathan dan McMohan, sebagaimana disajikan pada Gambar 3.

DAS Keduang memiliki kondisi resesi aliran dasar yang baik, dimana resesi aliran dasar dipengaruhi oleh karakteristik akuifer dan simpanan air bawah permukaan. Hasil estimasi bentuk kurva resesi master secara manual ini mendekati hasil penelitian dari Tallaksen (1997) yang menyatakan bahwa koefisien resesi yang tinggi memiliki kemiringan kurva resesi semakin landai, dan sebaliknya semakin kecil koefisien resesi, kemiringan kurva resesi semakin curam.

Analisis kurva resesi individu dan kurva resesi master menunjukkan bahwa



Gambar 3. Bentuk kurva resesi master secara manual untuk DAS Keduang

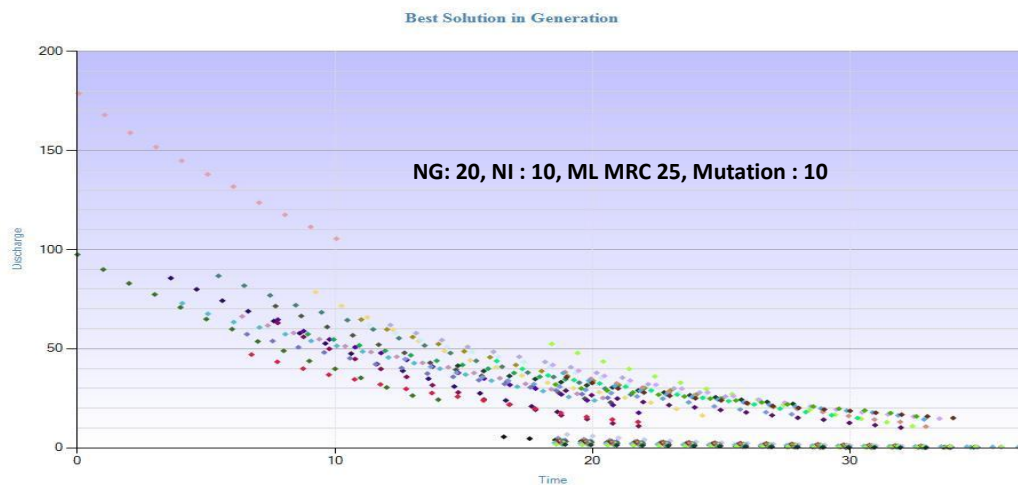
Rangkaian kurva resesi yang membentuk garis-garis kontinyu yang relatif landai, memiliki bentuk kurva resesi master lebih landai. Kurva resesi yang mengelompok akan membentuk dua kurva resesi individu atau lebih. Hal ini

mengindikasikan bahwa ada dua sistem penyimpanan DAS yang berbeda dalam merespon curah hujan disisi penyimpanan aliran dasar ini didukung oleh kondisi akuifer yang baik pula (Shaw dan Riha, 2012).

Hasil analisis kurva resesi master menggunakan algoritma genetika

Tahapan pemrosesan analisis kurva resesi master melalui proses algoritma genetika (*generation algoritma*) adalah mengatur jumlah siklus evolusi dalam parameter *number of generation (NG)*, *number of individu (NI)*, *maximum length of master recession curve (ML MRC)* dan *maximal dispersion of mutation*. Dalam

penelitian ini menggunakan tampilan solusi terbaik dari algoritma genetika disajikan pada Gambar 4, dengan keempat parameter siklus evolusi yakni NG 20, NI 10, *Cross of probability* 0.90, panjang maksimum kurva resesi master 25, dan mutasi 10 untuk DAS penelitian.

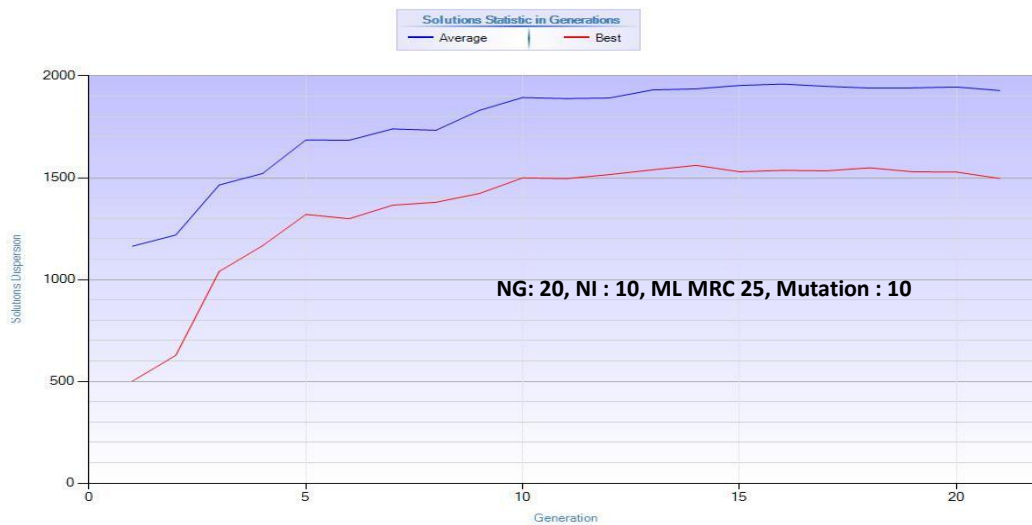


Gambar 4. Visualisasi solusi terbaik (*best solution*) dalam generasi algoritma genetika

Visualisasi nilai disperse untuk DAS Keduang disajikan pada Gambar 5. Kinerja algoritma optimal untuk DAS Keduang menunjukkan trend yang relatif seragam dan stabil dengan sebaran data resesi cenderung bergeser dan menumpuk

ke kanan. Kinerja disperse ini dipertimbangkan cukup optimal untuk karakteristik segmen resesi yang relatif seragam, sehingga dapat dilanjutkan untuk kalibrasi model dengan menentukan parameter dan koefisien resesi kurva resesi master. Hasil evolusi DAS Keduang ini

selanjutnya dikalibrasi dengan model master secara algoritma genetika. reservoir linier untuk analisis kurva resesi

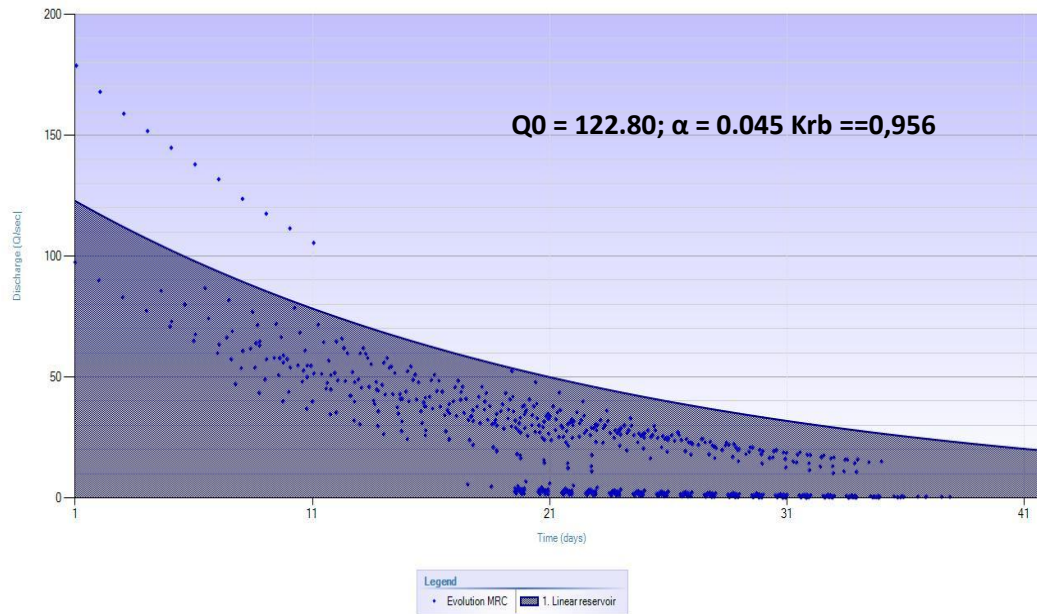


Gambar 5. Pengembangan dispersi solusi dalam siklus evolusional DAS penelitian

Pemilihan kurva resesi individu terpilih diteruskan untuk menganalisis kurva resesi master, yakni dengan jumlah segmen resesi individu terpilih 90. Variasi kurva resesi individu dan kurva resesi master secara manual, dapat dilengkapi dengan analisis kurva resesi secara algoritma genetika dari perangkat lunak *recession curve hydrooffice 12*.

Optimalisasi parameter dan koefisien resesi menggunakan model reservoir linier, menghasilkan bentuk kurva resesi master melalui proses

algoritma genetika di DAS penelitian, memperoleh hasil perhitungan parameter dan koefisien resesi yaitu nilai parameter Q_0 (9,82), nilai α (0,096) dan konstanta resesi (0,921). Bentuk kurva resesi master melalui proses algoritma genetika menunjukkan bahwa bentuk kurva resesi DAS Keduang sangat landai dengan nilai konstanta resesi $\pm 0,900$, artinya bahwa kurva resesi master secara algoritma genetika untuk DAS penelitian memiliki kondisi simpanan air aliran dasar sangat tinggi disajikan pada Gambar 6.



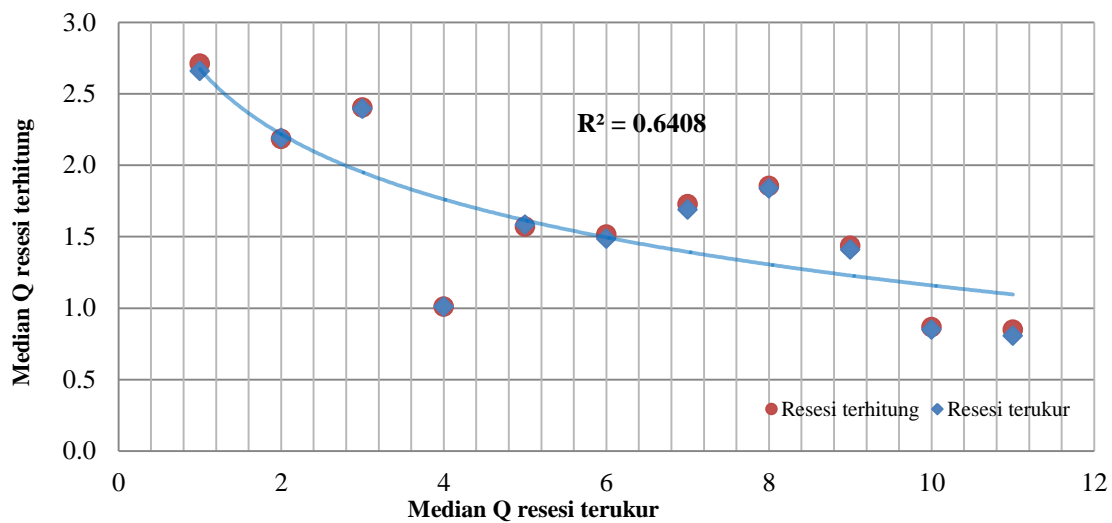
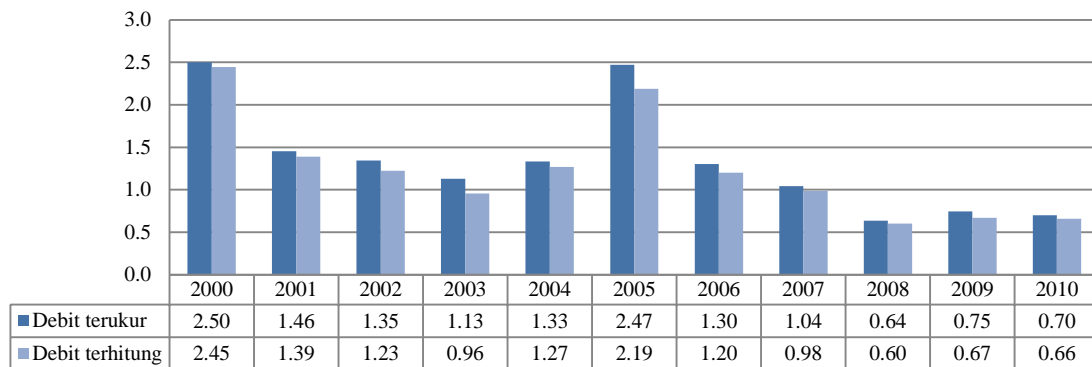
Gambar 6. Hasil algoritma genetik kurva resesi master untuk DAS penelitian

Visualisasi kurva resesi master secara algoritma genetica menunjukkan bahwa distribusi titik data bergeser ke kanan dan cenderung menumpuk. Bentuk kurva resesi master secara algoritma genetica untuk DAS penelitian relatif landai. Bentuk kurva resesi memiliki tren lebih landai mendekati hasil analisis kurva resesi individu dan kurva resesi master secara manual, yakni kondisi aliran dasar memiliki bentuk kurva resesi lebih landai antar peristiwa resesi dan peristiwa resesi di DAS penelitian.

Perhitungan debit resesi terukur dan debit resesi terhitung

Hasil perhitungan median resesi terukur dan median resesi terhitung dari DAS Keduang memiliki median resesi terukur selama periode 2000 – 2010 berkisar antara (0,601 m³/det - 2,445 m³/det) dan median terhitung antara (0,0413 m³/det - 0,2030 m³/det), dan diagram pencar perhitungan median resesi terukur dan median resesi terhitung di DAS Keduang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar (0, 6408), sebagaimana disajikan pada Gambar 7.

Perhitungan debit resesi aliran DAS Keduang



Gambar 7. perhitungan median resesi terukur dan resesi terhitung di DAS Keduang

Keterkaitan resesi aliran dasar dan aspek geologi

Formasi geologi DAS Keduang secara umum didominasi oleh material vulkanik masif di bagian hulu. Material dominan berupa batuan gunungapi yang berasal dari Jobolarangan, Lawu dan Sidoramping. Material yang berasal dari hasil erupsi seperti lahar, lava, tuff, andesit, dan batuan gunungapi lain banyak mendominasi. Material lain berupa aluvial, Formasi Nampol, dan Formasi Semilir menyusun bagian hilir yang merupakan

bagian dari Jalur Pegunungan Baturagung. Karakter Bagian hulu yang didominasi oleh material vulkanik yang masif menyebabkan resistensi batuan terhadap air cukup tinggi. Pola aliran dendritik juga memperkuat bahwa resistensi batuan cenderung sama karena berasal dari material vulkanik. Pola aliran dendritik dicirikan dengan batuan dasar yang bersifat homogen. Resistensi yang tinggi akan banyak berkontribusi terhadap aliran permukaan atau *surface run off*.

KESIMPULAN

Bentuk kurva resesi sebagai suatu segmen hidrograf memiliki korelasi satu sama lain. Hubungan fungsional ini, jika dilengkapi dengan data yang memadai berguna dalam memperoleh pernyataan kuantitatif, dimana bentuk kurva resesi merupakan representasi dari kondisi aliran dasar wilayah. Karakteristik resesi aliran dasar untuk DAS penelitian cenderung

bervariasi dalam semua kurva resesi individu dan kurva resesi master, dengan nilai konstanta resesi berkisar antara 0,8 – 0,9 yang merepresentasikan kondisi resesi aliran dasar yang sangat baik. Bentuk kurva resesi yang landai untuk DAS penelitian menggambarkan kondisi simpanan air sangat baik, dan didukung oleh karakteristik akuifer batuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Biswal, B., Marani, M., 2010. Geomorphological origin of recession curves. *Geography physics Research Lett.* 37 (24), L24403. <http://dx.doi.org/10.1029/2010gl045415>
- Boussinesq, J., 1877. Essai sur la theorie des eaux courantes: du mouvement non permanent des eaux souterraines. *Academic Scientific Institute France.* 23, 252–260.
- Brutsaert, W., 2008. Long-term groundwater storage trends estimated from streamflow records: climatic perspective. *Water Resource Research.* 44 (2), W02409.
- Gregor, M. and Malík, P., 2012. Construction of master recession curve using genetic algorithms. *Journal of Hydrology Hydromech.*, 60(1), 3-15. [Doi: 10.2478/v10098-012-0001-8](https://doi.org/10.2478/v10098-012-0001-8)
- Gregor, M., 2010. HydrOffice user manual version 2010. <http://hydrooffice.org>
- Gregor, S. and Malik, 2012. HydrOffice user manual version 2012. <http://hydrooffice.org>
- Kullman E., 1990. *Krasovo-puklinové vody. Karst-fissure waters.* GÚDŠ, in Slovak with Slovak Extended Summary). Bratislava, 184 p.
- Maillet, E., 1905. *Essai d'hydraulique souterraine et fluviale.* Librairie Sci., A. Herman, Paris. (Cited by Hall (1968))
- Nathan, R.J. and McMahon, T.A. 1990. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analysis. *Water Resources Research, Vol. 26. No. 7, Pages 1465-1473.*
- Perzyna, G., 1990. Parameter estimation from short observation series of low flows. In: G. Perzyna (Editor), *Derived Frequency Distribution for Low Flows, Dr. Sci. Thesis.* Inst. Geophys., University of Oslo, Oslo, 1993, Part 3. University of Oslo, Oslo.
- Shaw, S.B., McHardy, T.M., Riha, S.J., 2013. Evaluating the influence of watershed moisture storage on variations in base flow recession rates during prolonged rain-free periods in medium-sized catchments in New York and Illinois, USA. *Water Resource Research.* 49 (9), 6022–6028.
- Shaw, S.B., Riha, S.J., 2012. Examining individual recession events instead of a data cloud: Using a modified

interpretation of $dQ/dt-Q$ streamflow recession in glaciated watersheds to better inform models of low flow. *Journal of hydrology* 434, 46–54.

Stedinger, J.R., Vogel, R.M. and Foufoula-Georgiou, E., 1993. Frequency analysis of extreme events. In: D.R. Maidment (Editor), *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, New York, p. 18.55

Szilagyi, J., Gribovszki Z., Kalicz P., 2007. Estimation of catchment-scale evapotranspiration from base flow recession data: numerical model and practical application results. *Journal of hydrology*, 336:206–17, [doi:10.1016/j.jhydrol.2007.01.004](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.01.004)

Thomas, B.F., Richard, M.V., and Famiglietti, J.S., 2015. Objective hydrograph baseflow recession analysis. *Journal of hydrology*. 525, 102-112.