

## PENGEMBANGAN MODEL PREDIKSI BANJIR BERDASARKAN AKURASI INFLOW DAN OUTFLOW PADA BENDUNGAN BILI BILI

Rachmat Ciptadi\*, Fajar Arif Nurdin, Febi Murdiana\*, Nur Indah Sari,  
dan Husnul Khatimah\*

Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang

\*work.rachmat.ciptadi@pu.go.id

Pemasukan: 30 Juni 2024 Perbaikan: 30 September 2024 Diterima: 6 Desember 2024

### Intisari

Pemodelan prediksi debit *inflow* pada Bendungan Bili Bili yang sudah dikembangkan oleh Pusat Monitoring Bendungan (PMB) telah memenuhi nilai interpretasi validasi, akan tetapi nilai validasi data masih dapat perlu ditingkatkan. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pengembangan simulasi model prediksi menggunakan HEC-HMS dengan metode *Transform Method Clark* untuk memprediksi debit 5 harian dengan menggunakan data curah hujan prediksi BMKG dan debit *inflow* hasil observasi. Validasi hasil model simulasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dan observasi menggunakan metode *Root Mean Squared Error* (RMSE), uji Kesalahan Relatif (KR), *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) dan Koefisien Korelasi (R). Metode kalibrasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan persamaan linier dengan rentang data 7 hari yang dimulai dari tanggal 6 Februari-23 Juni 2024. Hasil validasi data model simulasi data hujan BMKG terhadap *inflow* observasi terkalibrasi terbaik terdapat pada periode prediksi 1 hari ke depan, dengan hasil NSE rata-rata = 0,761; R rata-rata = 0,246; KR rata-rata = 7,2%; RMSE rata-rata = 26,814, karena memiliki nilai NSE yang mendekati satu dan nilai RMSE dan kesalahan relatifnya rendah. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa perbandingan data simulasi data hujan BMKG terhadap debit *inflow* observasi dengan keakurasian prediksi 1 hari ke depan dapat digunakan untuk prediksi *inflow* pada Bendungan Bili Bili.

Kata kunci: Curah Hujan BMKG, Prediksi *Inflow*, Kalibrasi, Validasi, Akurasi.

### Latar Belakang

Waduk merupakan salah satu contoh perairan tawar buatan yang dibuat dengan cara membendung sungai tertentu dengan berbagai tujuan yaitu sebagai pereduksi debit banjir, pembangkit tenaga listrik, penyedia air bagi kebutuhan irigasi pertanian, dan air baku. Waduk mempunyai karakteristik yang berbeda dengan badan air lainnya, waduk menerima masukan air secara terus menerus dari sungai yang mengalirinya (Apridayanti, 2008). Waduk Bili Bili memiliki peranan sangat penting dalam penunjang kehidupan sumber daya air diantaranya sebagai pengelolaan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) 20,5 MWh, Daerah Irigasi sebesar 25,783 Ha, Air Baku sebesar 3,52 m<sup>3</sup>/detik dan berfungsi untuk menampung air saat terjadi

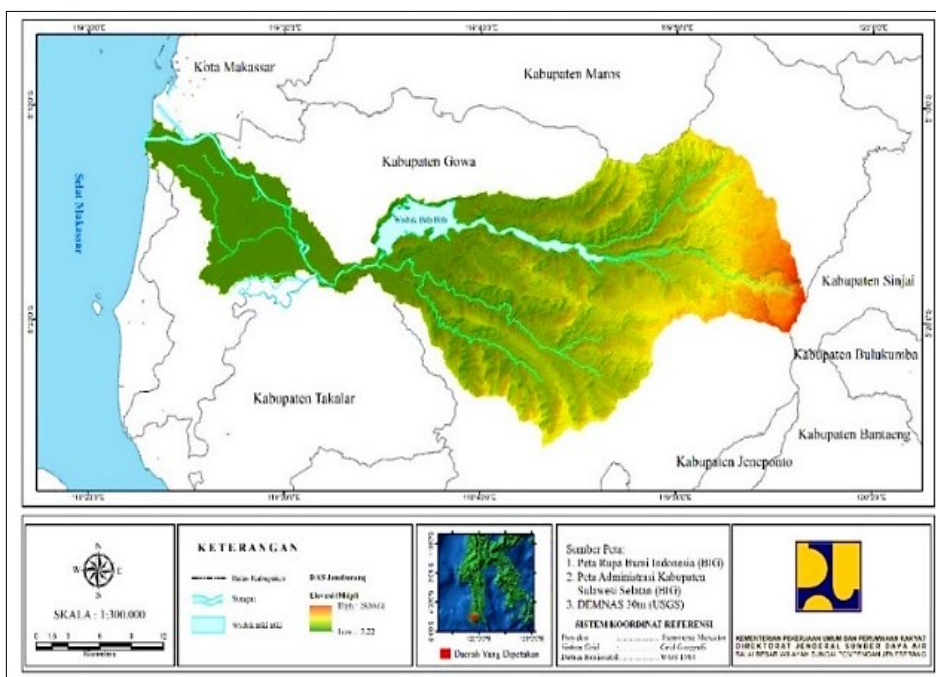
kelebihan air/musim penghujan sehingga dapat mereduksi banjir sampai 1200 m<sup>3</sup>/detik. Sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada musim kering.

Dengan memiliki kemampuan yang beragam, tentu saja memerlukan strategi operasional dalam mengelola suatu waduk, pengelolaan suatu waduk yang hanya memiliki satu fungsi misalnya PLTA saja akan memiliki strategi operasional yang berbeda dengan waduk yang memiliki fungsi yang kompleks (Xu, Dkk., 2014) Dibutuhkan strategi dalam pengoperasian waduk untuk mencegah kesalahan dalam memperhitungkan kekurangan atau kelebihan tampungan air (*storage*) serta kesalahan saat pelepasan air (*release*). Kesalahan ini dapat merugikan, karena kekurangan air di tampungan dapat mengakibatkan tidak tercapainya target pemanfaatan air pada bendungan. Sebaliknya, kesalahan dalam pelepasan air waduk dapat menyebabkan banjir (Elmasari dan Nurhadi, 2019). Prediksi debit *inflow* sangat penting untuk penyusunan Pola Operasi Waduk dan Operasi Waduk Harian. Prediksi tersebut dalam mendukung Operasi Waduk Harian dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi TMA waduk dan rekomendasi *outflow* sebagai bahan pertimbangan Unit Pengelola Bendungan (UPB) dalam melaksanakan operasi waduk baik pada kondisi operasi banjir, normal dan kering. Model prediksi harus memiliki tingkat akurasi yang baik terhadap debit *inflow* realisasi sehingga dapat memberikan rekomendasi yang mendekati kondisi aktual.

Pemodelan prediksi debit *inflow* pada Bendungan Bili Bili sebelumnya sudah dilakukan simulasi peramalan debit masuk (*inflow*) oleh Pusat Monitoring Bendungan (PMB), Direktorat Bina Operasi dan Pemeliharaan, Ditjen Sumber Daya Air. Pada penelitian kali ini dilakukan kembali model peramalan debit masuk (*inflow*) menggunakan model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) dengan menggunakan *Transform Method Clark*, dengan menyesuaikan adanya perubahan data bathimetri dan tutupan lahan agar meningkatkan keakurasian *inflow* prediksi terhadap *inflow* observasi. Hasil dari model simulasi HEC-HMS berupa debit *inflow* prediksi 5 hari kedepan, dan perlu dilakukan kalibrasi dan validasi data. Untuk menguji keakuratan perbandingan data prediksi *inflow* terhadap debit *inflow* observasi. Dilakukan analisis perbandingan validasi data menggunakan metode *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE), Koefisien Korelasi (R), dan Kesalahan Relatif (KR) dengan kalibrasi data menggunakan metode linier.

### Metodologi Studi

Lokasi penelitian dalam studi ini terletak di Bendungan Bili Bili. Di Desa Bili Bili, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis berada pada posisi koordinat 5° 16' 49.3" LS - 119° 35' 10.4" BT. Bendungan Bili Bili berada pada Wilayah Sungai Jeneberang dengan Sungai utama yaitu Sungai Jeneberang, Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di Bendungan Bili Bili (sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, 2024)

Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data *inflow* observasi dan curah hujan prediksi BMKG periode harian pada tanggal 6 Februari - 23 Juni 2024. Data *inflow* observasi bendungan diperoleh dari Unit Pengelola Bendungan I (UPB I) Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, sedangkan data curah hujan prediksi BMKG diperoleh melalui Pusat Monitoring Bendungan (PMB) periode harian. Langkah simulasi model dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

1. Melakukan input data pada model seperti data curah hujan prediksi BMKG dalam format ECMWF kemudian dilakukan pemrosesan *gridded data* dengan bantuan perangkat lunak HEC-HMS 4.10 dan data *inflow* observasi dilakukan penginputan data debit melalui perangkat lunak HEC-DSS.
2. Menjalankan program pada aplikasi HEC-HMS 4.12 menggunakan parameter transform *Mod Clark* dengan memasukkan variabel *Time of concentration* dan *Storage capacity* kedalam Persamaan *Bransby Williams* (1) dan (2) (Kull dan Feldman, 1998) sehingga menghasilkan data volume debit dan hidrograf.

variabel *Time of concentration* pada Persamaan (1)

$$t_c = \frac{58.5 L}{A^{0.1} S_e^{0.2}} \tag{1}$$

dengan :

- $t_c$  : *time concentration* (menit)
- $L$  : *longest flowpath* (km)
- $S_e$  : *longest flowpath slope* (m/km)
- $A$  : luas area *subbasin* (km<sup>2</sup>)

variabel *Storage coefficient* pada Persamaan (2)

$$R = t_c \tag{2}$$

3. Kalibrasi hasil prediksi *inflow* HEC-HMS pada studi ini menggunakan kalibrasi linier dengan data mingguan selama rentang 4 bulan. Kalibrasi data bertujuan untuk proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi yang teramati dan tersimulasi (Indarto, 2012). Dimasukkan pada Persamaan (3) dan (4) untuk membuat hubungan antara dua variabel (Soewarno, 1995).

$$\hat{Y} = a_1X + b_1 \tag{3}$$

$$\hat{X} = a_2X + b_2 \tag{4}$$

dengan :

$\hat{Y}$  : persamaan garis lurus Y terhadap X

$\hat{X}$  : persamaan garis lurus X terhadap Y

$a_1, a_2$  : koefisien regresi (koefisien arah dari garis regresi)

$b_1, b_2$  : koefisien yang merupakan titik potong dari garis regresi

4. Validasi model pada penelitian ini dilakukan dengan terbagi menjadi dua tahapan, terdiri dari tahap analisis validasi data tidak terkoreksi dan data terkoreksi. Validasi data bertujuan untuk mengetahui tingkat ketidakpastian dari suatu model yang sudah dihasilkan dari proses kalibrasi untuk memprediksi proses hidrologi (Rahma, 2019) validasi data memakai parameter *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE), Koefisien Korelasi (R), dan Kesalahan Relatif (KR) (Jarwanti, dkk., 2021) pada Persamaan (5), (6), (7) dan (8).

**Root Mean Square Error (RMSE)**

*Root Mean Square Error* (RMSE) perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. Semakin kecil nilai RMSE suatu model mendekati 0 maka semakin akurat model analisa tersebut (Syaifullah, 2014).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \hat{z}_i)^2}{n}} \tag{5}$$

dengan:

$z_i$  : nilai aktual ( $m^3/s$ )

$\hat{z}_i$  : nilai hasil prediksi ( $m^3/s$ )

$n$  : jumlah data

**Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)**

Fungsi dari NSE untuk mengevaluasi kebenaran antara data yang terukur dan data terhitung suatu model (Wulandari, dkk., 2016). Model dikatakan bagus jika nilai NSE mendekati 1 (Indarto, 2012) Jika nilai  $NSE < 0$  maka kecocokan terhadap data yang ada di lapangan sangat buruk (Sugiyono, 2007). Tingkat interpretasi nilai NSE dapat dilihat pada Tabel 1.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2} \tag{6}$$

dengan:

$P_i$  = data observasi (m<sup>3</sup>/s)

$Q_i$  = data perkiraan (m<sup>3</sup>/s)

$\bar{P}_i$  = data observasi rata-rata

$n$  = jumlah data

Tabel 1. Interpretasi nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

Nilai NSE	Interpretasi
NSE > 0,750	Baik
0,36 < NSE < 0,75	Memenuhi
NSE < 0,36	Tidak Memenuhi

(sumber : Motovilov et al., 1999)

**Koefisien Korelasi (R)**

Analisis korelasi ialah salah satu metode statistik yang biasa digunakan dalam mengetahui kuatnya hubungan antara dua variabel (Clay, 2007). Tingkat kriteria nilai koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 2.

$$R = \frac{N \sum_{i=1}^N P_i Q_i - \sum_{i=1}^N P_i \times \sum_{i=1}^N Q_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N P_i^2 - (\sum_{i=1}^N P_i)^2} \sqrt{N \sum_{i=1}^N Q_i^2 - (\sum_{i=1}^N Q_i)^2}} \tag{7}$$

Tabel 2. Kriteria Nilai Koefisien Korelasi (R)

R	Intrepretasi
0,00 – 0,19	Sangat Rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,81 – 1,00	Sangat Kuat

(sumber : Soewarno, 1995)

**Kesalahan Relatif (KR)**

Uji kesalahan relatif pada Persamaan (8)

$$KR = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)}{\sum_{i=1}^N P_i} \times 100\% \tag{8}$$

**Hasil Studi dan Pembahasan**

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan perbandingan *inflow* observasi terhadap *inflow* prediksi periode 6 Feb 2024 - 23 Jun 2024 menggunakan *software* HEC-HMS menunjukkan bahwa prediksi 5 harian memiliki tingkat kesalahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan prediksi periode 1 harian. Oleh karena itu, dalam penelitian ini menggunakan akurasi prediksi periode 1 harian. Untuk perbandingan nilai hasil uji validasi data tidak terkalibrasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai validasi *inflow* prediksi tidak terkalibrasi

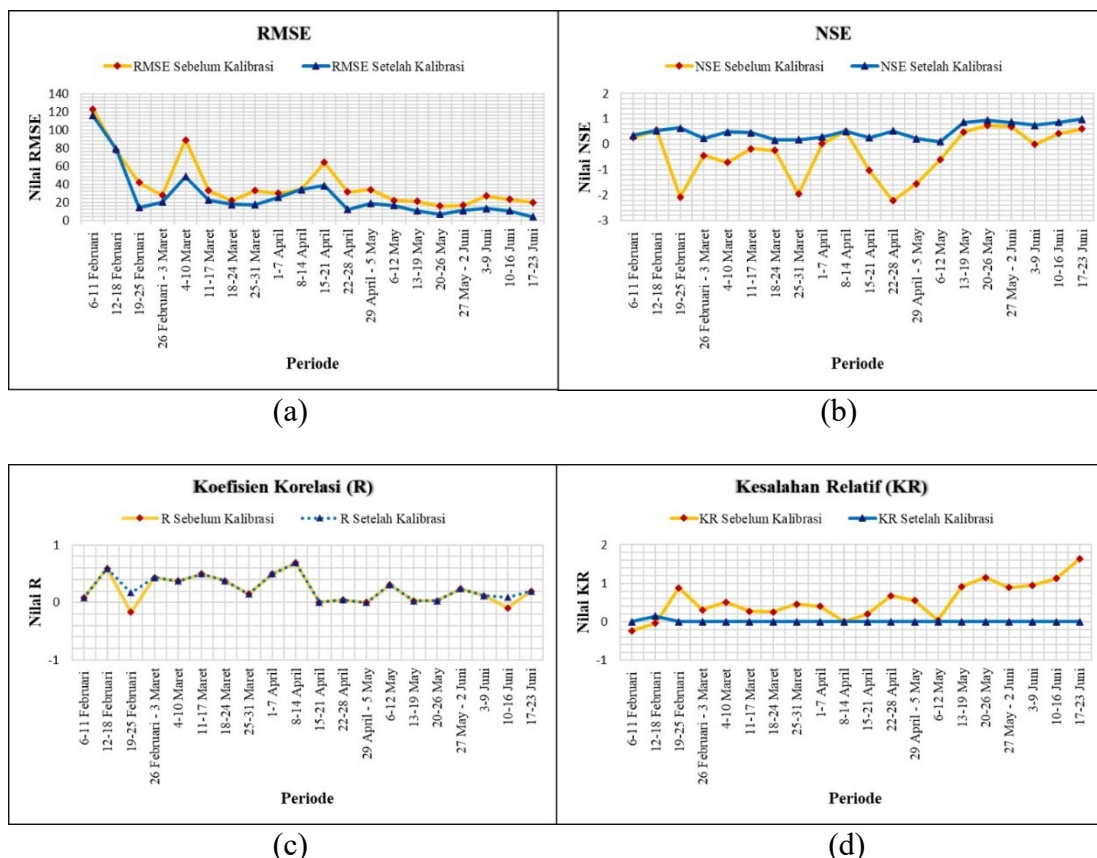
Periode	RMSE	NSE		KR	R	
		nilai	Intrepretasi		nilai	Intrepretasi
6-11 Februari	122,926	0,267	Tidak Memenuhi	-0,230	0,081	Sangat Rendah
12-18 Februari	77,421	0,549	Memenuhi	-0,037	0,592	Sedang
19-25 Februari	41,556	-2,071	Tidak Memenuhi	0,880	-0,171	Sangat Rendah
26 Februari - 3 Maret	27,734	-0,430	Tidak Memenuhi	0,309	0,432	Sedang
4-10 Maret	88,592	-0,712	Tidak Memenuhi	0,511	0,374	Rendah
11-17 Maret	32,899	-0,173	Tidak Memenuhi	0,270	0,494	Sedang
18-24 Maret	21,715	-0,237	Tidak Memenuhi	0,253	0,378	Rendah
25-31 Maret	32,962	-1,948	Tidak Memenuhi	0,454	0,148	Sangat Rendah
1-7 April	29,902	0,025	Tidak Memenuhi	0,403	0,496	Sedang
8-14 April	33,900	0,509	Memenuhi	0,002	0,688	Kuat
15-21 April	63,907	-1,035	Tidak Memenuhi	0,197	0,005	Sangat Rendah
22-28 April	31,449	-2,222	Tidak Memenuhi	0,678	0,048	Sangat Rendah
29 April - 5 May	33,905	-1,538	Tidak Memenuhi	0,549	0,001	Sangat Rendah
6-12 May	22,090	-0,608	Tidak Memenuhi	0,038	0,312	Rendah
13-19 May	21,134	0,480	Memenuhi	0,916	0,028	Sangat Rendah
20-26 May	15,994	0,730	Baik	1,151	0,031	Sangat Rendah
27 May - 2 Juni	16,614	0,698	Memenuhi	0,886	0,235	Rendah
3-9 Juni	26,879	-0,009	Tidak Memenuhi	0,950	0,117	Sangat Rendah
10-16 Juni	23,368	0,414	Memenuhi	1,124	-0,093	Sangat Rendah
17-23 Juni	19,978	0,604	Memenuhi	1,633	0,196	Sangat Rendah

Berdasarkan dari Tabel 3 dapat terlihat bahwa secara umum hasil validasi data tidak terkalibrasi menunjukkan nilai intrepretasi data prediksi tidak memenuhi. Maka perlu dilakukan kalibrasi data *inflow* prediksi terhadap *inflow* observasi menggunakan persamaan linier. Hasil uji validasi data terkalibrasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai validasi *inflow* prediksi terkalibrasi

Periode	RMSE	NSE		KR	R	
		nilai	Intrepretasi		nilai	Intrepretasi
6-11 Februari	115,733	0,351	Tidak Memenuhi	0,000	0,081	Sangat Rendah
12-18 Februari	78,607	0,536	Memenuhi	0,145	0,592	Sedang
19-25 Februari	14,256	0,639	Memenuhi	0,000	0,171	Sangat Rendah
26 Februari - 3 Maret	20,228	0,239	Tidak Memenuhi	0,000	0,432	Sedang
4-10 Maret	48,313	0,491	Memenuhi	0,000	0,374	Rendah
11-17 Maret	22,486	0,464	Memenuhi	0,000	0,494	Sedang
18-24 Maret	17,748	0,173	Tidak Memenuhi	0,000	0,378	Rendah
25-31 Maret	17,318	0,186	Tidak Memenuhi	0,000	0,148	Sangat Rendah
1-7 April	25,510	0,291	Tidak Memenuhi	0,000	0,496	Sedang
8-14 April	33,900	0,510	Memenuhi	0,000	0,688	Kuat
15-21 April	38,491	0,262	Tidak Memenuhi	0,000	0,005	Sangat Rendah
22-28 April	12,042	0,527	Memenuhi	0,000	0,048	Sangat Rendah
29 April - 5 May	18,757	0,223	Tidak Memenuhi	0,000	0,001	Sangat Rendah
6-12 May	16,499	0,103	Tidak Memenuhi	0,000	0,312	Rendah
13-19 May	10,462	0,873	Baik	0,000	0,028	Sangat Rendah
20-26 May	6,895	0,950	Baik	0,000	0,031	Sangat Rendah
27 May - 2 Juni	10,945	0,869	Baik	0,000	0,235	Rendah
3-9 Juni	13,396	0,751	Baik	0,000	0,117	Sangat Rendah
10-16 Juni	10,791	0,875	Baik	0,000	0,093	Sangat Rendah
17-23 Juni	3,909	0,985	Baik	0,000	0,196	Sangat Rendah

Berdasarkan dari Tabel 4 menunjukkan hasil nilai validasi terkalibrasi jauh lebih baik, dimana nilai RMSE dan kesalahan relatif mengalami penurunan, sementara itu nilai NSE mengalami peningkatan yang hampir mendekati satu. Tetapi masih terdapat nilai interpretasi yang tidak memenuhi. Berikut disajikan grafik perbandingan antara hasil validasi data tidak terkalibrasi dan validasi data terkalibrasi pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil perbandingan antara validasi data metode (a) RMSE (b) NSE (c) Koefisien Korelasi (R) (d) Kesalahan Relatif (KR)

Dari Gambar 2 menunjukkan hasil nilai dari masing-masing parameter validasi data tidak terkalibrasi dan data terkalibrasi dari *inflow* prediksi terhadap *inflow* observasi. Pada Gambar 2 (a) nilai RMSE antara data setelah dikalibrasi dan data sebelum dikalibrasi menghasilkan nilai kesalahan yang hampir sama, tetapi apabila dibandingkan dengan nilai data terkalibrasi menunjukkan hasil yang cukup baik nilai yang mendekati 0 sehingga menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih kecil dibanding data sebelum dikalibrasi. Gambar 2 (b) nilai NSE sebelum dikalibrasi menunjukkan nilai tingkat kesalahan yang cukup tinggi, sedangkan nilai validasi data setelah terkalibrasi menunjukkan hasil yang paling baik karena nilai validasi NSE yang mendekati 1. Gambar 2 (c) nilai koefisien korelasi (R) menunjukkan nilai kesalahan yang hampir sama antara validasi data sebelum terkalibrasi dan sesudah terkalibrasi. Gambar 2 (d) kesalahan relatif (KR) sebelum dikalibrasi menunjukkan nilai tingkat kesalahan yang cukup tinggi, sedangkan nilai validasi data setelah

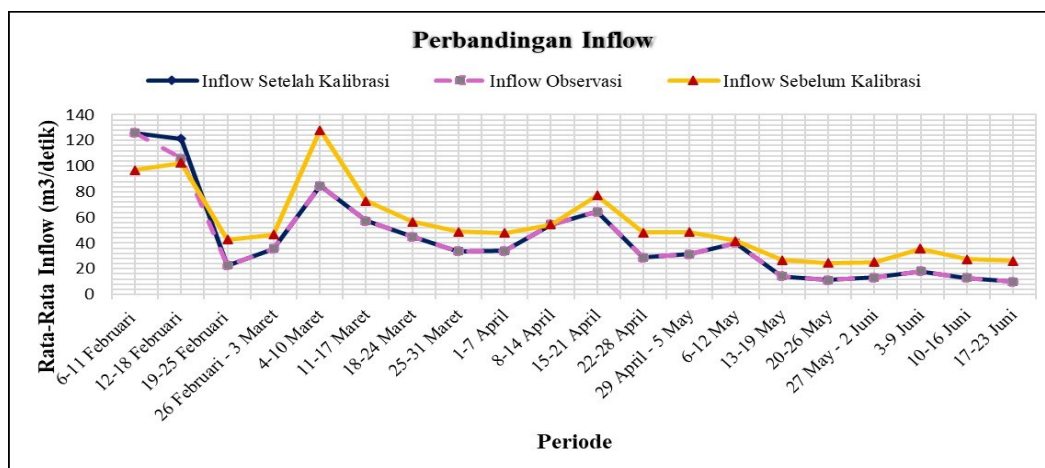
terkalibrasi menunjukkan kesalahan relatif yang kecil maka nilai perkiraan yang diperoleh akan semakin baik. Nilai terbaik untuk RMSE dan KR adalah yang mendekati 0, sedangkan nilai NSE dan R yang terbaik adalah mendekati 1 (Soewarno, 1995). Sehingga validasi data mengambil metode NSE karena memiliki nilai yang paling baik mendekati 1. Rekapitulasi hasil validasi data perbandingan antara *inflow* observasi, *inflow* prediksi sebelum terkalibrasi dan *inflow* sesudah kalibrasi pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji validasi *inflow* observasi, *inflow* sebelum kalibrasi dan *inflow* setelah kalibrasi

Periode	<i>Inflow</i> Observasi	<i>Inflow</i> Sebelum Kalibrasi	<i>Inflow</i> Setelah Kalibrasi
6-11 Februari	125,9710	96,9463	125,9756
12-18 Februari	106,0460	102,0274	121,3713
19-25 Februari	22,6625	42,6207	22,6621
26 Februari - 3 Maret	35,5446	46,5450	35,5428
4-10 Maret	84,6754	128,0097	84,6756
11-17 Maret	57,3617	72,8236	57,3587
18-24 Maret	45,1460	56,5736	45,1454
25-31 Maret	33,5813	48,8521	33,5809
1-7 April	34,0766	47,8227	34,0775
8-14 April	54,2886	54,3854	54,2882
15-21 April	64,3662	77,0537	64,3672
22-28 April	28,7386	48,2235	28,7368
29 April - 5 May	31,3973	48,6266	31,3976
6-12 May	40,1297	41,6528	40,1303
13-19 May	14,0688	26,9586	14,0690
20-26 May	11,3986	24,5145	11,3984
27 May - 2 Juni	13,3493	25,1751	13,3493
3-9 Juni	18,2137	35,5148	18,2143
10-16 Juni	12,9048	27,4120	12,9052
17-23 Juni	9,9260	26,1385	9,9256

Hasil uji validasi dari perbandingan *inflow* observasi dan *inflow* simulasi setelah validasi dapat disimpulkan memiliki keakurasian yang tinggi. Dimana grafik perbandingan antara *inflow* observasi, *inflow* simulasi sebelum kalibrasi dan *inflow* setelah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan hasil data curah hujan prediksi BMKG harian terkalibrasi periode prediksi 1 hari ke depan memiliki tingkat nilai kesalahan yang paling rendah, terlihat dari *trend* grafik *inflow* prediksi setelah dilakukan kalibrasi nilainya hampir mendekati nilai grafik debit *inflow* observasi.



Gambar 3. Perbandingan *inflow* observasi, *inflow* sebelum kalibrasi dan *inflow* setelah kalibrasi

### Kesimpulan dan Saran

#### Kesimpulan

1. Hasil validasi data *inflow* prediksi terhadap *inflow* observasi menunjukkan bahwa validasi data terkalibrasi menghasilkan nilai yang lebih baik daripada nilai validasi data tidak terkalibrasi, ditinjau dari nilai RMSE rata-rata = 26,814 dan Kesalahan relatif (KR) rata-rata = 0,072 yang cenderung menurun dibandingkan dengan validasi data tidak terkalibrasi dimana nilai RMSE rata-rata = 39,247 dan kesalahan relatif (KR) rata-rata = 0,5469, sementara nilai NSE sebelum terkalibrasi rata-rata = 0,3350 dan Koefisien korelasi (R) sebelum terkalibrasi rata-rata = 0,2195 sedangkan untuk nilai NSE rata-rata = 0,761; koefisien korelasi (R) rata-rata = 0,246 setelah terkalibrasi mengalami kenaikan tetapi masih terdapat nilai interpretasi yang tidak memenuhi dengan konsistensi nilai interpretasi memenuhi baru 60% dari data 20 minggu.
2. Hasil pemodelan data curah hujan prediksi BMKG harian dalam format ECMWF dan *inflow* observasi periode 6 Feb 2024 - 23 Jun 2024 menggunakan *software* HEC-HMS menunjukkan bahwa prediksi 5 harian memiliki tingkat kesalahan yang lebih tinggi. Sehingga dilakukan validasi data dengan prediksi 1 hari kedepan dengan *rentang* data validasi 7 hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa menggunakan data curah hujan BMKG harian terkalibrasi dapat digunakan untuk memprediksi *inflow* pada Bendungan Bili Bili dengan periode 1 hari ke depan karena memiliki nilai tingkat kesalahan yang paling rendah.

#### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan pengembangan model prediksi menggunakan metode yang lain untuk meningkatkan akurasi prediksi dan melakukan kalibrasi data *inflow* observasi pada tahun yang terbaru agar meningkatkan keakurasian terhadap data observasi dan data prediksi.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, Unit Pengelola Bendungan I (UPB I) dan Pusat Monitoring Bendungan (PMB) atas bantuan dan masukan yang telah diberikan.

## Daftar Referensi

- Apridayanti, E., 2008. Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur. *tesis program magister Universitas Diponegoro*. <http://eprints.undip.ac.id/17305/>
- Clay, A., 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta.: Gadjah Mada University Press.
- Elmasari, Y. & Nurhadi, 2019. Optimasi Artificial Neural Network Dengan Genetic Algorithm Pada Prediksi Debit Inflow Waduk Sengguruh. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*, 4(2). <https://www.jurnal.stkipppgritulungagung.ac.id/index.php/jipi/article/view/1442>
- Indarto, 2012. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Jarwanti, D. P., Suhartanto, E. & Fidari, J. S., 2021. Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Data Pos Penakar Hujan di DAS Grindulu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air (JTRESDA)* , 1 (2). <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.36>
- Kull, D. W. & Feldman, A. D., 1998. Evolution of Clark's Unit Graph Method to Spatially Distributed Runoff. *Journal of Hydrologic Engineering* , 3(1). [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1998\)3:1\(9\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)1084-0699(1998)3:1(9))
- Rahma, N. F., 2019. Validasi Data Curah Hujan TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Pos Stasiun Hujan di Sub DAS Sumber Brantas. *skripsi program sarjana, Universitas Brawijaya*. <https://repository.ub.ac.id>
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 2*. Bandung: Nova.
- Sugiyono, 2007. *Statika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Syaifulallah, M. D., 2014. Validasi Data TRMM Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga Das Di Indonesia, J. Meteorol. dan Geofis. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* , 15(2). <https://jmg.bmkg.go.id>
- Wulandari, D. A., Budienny, H. & Kurniani, D., 2016. Keakuratan Prediksi Inflow Waduk Dengan Neraca Air Waduk. *Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekayasaan* , 37(2). <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>
- Xu, B., Zhong, P.-a., Zhao, Y.-f. & Zhu, Y.-z., 2014. Comparison between dynamic programming and genetic algorithm for hydro unit economic load dispatch. *Water Science and Engineering*, 7(4), pp. 420-432. <https://www.sciencedirect.com/science>