

# ANALISIS PERSAMAAN LENGKUNG DEBIT PADA POS DUGA AIR DI HULU SUNGAI WADUK KEDUNGOMBO

Ananda Dwi Setiawan Kresfiapriyanto<sup>1,2,\*</sup>, Slamet Imam Wahyudi<sup>1,\*\*</sup>,  
Moh Faiqun Ni'am<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Jl. Kaligawe Raya Km.4, Kota Semarang 50112

<sup>2</sup>) Ahli Pertama – Teknik Pengairan, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

<sup>\*</sup>) Correspondent Author: anadadwisk@gmail.com, 081229422590

<sup>\*\*</sup>) Correspondent Author: wahyudi@unissula.ac.id

## Abstract

*Kedungombo reservoir is the largest reservoir in the Serang-Lusi watershed, Jratunseluna river basin, Central Java. Water level and discharge in the upstream river entering the reservoir were measured at 3 Gauging Stations (AWLR Guwo - Serang River, AWLR Jengglong - Laban River, and AWLR Girimargo - Uter River). The objective of this research is to determine the river's cross section, analyse changes in water level, calculate the equation for the rating curve, and assess the accuracy of the present equations at the observation site.*

*The discharge curve analysis (Rating curve) was carried out using logarithmic analysis based on references from WMO, WSC and the Ministry of Public Works and Housing. This rating curve will describe the relationship of water level measurement to the observed river discharge.*

*Measurements of river flow and cross-section in 2022 were carried out to add historical data on water level fluctuations as well as previous discharge measurements. The rating curve equations for the three gauging stations that were observed sequentially were Guwo station ( $Q = 13.23*(H+0.6)^{2.432}$ ), Jengglong station ( $Q = 15.536*(H+0.2)^{2.505}$ ) and Girimargo station ( $Q = 17,128*(H+0.0)^{2,203}$ ). The rating curves that have been calculated indicate low accuracy at low water level due to the presence of scour and fill at the bottom of the cross-section with correlation values and RMSE respectively: PDA Guwo ( $R = 0.998$  and  $RMSE = 1.62$ ), PDA Jengglong ( $R = 0.985$  and  $RMSE = 0.44$ ), and PDA Girimargo ( $R = 0.961$  and  $RMSE = 1.00$ ).*

**Keywords:** Hydrology, Rating Curve, Water Level, Gauging Station, Kedungombo

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Wilayah sungai (WS) merupakan kumpulan Daerah Aliran Sungai (DAS) pada satu kesatuan pada wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai atau pulau-pulau kecil yang luasannya

kurang dari atau sama dengan 2000 km<sup>2</sup>. (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015). Satu WS dapat terdiri dari beberapa DAS baik lintas kabupaten/kota, provinsi, maupun lintas negara yang ditetapkan oleh pemerintah. Setiap DAS pada

setiap WS memiliki karakteristik hidrologinya masing-masing dan unik sesuai dengan topografi dan kondisi-kondisi tertentu di wilayahnya.

Waduk Kedungombo merupakan Reservoir terbesar pada DAS Serang-lusi, WS Jratunseluna, Provinsi Jawa Tengah (Novandi et al., 2019). Infrastruktur SDA di WS Jratunseluna dikelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana (BBWS Pemali-Juana. Maka dari itu Pengelolaan SDA pada DAS Serang-Lusi khususnya Sistem Waduk Kedungombo sangat penting dilakukan oleh lembaga dan seluruh unit di dalamnya yang memiliki kewenangan.

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang keairan di antaranya pos hidrologi sebagai alat pengamatan. (Salsabila & Nugraheni, 2020). Pos hidrologi merupakan salah satu bentuk infrastruktur yang dibangun dan dikelola sebagai bentuk pengelolaan sumber daya air (PSDA). Pos hidrologi sendiri dapat didefinisikan sebagai bangunan dan seluruh peralatannya yang lokasinya telah ditetapkan berdasarkan perencanaan jaringan hidrologi dengan beberapa tahapan survei berfungsi untuk memantau karakteristik hidrologi suatu wilayah. (Larosa et al., 2014). Beberapa pos yang termasuk Pos hidrologi di antaranya pos duga air, pos curah hujan dan pos klimatologi.

Lengkung debit sebagai hubungan antara Tinggi muka air (TMA)-Debit ini dapat dinyatakan dalam suatu persamaan lengkung debit yang dapat digambarkan pada kurva lengkung debit (*World Meteorological*

*Organization et al.*, 2010) . Lengkung debit digunakan untuk memperkirakan debit sungai/saluran berdasarkan bacaan TMA. (Alizadeh et al., 2021). Perumusan persamaan dan kurva lengkung debit dapat diolah dari data historis pengukuran debit. Pengukuran debit dapat dilakukan menggunakan alat ukur arus (Badan Standardisasi Nasional, 2015; *United State Geological Survey* (USGS) et al., 2010; *United State Geological Survey* (USGS) & Sauer, 2002). Beberapa data seperti data penampang sungai, fluktuasi muka air, dan pengukuran debit dengan alat ukur debit dibutuhkan dalam penyusunan persamaan lengkung debit ini untuk menjamin keakuratannya. Lengkung debit dapat bermanfaat dalam peramalan debit banjir melalui pembacaan TMA. (Di Baldassarre & Claps, 2011).

Kendala yang signifikan dalam pengembangan sumber daya air di negara berkembang adalah kurangnya data debit sungai yang akurat (Negatu et al., 2022). Hal ini menjadikan akurasi dari persamaan dan kurva lengkung debit menjadi sangat penting karena digunakan untuk memperkirakan debit sungai. Beberapa penelitian telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya mengenai topik dan *keyword* tentang “Lengkung Debit”, “Persamaan Lengkung Debit”, “Hubungan antara Tinggi Muka Air dan Debit”. Aspek yang diteliti mengenai topik tersebut mulai dari membahas hubungan penggunaan atau penyusunan beberapa metode baru untuk membuat persamaan lengkung debit

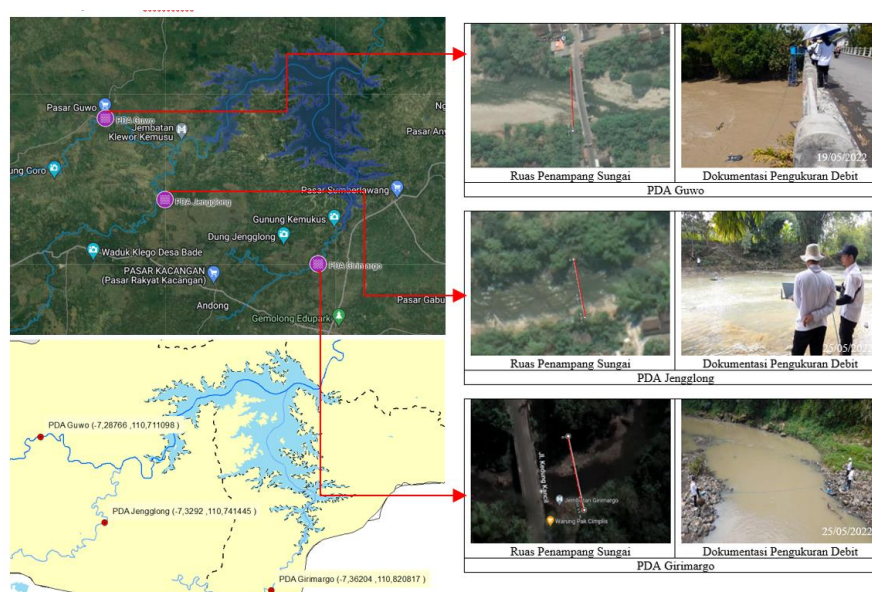
Sebagian penelitian mengenai lengkung debit yang sudah ada dilakukan dengan studi kasus pada lokasi-lokasi sungai yang memiliki urgensi untuk diketahui hubungan antara tinggi muka air dan debitnya seperti Sungai Lambagu di Palu (Neno et al., 2016) hingga Sungai Batang Melaka (Zakariah et al., 2021). Pada penelitian kali ini data TMA dan pengukuran debit akan digunakan sebagai dasar penentuan fluktuasi muka air dan bentuk penampang sungai agar dapat ditentukan batas atas dan batas bawah untuk TMA di lengkung debit, juga akan diidentifikasi pengaruh kontrol lengkung debit pada persamaannya. Selanjutnya persamaan tersebut akan di validasi dan di evaluasi apakah menghasilkan data debit yang wajar untuk penampang sungainya. Seperti yang telah diuraikan di latar belakang, pada penelitian ini terdapat urgensi untuk melakukan analisis persamaan lengkung debit pada DAS Serang-lusi karena merupakan DAS

terluas di salah satu WS terbesar di provinsi Jawa Tengah. Maka penelitian dilakukan untuk mengetahui penampang sungai, fluktuasi muka air, persamaan lengkung debit serta memvalidasi dan mengevaluasi persamaan yang dibuat pada lokasi pengamatan di pos duga air tersebut.dengan metode yang mengacu pada instruksi kerja Ditjen SDA, KemenPUPR dan beberapa literatur lain.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Ketiga lokasi penelitian yaitu Pos Duga Air Guwo, Jengglong dan Girimargo. seluruhnya berada di Hulu sungai Waduk Kedungombo, DAS Serang-Lusi, WS Jratunseluna, Jawa Tengah tepatnya secara berurutan di sungai Serang, Laban, dan Uter. Gambar 1 menunjukkan lokasi, citra satelit dan foto keadaan saat pengukuran pada ketiga lokasi pengamatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (BBWS Pemali Juana, 2021)

### Pengumpulan Data

Data sekunder mulai dari data geospasial hingga data hidrologi meliputi data TMA ketiga lokasi selama 10 tahun terakhir dan data historis pengukuran debit didapatkan dari database Unit Hidrologi dan Kualitas Air, BBWS Pemali Juana. Sedangkan data primer akan diperoleh pada saat pengukuran debit sungai berupa update pengukuran debit dan penampang sungai tahun 2022. (Zakariah et al., 2021)

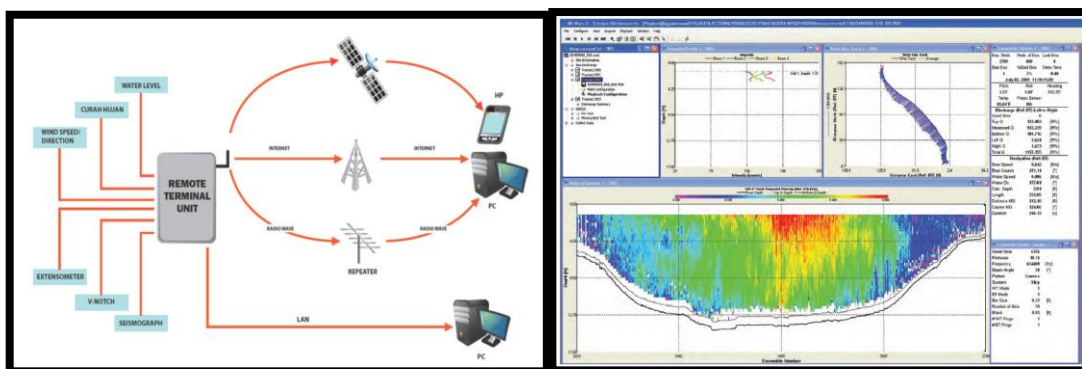
### Pengolahan Data

Pengolahan data yang telah dikumpulkan akan menggunakan laptop dengan berbagai macam software seperti Microsoft Office 2016 (Word, Excel, Powerpoint, dll),

Rstudio, ArcMap 10.5, Global Mapper 18, Google Earth Pro, Google Chrome, Mendeley Desktop, AutoCAD Civil 3D 2019, Adobe Reader dan Nitro Pro. (Gujral et al., 2015; Larosa et al., 2014; United State Geological Survey (USGS) et al., 2010; Water Survey of Canada et al., 2016)

### Analisis Data

- Fluktuasi dan Penampang Sungai Lokasi didapatkan melalui nilai minimum dan maksimum data historis AWLR (Asnaning & Putra, 2018) TMA. Penampang sungai diukur pada saat pengukuran debit menggunakan ADCP. Gambar 2 memberikan ilustrasi cara kerja AWLR dan ADCP.



Gambar 2. a) Skema Kerja Pengiriman Data AWLR (Andritechindo, 2022)  
b) Pengukuran Debit Menggunakan ADCP

- Persamaan dan Kurva Lengkung Debit disusun mengacu pada instruksi kerja Ditjen SDA, KemenPUPR dan selanjutnya analisis dengan regresi logaritmik akan mengacu pada beberapa literatur tambahan yang

dikeluarkan oleh WMO, WSC dan pedoman lainnya. (Kim et al., 2016; Mcmillan & Westerberg, 2015; Negatu et al., 2022; Water Survey of Canada et al., 2016)

$$Q = A (H - H_0)^B \quad (1)$$

(Direktorat Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2009; *World Meteorological Organization*, 2020; *World Meteorological Organization et al.*, 2010)

Dimana :

Q = debit (m<sup>3</sup>/dt)

H = tinggi muka air (m)

$$B = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - (\sum_{i=1}^N X_i)(\sum_{i=1}^N Y_i)}{N \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \quad (2)$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i - B \sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (3)$$

(DHV Consultants BV et al., 1999)

Dimana :

X = Log (H-H<sub>0</sub>)

Y = Log (Q)

N = Jumlah Data

- Validasi dan Evaluasi Lengkung Debit berdasarkan studi literatur dilakukan dengan perhitungan nilai Korelasi dan *Root Mean Square Error (RMSE)* akan menjadi dasar justifikasi untuk mengetahui variabel apa yang berpengaruh pada jenis lengkung debit dan deskripsi ini akan membantu proses kalibrasi lengkung debit (Fahmi et al., 2017; Goel, 2011; Mansanarez et al., 2019)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Sekunder dan Hasil Pengukuran

Data sekunder berupa historis pengukuran debit serta rekapitulasi fluktuasi muka air pada ketiga lokasi yang telah dilakukan oleh Unit Hidrologi dan Kualitas Air BBWS Pemali Juana pada ketiga Pos Duga Air

H<sub>0</sub> = tinggi muka air pada saat aliran sama dengan nol

A,B = konstanta

Metode logaritmik *Least Square* digunakan untuk menentukan koefisien A dan B dapat dilihat pada Persamaan 2 dan Persamaan 3.

(PDA) tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 historis TMA dan pengukuran debit yang sudah pernah dilakukan pada ketiga lokasi dapat ditabulasikan menjadi aliran terkecil dan aliran terbesar yang pernah terjadi. Berdasarkan data sesuai Tabel 2, TMA PDA Guwo berkisar antara -0,32m sampai 3,55; PDA Jengglpng -0,15 sampai 3 m; dan PDA Girimargo antara 0 – 4 m. semua data ini tercatat pada tahun 2015-2019. Ketiga pos memiliki fluktuasi muka air berkisar 4 m. Pengukuran debit dan penampang sungai dilakukan pada tahun 2022 untuk menambah data historis. Rekapitulasi hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan penampang hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 5.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Historis Pengukuran Debit hingga Tahun 2021

PDA Guwo		PDA Jengglong		PDA Girimargo	
TMA (m)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	TMA (m)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	TMA (m)	Debit (m <sup>3</sup> /s)
-0.52	0.680	0.00	0.301	0.18	0.043
-0.52	0.730	0.00	0.351	0.22	0.157
-0.50	1.118	0.05	0.407	0.23	0.161
-0.50	5.988	0.10	1.003	0.25	1.200
-0.21	2.675	0.10	0.434	0.25	2.471
-0.20	10.650	0.13	0.509	0.25	0.180
-0.04	3.160	0.15	0.532	0.27	2.910
0.00	4.650	0.16	1.410	0.29	0.301
0.10	6.613	0.18	1.189	0.30	1.770
0.30	9.140	0.23	1.941	0.30	0.509
0.33	10.280	0.25	2.120	0.30	1.196
0.38	12.770	0.28	2.471	0.33	1.830
0.55	27.100	0.30	2.871	0.35	1.095
1.21	58.540	0.34	3.250	0.37	0.090
1.80	111.150	0.35	3.165	0.45	3.550
		0.38	3.883	0.48	4.790
		0.38	3.970	0.55	5.870
				0.68	10.300
				0.85	11.072
				0.85	11.973

Tabel 2. Fluktuasi Muka Air PDA

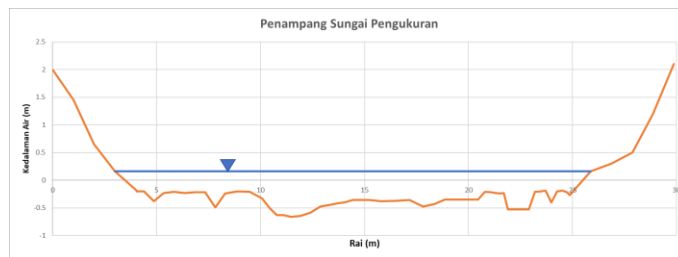
PDA	Aliran terkecil		Aliran terbesar	
	TMA	Tanggal	TMA	Tanggal
Guwo	-0.32	29/06/2019	3.52	07/04/2017
Jengglong	-0.15	29/08/2015	3	23/04/2015
Girimargo	0	17/01/2018	4	16/02/2018

Tabel 3. Rekapitulasi Pengukuran Debit Tahun 2022

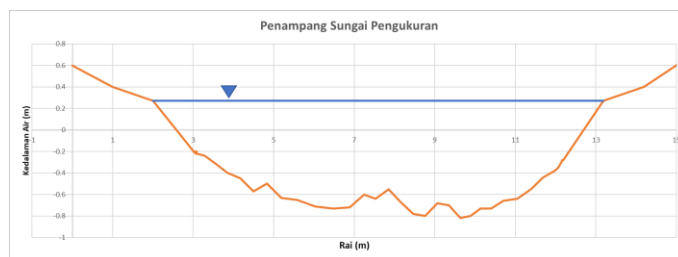
PDA	Tanggal	TMA (m)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Metode
Guwo	23/03/2022	-0.20	10.65	ADCP
	19/05/2022	0.55	27.10	ADCP
Jengglong	16/03/2022	0.34	3.25	ADCP
	25/05/2022	0.16	1.41	ADCP
Girimargo	16/03/2022	0.55	5.87	ADCP
	25/05/2022	0.27	2.91	ADCP



Gambar 3. Penampang Sungai Serang – Pos Duga Air Guwo



Gambar 4. Penampang Sungai Laban – Pos Duga Air Jengglong



Gambar 5. Penampang Sungai Uter – Pos Duga Air Girimargo

Hasil pengukuran debit pada PDA Guwo saat TMA 0,55 m menunjukkan debit sebesar 27,098 m<sup>3</sup>/s dengan kecepatan arus 0,562 m/s. Adapun luas penampang basah sebesar 48,191m<sup>2</sup> dan lebar muka air sebesar 53,9 m. PDA Guwo saat TMA 0,16 m memiliki debit sebesar 1,41 m<sup>3</sup>/s dengan kecepatan arus 0,112 m/s. Adapun luas penampang basah sebesar 11,57 m<sup>2</sup> dan lebar muka air sebesar 21,4 m. PDA Girimargo saat TMA 0,27 m memiliki debit sebesar 2,91 m<sup>3</sup>/s dengan kecepatan arus 0,341 m/s. Adapun luas penampang basah sebesar 8,52 m<sup>2</sup> dan lebar muka air sebesar 9,38 m. Adapun

data pendukung lain yang didapatkan dari pengamatan citra satelit didapatkan lebar sungai berturut-turut adalah Serang(PDA Guwo)  $\pm$  60 m, Laban (PDA Jengglong)  $\pm$  30 m, dan Uter (PDA Girimargo)  $\pm$  30 m. Kedalaman maksimum sungai terhadap jembatan secara berurutan  $\pm$ 5 m,  $\pm$ 4,5m, dan  $\pm$ 4 m.

### Penyusunan Lengkung Debit

Penentuan Nilai H<sub>0</sub> pada Analisis kali ini menggunakan data H<sub>0</sub> yang telah diukur pada saat pengukuran debit terakhir. Berdasarkan pengukuran debit diperoleh data H<sub>0</sub> yang dapat dilihat

pada Tabel 4. Penentuan H<sub>0</sub> ini berdasarkan keadaan *peilschall* di lokasi pengukuran.

Tabel 4. Nilai H<sub>0</sub>

PDA	H <sub>0</sub> (m)	Tanggal
Guwo	-0.6	19/11/2021
Jengglong	-0.2	11/11/2021
Girimargo	0	11/11/2021

Perhitungan nilai A dan B menggunakan metode *Least Square*. Data historis pengukuran debit diurutkan dari TMA rendah-tinggi. Tabel 5 merupakan contoh perhitungan menggunakan data PDA Jengglong. Analisis dilakukan terhadap ketiga pos duga air dengan metode yang sama yaitu *Least Square*.

Nilai X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>, X<sub>i</sub>Y<sub>i</sub> dan (X<sub>i</sub>)<sup>2</sup> pada persamaan 2 digunakan untuk menghitung Koefisien A dan B.

Persamaan lengkung debit disusun berdasarkan nilai H<sub>0</sub>, A dan B masing-masing PDA. Rekapitulasi persamaan lengkung debit dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan rumus/persamaan lengkung debit pada Tabel 6 dapat digunakan untuk menyusun tabel konversi TMA-Debit yang selanjutnya dapat diolah menjadi kurva lengkung debit yang dapat dilihat pada Gambar 6 sampai Gambar 8.

Tabel 5 Metode *Least Square* PDA Jengglong

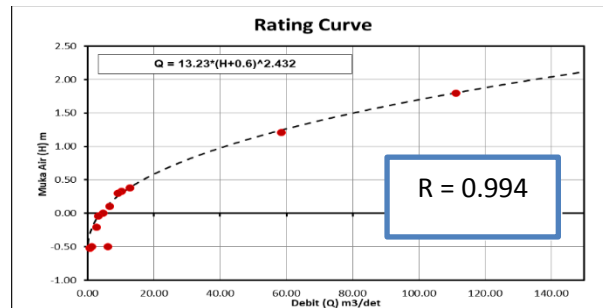
H <sub>0</sub> = -0.20 m Jengglong							
No	TMA (H)	Q	(H-H <sub>0</sub> )	X <sub>i</sub> Log (H-H <sub>0</sub> )	Y <sub>i</sub> (LogQ)	(X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub> )	(X <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>
1	0.00	0.30	0.20	-0.70	-0.52	0.36	0.49
2	0.00	0.35	0.20	-0.70	-0.45	0.32	0.49
3	0.05	0.41	0.25	-0.60	-0.39	0.24	0.36
4	0.10	1.00	0.30	-0.52	0.00	0.00	0.27
5	0.10	0.43	0.30	-0.52	-0.36	0.19	0.27
6	0.13	0.51	0.33	-0.48	-0.29	0.14	0.23
7	0.15	0.53	0.35	-0.46	-0.27	0.12	0.21
8	0.16	1.41	0.36	-0.44	0.15	-0.07	0.20
9	0.18	1.19	0.38	-0.42	0.08	-0.03	0.18
10	0.23	1.94	0.43	-0.37	0.29	-0.11	0.13
11	0.25	2.12	0.45	-0.35	0.33	-0.11	0.12
12	0.28	2.47	0.48	-0.32	0.39	-0.13	0.10
13	0.30	2.87	0.50	-0.30	0.46	-0.14	0.09
14	0.34	3.25	0.54	-0.27	0.51	-0.14	0.07
15	0.35	3.17	0.55	-0.26	0.50	-0.13	0.07
16	0.38	3.88	0.58	-0.24	0.59	-0.14	0.06



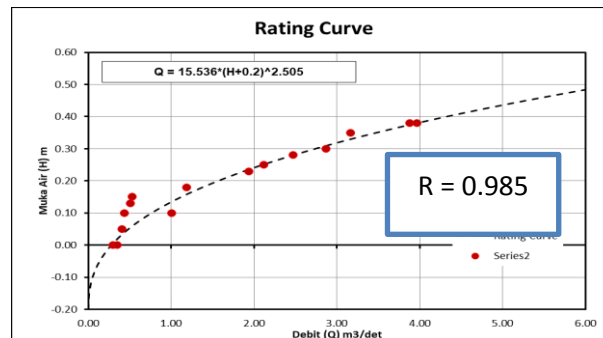
$H_0 = -0.20$		m		Jengglong			
No	TMA (H)	Q	(H-H <sub>0</sub> )	X <sub>i</sub> Log (H-H <sub>0</sub> )	Y <sub>i</sub> (LogQ)	(X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub> )	(X <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>
17	0.38	3.97	0.58	-0.24	0.60	-0.14	0.06
Total				-7.181	1.595	0.245	3.397

Tabel 6 Persamaan Lengkung Debit

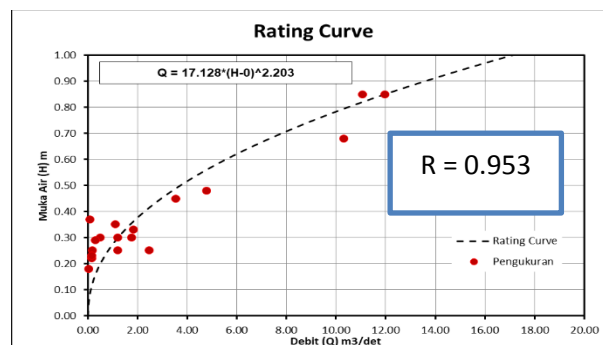
Nama Pos	Ho	A	B	Rumus Lengkung Debit
PDA Guwo	-0.600	13.230	2.431	$Q = 13.23*(H+0.6)^{2.432}$
PDA Jengglong	-0.200	15.535	2.505	$Q = 15.536*(H+0.2)^{2.505}$
PDA Girimargo	0.000	17.127	2.203	$Q = 17.128*(H-0)^{2.203}$



Gambar 6. Lengkung Debit Pos Duga Air Guwo



Gambar 7. Lengkung Debit Pos Duga Air Jengglong

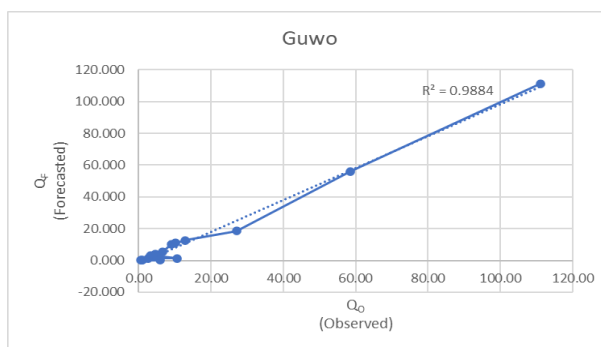


Gambar 8. Lengkung Debit Pos Duga Air Girimargo

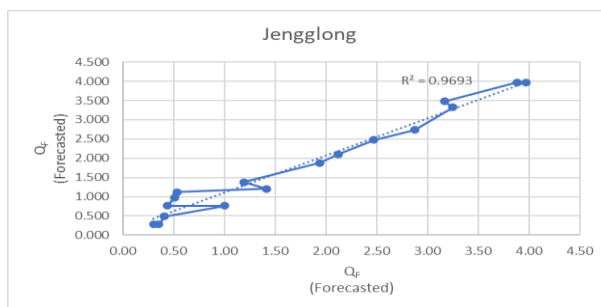
### Validasi dan Evaluasi Data

Nilai Korelasi antara Debit peramalan dengan debit pengukuran dapat digambarkan dengan kurva hubungan. Berdasarkan kurva tersebut melalui analisis linearitas dapat diperoleh nilai korelasi antar keduanya. Nilai RMSE

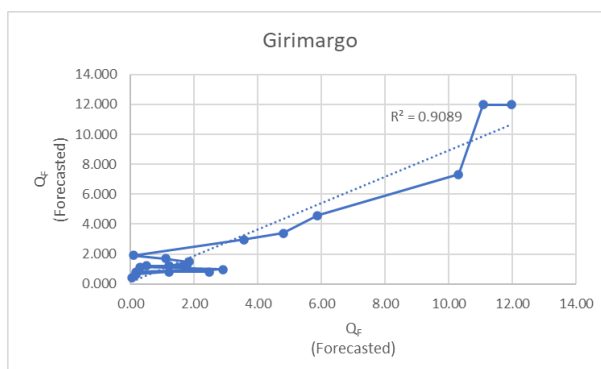
juga dihitung untuk menunjukkan nilai kuadrat dari kesalahan peramalan dan pengukuran. Gambar 9 – Gambar 11 menunjukkan korelasi hasil pengukuran dan peramalan, sedangkan Tabel 7 merupakan hasil rekapitulasi Varian, Korelasi dan RMSE.



Gambar 9. Grafik hubungan antara Debit Peramalan-Pengamatan Pos Duga Air Guwo



Gambar 10. Grafik hubungan antara Debit Peramalan-Pengamatan Pos Duga Air Jengglong



Gambar 11. Grafik hubungan antara Debit Peramalan-Pengamatan Pos Duga Air Girimargo

Tabel 7 Rekapitulasi Nilai Varian, Korelasi dan RMSE

Nama Pos	Varian (R2)	Korelasi (R)	RMSE
Pos Duga Air Guwo	0.988	0.994	1.62
Pos Duga Air Jengglong	0.969	0.985	0.44
Pos Duga Air Girimargo	0.909	0.953	1.00

Tabel 7 menampilkan nilai korelasi yang berkisar antara 0,95-0,99 yang menunjukkan hubungan antara data hasil peramalan dengan pengukuran debit tinggi. Nilai RMSE berkisar antara 0,44-1,62 menunjukkan penyimpangan data / kesalahan terkecil secara statistik ada pada pos duga air jengglong.

#### SIMPULAN

Berdasarkan analisis serta perhitungan yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sesuai dengan tujuan antara lain Telah diperoleh data primer berupa pengukuran debit dan penampang sungai tahun 2022 dengan debit terukur pada ketiga lokasi adalah PDA Guwo (27,098 m<sup>3</sup>/s), PDA Jengglong (1,41 m<sup>3</sup>/s), dan PDA Girimargo (2,91 m<sup>3</sup>/s). Lebar sungai secara berurutan adalah ±60 m, ±30 m dan ±30 m. Kedalaman sungai ketiga lokasi berkisar antara 4-5 meter.

Adapun data pendukung lain seperti TMA minimal dan maksimal ketiga lokasi berkisar antara -0,52 hingga 4 m. Dengan debit maksimal terukur secara berurutan 111,15 m<sup>3</sup>/s, 3,97 m<sup>3</sup>/s, dan 11,97 m<sup>3</sup>/s. Persamaan lengkung debit untuk ketiga pos duga air yang diamati secara berurutan adalah PDA Guwo ( $Q=13.23*(H+0.6)^{2.432}$ ), PDA Jengglong ( $Q=15.536*(H+0.2)^{2.505}$ )

dan PDA Girimargo ( $Q=17.128*[(H+0.0)]^{2.203}$ )

Ketiga lengkung debit yang telah dibuat mengindikasikan adanya scour dan fill pada dasar penampang dengan nilai korelasi dan RMSE secara berurutan adalah PDA Guwo (R=0,998 dan RMSE=1,62), PDA Jengglong (R=0,985 dan RMSE=0,44) dan PDA Girimargo (R=0,961 dan RMSE=1.00). Ketiga lengkung debit memiliki ketelitian lebih rendah pada TMA bacaan rendah akibat adanya *scour and fill* pada lokasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, F., Gharamaleki, A. F., & Jalilzadeh, R., 2021, A Two-stage Multiple-Point Conceptual Model to Predict River Stage-discharge Process Using Machine Learning Approaches. *Journal of Water and Climate Change*, 12 (1).
- Andritechindo, 2022, *Andritechindo Webpage*.
- Asnaning, A.R., & Putra, S.D., 2018, Flood Early Warning System Using Cognitive Artificial Intelligence: The Design of AWLR Sensor. 2018 *International Conference on Information Technology Systems and Innovation, ICITSI 2018 -*

- Proceedings*, 165–170.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015, SNI 8066: Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai Dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus Dan Pelampung. *SNI 8066:2015 Badan Standardisasi Nasional*, 40.
- BBWS Pemali Juana, K.P., 2021, *Laporan Inspeksi Pos Hidrologi BBWS Pemali Juana Tahun 2022*.
- DHV Consultants BV, Delft Hydraulics, Halcrow, Tahal, CES, ORG, & JPG., 1999, How to Establish Stage Discharge Rating Curve. In *Training Module SWDP-29* (Issue November). World Bank & Government of The Netherlands funded.
- Di Baldassarre, G., & Claps, P., 2011, A Hydraulic Study on the Applicability of Flood Rating Curves. *Hydrology Research*, 42(1), 10–19.
- Direktorat Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2009, *Prosedur dan Instruksi Kerja Pembuatan Lengkung Debit (Rating Curve) Nomor QA/HDR/04/2009*. 20.
- Fahmi, N.M., Suprayogi, I., & Fauzi, M., 2017, *Model Hubungan Antara Tinggi Muka Air-Debit Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Anfis)*. 23(5), 48–57.
- Goel, A., 2011, ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River. *ISRN Civil Engineering*, 2011, 1–4. <https://doi.org/10.5402/2011/291370>
- Gujral, A., Bhalla, A., & Biswas, D., 2015, *Automatic water level and water quality monitoring*. January, 511–523.
- Kim, S.E., Shin, J., Seo, I. W., & Lyu, S., 2016, Development of Stage-discharge Rating Curve Using Hydraulic Performance Graph Model. *Procedia Engineering*, 154, 334–339.
- Larosa, F., Ferdiansyah, A., Galihkusuma, L., Windatingsih, D., & Seizarwati, W., 2014, *Model Sistem Kendali Mutu Data Hidrologi Nasional* (Issue 022). Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.
- Mansanarez, V., Renard, B., Coz, J. Le, Lang, M., & Darienzo, M., 2019, Shift Happens! Adjusting Stage-Discharge Rating Curves to Morphological Changes at Known Times. *Water Resources Research*, 55(4), 2876–2899.
- Mcmillan, H.K., & Westerberg, I.K., 2015, Rating curve estimation under epistemic uncertainty. *Hydrological Processes*, 29(7), 1873–1882.
- Negatu, T.A., Zimale, F.A., & Steenhuis, T.S., 2022, *Establishing Stage – Discharge Rating Curves in Developing Countries: Lake Tana Basin, Ethiopia*. 1–26.
- Neno, A.K., Harijanto, H., & Wahid., A., 2016, Hubungan Debit Air dan Tinggi Muka Air di Sungai Lambagu Kecamatan Tawaeli

- Kota Palu. *Warta Rimba*, 4(2), 1–8.
- Salsabila, A., & Nugraheni, I.L., 2020, Pengantar Hidrologi. In *Pengantar Hidrologi*. AURA.
- United State Geological Survey (USGS), & Sauer, V., 2002, Standards for the Analysis and Processing of Surface-Water Data and Information Using Electronic Methods, Water-Resources Investigations Report 01-4044. *US Geological Survey Water Resources Investigations, Report 01-*, 106.
- United State Geological Survey (USGS), United State Department of the Interior, Turnipseed, D. P., & Sauer, V. B., 2010, Discharge Measurements at Gaging Stations. In *Techniques of Water-Resources Investigation, Book 3, Chapter A8*. United State Geological Survey (USGS).
- Water Survey of Canada, Rainville, F., Hutchinson, D., Stead, A., Moncur, D., & Elliott, D., 2016, *Hydrometric Manual – Data Computations Stage-Discharge Model Development and Maintenance*. Water Survey of Canada Weather and Environmental Monitoring Directorate Issued under the authority of the Assistant Deputy Minister, Meteorological Service of Canada.
- World Meteorological Organization, 2020, Guide to Hydrological Practices (WMO No. 168). In *Hydrological Sciences Journal: Vol. Volume I* (Issue Hydrology – From Measurement to Hydrological Information).
- World Meteorological Organization, Rantz, S.E., Herschy, R.W., & Sauer, 2010, *Manual on Stream Gauging Volume II - Computation of Discharge (WMO-No. 1044): Vol. II* (Issue 1044).
- Zakariah, R. Bin, Othman, N.B., Yusoff, M.A. bin M., & Altowayti, W.A.H., 2021, Determination of Stage Discharge Rating Curve at Sungai Batang Melaka. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(3), 248–261.