



Pemodelan Debit Banjir Rencana Berbasis Data Hujan Satelit pada Daerah Tangkapan Air Bendungan Meninting

***Dionysius Edna Hartyan, Suripin**

Departemen Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang

**dionysiusedna@gmail.com*

Received: 20 Oktober 2023 Revised: 24 Desember 2023 Accepted: 8 Maret 2024

Abstract

Rainfall stations around the Meninting Dam catchment area are very limited. Global Precipitation Measurement (GPM) satellite rainfall data can be utilized to fulfill the lack of rainfall data. This research aims to improve the quality of flood discharge in the Meninting Dam catchment area through rainfall data correction. GPM rainfall data was corrected using the probability curve method, while flood discharge analysis used HEC-HMS modeling. The results showed that the correlation coefficient of GPM rainfall data with Sesaot Rainfall Station was 0,73, the average HHMT error decreased by 2.99% after correction, and the correction factor level was 0-1,2 for each rainfall value range. The flood discharge (Q) of HEC-HMS modeling for each return period was obtained $Q_{2th} = 117,1 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{5th} = 142,5 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{25th} = 242,3 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{100th} = 335,6 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{1000th} = 529,3 \text{ m}^3/\text{sec}$, and $Q_{PMF} = 930,9 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Keywords: *Rainfall, GPM, HEC-HMS, flood discharge*

Abstrak

Pos pencatatan curah hujan di sekitar Daerah Tangkapan Air (DTA) Bendungan Meninting sangat terbatas. Data hujan satelit Global Precipitation Measurement (GPM) dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kekurangan data hujan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas debit banjir rencana pada DTA Bendungan Meninting melalui perbaikan data hujan. Data hujan GPM dikoreksi menggunakan metode lengkung probabilitas, sedangkan analisis debit banjir menggunakan pemodelan HEC-HMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien korelasi data curah hujan GPM terhadap Stasiun Hujan Sesaot sebesar 0,73 dengan rata-rata error HHMT menurun sebesar 2,99% setelah terkoreksi, dan tingkat faktor koreksi 0-1,2 untuk setiap rentang besaran curah hujan. Debit banjir rencana (Q) pemodelan HEC-HMS tiap kala ulang diperoleh $Q_{2th} = 117,1 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{5th} = 142,5 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{25th} = 242,3 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{100th} = 335,6 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{1000th} = 529,3 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $Q_{PMF} = 930,9 \text{ m}^3/\text{det}$.

Kata kunci: *Curah Hujan, GPM, HEC-HMS, debit banjir*

Pendahuluan

Lokasi Bendungan Meninting adalah di Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Bendungan ini merupakan bendungan *multi purpose* dengan kapasitas tampungan total 12,18 juta m^3 yang direncanakan untuk menambah debit di daerah Lombok Bagian Selatan. Suplai dari Bendungan Meninting nantinya mengganti debit irigasi di sebagian Daerah Irigasi Sesaot (1.065,29 ha) yang semula berasal dari Bendung Sesaot. Selain itu juga menyuplai kebutuhan irigasi eksisting pada Sistem Irigasi Meninting diantaranya adalah Daerah Irigasi Penimbung dengan luas areal irigasi 454 ha dan

Daerah Irigasi Ketapang Orong seluas 40 ha (PT. Indra Karya, 2013).

Pos pencatatan curah hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendungan Meninting sangat terbatas. Waduk Meninting berada di Wilayah Sungai Lombok dengan luas DAS 32,77 km^2 . Pos pencatat curah hujan terletak diluar DAS Bendungan Meninting, yaitu Stasiun Hujan Gunungsari dan Stasiun Hujan Sesaot. Jumlah pos pencatat hujan yang terlalu sedikit menyebabkan hasil pencatatan hujan tidak dapat dipercaya (Triatmodjo, 2008). Daerah tangkapan air Bendungan Meninting memiliki curah hujan yang fluktuatif dan kondisi

hujan yang tidak merata. Hujan sering terjadi di area hulu yang merupakan pegunungan dan bukit-bukit, dimana tidak ada pos pencatat curah hujan di area hulu ini. Berdasarkan kondisi tersebut, Stasiun Hujan Gunungsari dan Stasiun Hujan Sesaot tidak bisa mencatat curah hujan yang terjadi secara akurat karena lokasinya yang terlalu jauh. Untuk mengatasi kekurangan data hujan tersebut, digunakan data hujan berbasis satelit sebagai sumber data alternatif. Salah satu satelit yang sering digunakan yaitu *Global Precipitation Measurement* (GPM) yang diluncurkan pada bulan Februari 2014. Satelit ini menawarkan teknologi yang lebih baik dengan hasil yang lebih akurat serta cakupan spasial yang lebih luas dibandingkan dengan satelit TRMM (Blumenfeld, 2019; Hou *et al.*, 2014; Tong *et al.*, 2018).

Keakuratan data curah hujan GPM memiliki nilai yang lebih baik, sehingga data satelit GPM dapat diandalkan dalam mitigasi resiko bencana banjir (Pratiwi *et al.*, 2017; Ginting *et al.*, 2019). GPM memiliki resolusi spasial sebesar $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, resolusi temporal sebesar 30 menit, dan cakupan dari 60°LU hingga 60°LS (Samosir, *et al.*, 2021). Dari hasil analisis statistik data hujan sepuluh harian, terdapat korelasi yang cukup tinggi antara data hujan dari model GPM-IMERG dan data hasil pengamatan di 31 pos hujan di Provinsi Nusa Tenggara Barat. yaitu dengan nilai korelasi rata-rata 0,64 sehingga menghasilkan korelasi yang kuat antara data GPM-IMERG dan data pengamatan lapangan (Kurniawan, 2022).

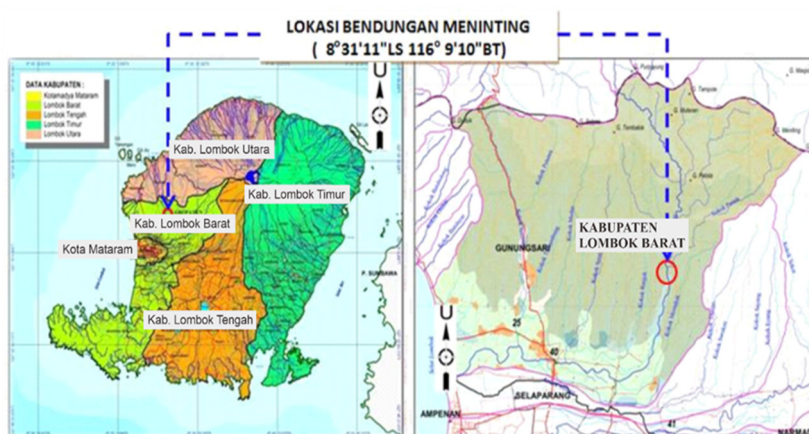
Salah satu aspek penting dalam perencanaan bendungan adalah analisis debit banjir yang seringkali mempunyai permasalahan minimnya ketersediaan data hujan. Pemodelan hujan menjadi debit aliran dapat dilakukan dengan menggunakan program HEC-HMS. *Software* ini merupakan model hidrologi numerik yang dikelola oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) dari US

Army Corps of Engineers. HEC-HMS merupakan perangkat lunak komputer untuk mengkalkulasi pengalihan ragam hujan dan penelusuran aliran pada suatu sistem daerah aliran sungai. HEC-HMS menggunakan karakteristik DAS dan hujan sebagai komponen utama masukannya, dalam karakteristik DAS dipertimbangkan aspek morfometri, kondisi tanah, dan penggunaan lahannya. Saat ini, model hujan aliran telah banyak dikembangkan dan model tersebut digunakan dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air. Model hujan-aliran yang telah banyak diaplikasikan di Indonesia dan memberikan hasil cukup memuaskan adalah HEC-HMS (Suripin & Kurniani, 2016).

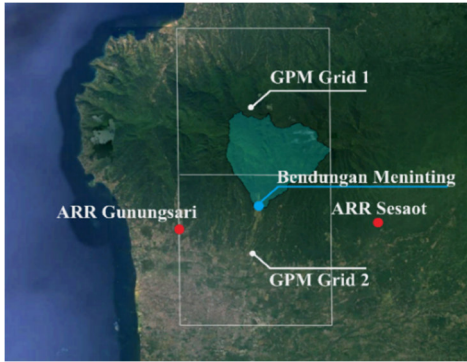
Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas debit banjir rencana pada DAS Bendungan Meninting melalui perbaikan data hujan. Data hujan yang digunakan adalah data hujan dari satelit GPM (*Global Precipitation Measurement*) yang telah dikoreksi dan dikalibrasi. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi dalam menyeleksi data citra satelit GPM sehingga dapat diterapkan pada daerah lain dengan data hujan lapangan yang terbatas.

Metode

Lokasi penelitian adalah di Waduk Meninting yang terletak di Sungai Meninting. Secara administratif, bendungannya terletak di Desa Bukit Tinggi Kecamatan Gunungsari dan Desa Gegerung Kecamatan Lingsar Kabupaten Lombok dengan geografis terletak pada titik koordinat $8^\circ 31' 11''\text{LS}$ dan $116^\circ 9' 10''\text{BT}$ (Gambar 1). Metode perhitungan dan analisis dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahap pertama adalah menentukan sebaran koordinat pos hujan terdekat pada DAS Bendungan Meninting menggunakan foto citra satelit *Google Earth* (Gambar 2), mengumpulkan data hujan tahun 2003-2022, dan data debit pengukuran pada AWLR Belencong.



Gambar 1. Lokasi Bendungan Meninting



Gambar 2. Pemilihan Grid GPM

Tahap kedua adalah menentukan *Grid* GPM yang berpengaruh terhadap DAS Bendungan Meninting (Gambar 2). *Grid* ini berfungsi sebagai batas luasan pada saat mengunduh data hujan GPM yang akan dianalisis. Data hujan satelit GPM diuji kualitas data menggunakan metode Uji RAPS, Uji *Outlier*, dan Uji Ketiadaan *Trend*. Selanjutnya tahap ketiga melakukan analisis koefisien korelasi (R) data *Grid* GPM terhadap Stasiun Hujan Gunungsari dan Stasiun Hujan Sesaot. Menurut (Mamenun *et al.*, 2014), data hujan *ground station* dinyatakan baik jika nilai koefisien korelasi dari data satelit dan *ground station* memiliki nilai 0,50 atau lebih sebagai dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria nilai koefisien korelasi

R	Interpretasi
R = 0	Tidak ada korelasi antar dua variabel
0 < R ≤ 0,25	Korelasi sangat lemah
0,25 < R ≤ 0,50	Korelasi cukup
0,50 < R ≤ 0,75	Korelasi kuat
0,75 < R ≤ 0,99	Korelasi sangat kuat
R = 1	Korelasi sempurna

Tahap keempat adalah menghitung faktor koreksi data hujan GPM terhadap data hujan *ground station*. Krisnayanti, *et al.* (2020) menyebutkan bahwa faktor koreksi pada suatu interval tertentu digunakan untuk mengkoreksi data hujan satelit. Pemilihan faktor koreksi data hujan satelit dilakukan untuk menghitung besarnya perbedaan antara data hujan satelit terhadap *ground station*. Koreksi data hujan dilakukan dengan lengkung probabilitas Hujan Harian Maksimum Tahunan (HHMT), menggunakan data hujan *ground station* dan data hujan satelit sebelum dan sesudah terkoreksi (Jarwanti, *et al.*, 2018). Data hujan *ground station* dikalikan dengan koefisien koreksi hingga membentuk kestabilan garis lengkung atau *trend* naik dan turun dari dua data yang disandingkan. Tahap kelima dilakukan pemeriksaan terhadap data GPM yang telah terkoreksi dengan uji *error*. *Error* dinyatakan baik

apabila mendekati 0 atau lebih kecil daripada nilai awal sebelum dilakukan koreksi seperti pada Persamaan 1, Dimana F adalah hasil simulasi dan O adalah data observasi

$$Error = \frac{ABS\{AVG(F-O)\}}{100} \quad (1)$$

Tahap keenam menentukan luas pengaruh *Grid* GPM terhadap DAS Bendungan Meninting menggunakan metode Poligon Thiesen. HHMT menjadi *input software* Hydrognomon 4 untuk analisis kesesuaian distribusi hujan dan perhitungan curah hujan rancangan pada tiap kala ulang. Tahap ketujuh adalah analisis debit banjir rencana menggunakan bantuan *software* HEC-HMS. Parameter yang dibutuhkan sebagai *input* adalah luasan DAS, nilai *Curve Number* (CN), *initial abstraction*, *lag time*, *impervious*, *base flow*, dan *recession constant*. Parameter tersebut ditentukan berdasarkan analisis menggunakan *software* Arc Map 10.8. Metode pemodelan HEC-HMS SCS *Curve Number* dipilih berdasarkan parameter yang telah dinalisis (Rachmayanti *et al.*, 2022).

Tahap kedelapan melakukan kalibrasi debit banjir HEC-HMS. Parameter kalibrasi disesuaikan hingga hasil debit banjir pemodelan mendekati dengan debit observasi (Wiliya., 2022). Hasil kalibrasi ditinjau terhadap pengujian Nash & Sutcliffe (NSE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan PBIAS. NSE memiliki nilai antara 0 dan 1 agar dianggap sebagai tingkat kinerja yang dapat diterima, sedangkan nilai ≤ 0 menunjukkan kinerja yang tidak dapat diterima. Nilai RMSE apabila semakin kecil (mendekati 0) maka hasil prediksi semakin akurat, sedangkan nilai ideal PBIAS adalah 0, nilai positif menunjukkan bias model *under-estimate* dan nilai negatif menunjukkan bias terhadap perkiraan yang berlebihan (*over-estimate*) (Moriasi *et al.*, 2012).

Hasil dan Pembahasan

Uji kualitas data

Pemilihan *grid* untuk mengunduh data GPM didasarkan pada lokasi DAS Bendungan Meninting. Dihasilkan dua *grid* yang berpengaruh. *Grid* hasil *plotting* dapat digunakan sebagai batas untuk mengunduh data hujan GPM. Dilakukan uji kualitas data hujan GPM mencakup uji konsistensi metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS), uji ketiadaan *trend* metode Spearman, uji *outlier* metode Grubbs dan Beck.

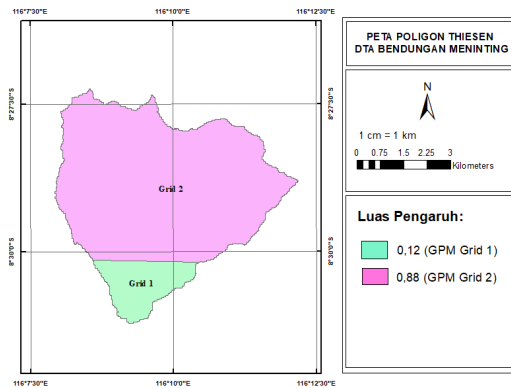
Hasil uji statistik mendapatkan data hujan yang baik karena data konsisten, tidak *outlier*, dan tidak memiliki *trend* sehingga dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Rekap hasil uji data hujan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Uji Data Hujan

No	Jenis Uji	Nilai Uji Sesaot	Nilai Uji GPM Grid 1	Nilai Uji GPM Grid 2	Hasil
1	RAPS	$Q/n^{0,5} (1,03) < 1,22$ $R/n^{0,5} (1,00) < 1,43$	$Q/n^{0,5} (0,65) < 1,22$ $R/n^{0,5} (0,64) < 1,43$	$Q/n^{0,5} (0,42) < 1,22$ $R/n^{0,5} (0,41) < 1,43$	Data konsisten
2	Outlier	$X_h (173,10) \leq 202,513$ $X_i (60,60) \geq 56,426$	$X_h (181,10) \leq 231,865$ $X_i (60,60) \geq 54,936$	$X_h (193,49) \leq 232,37$ $X_i (60,60) \geq 56,426$	Data tidak outlier
3	Ketiadaan trend	$t_c (1,734) > t (-2,021)$	$t_c (1,734) > t (-0,672)$	$t_c (1,734) > t (-0,900)$	Data tidak memiliki trend

Curah hujan wilayah grid GPM

Curah hujan wilayah dianalisis menggunakan metode Poligon Thiessen. Peta Poligon Thiessen GPM disajikan pada Gambar 3. Bobot luas pengaruh Grid 1 adalah sebesar 0,12 dan bobot luas pengaruh Grid 2 sebesar 0,88.



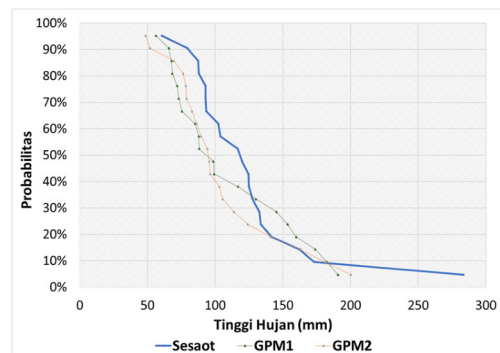
Gambar 3. Peta poligon Thiessen DTA Bendungan Meninting

Koreksi data hujan GPM

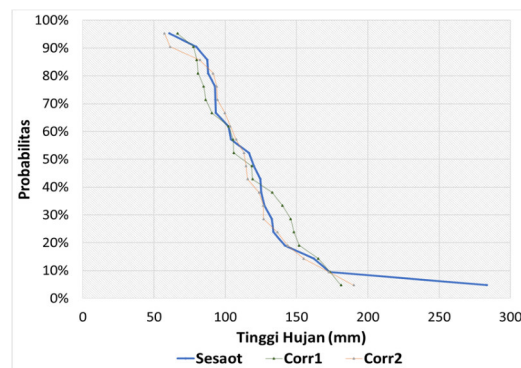
Dipilih Stasiun Hujan Sesaot untuk mengkoreksi data hujan GPM karena memiliki angka korelasi lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun Hujan Gunungsari yaitu sebesar 0,73 dan masuk dalam kategori korelasi yang kuat. Hal ini disebabkan karena ARR Sesaot memiliki karakteristik hujan yang lebih mirip terhadap DAS Bendungan Meninting dan tata guna lahannya mendekati tata guna lahan DAS Bendungan Meninting. Koreksi data hujan GPM menggunakan hujan harian maksimum tahunan (HHMT) sebagai *inputnya*. Pendekatan garis lengkung probabilitas kumulatif HHMT digunakan untuk mendapatkan angka koreksi GPM. Hasil pendekatan sebelum dan sesudah terkoreksi disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Pada grafik lengkung probabilitas data hujan terkoreksi, garis lengkung menunjukkan pola yang cukup mendekati/mirip dengan data hujan Stasiun Sesaot. Angka koreksi sebagai faktor pengali data hujan GPM berdasarkan rentang besaran hujan yang terjadi (Tabel 3).

Tabel 3. Koefisien koreksi data hujan GPM

Hujan (mm)	Koefisien	K
0 - 5	0,000	K1
5 - 40	1,050	K2
40 - 75	1,180	K3
75 - 120	1,200	K4
120 - 150	1,020	K5
150 - 210	0,950	K6
>210	1,050	K7



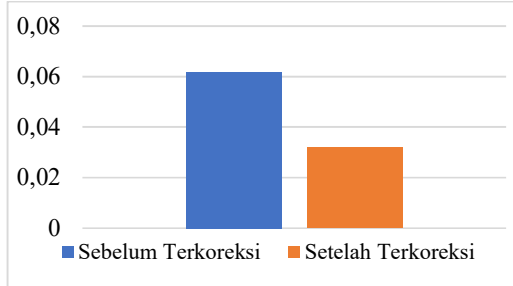
Gambar 4. Lengkung probabilitas kumulatif HHMT GPM sebelum terkoreksi



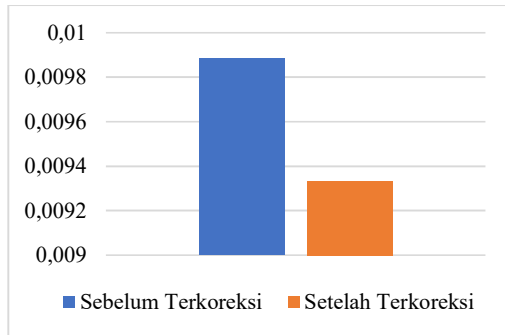
Gambar 5. Lengkung probabilitas kumulatif HHMT GPM setelah terkoreksi

Pengujian kesalahan dilakukan pada data HHMT dan hujan harian. Uji ini dilakukan untuk mengetahui penurunan kesalahan setelah data hujan GPM dikoreksi. Didapat rata-rata *error* terhadap data HHMT sebesar 0,06189 sebelum terkoreksi, dan 0,03197 setelah terkoreksi. Sedangkan untuk

rata-rata *error* terhadap data harian adalah sebesar 0,00988 sebelum terkoreksi, dan 0,00933 setelah terkoreksi. Berdasarkan hasil pengujian, data GPM menunjukkan hasil koreksi yang baik karena tingkat *error*/ kesalahan menurun dibandingkan sebelum dikoreksi. Hasil pengujian *error* dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Error data HHMT



Gambar 7. Error data hujan harian

Hasil koreksi data hujan GPM terhadap *ground station* mendapatkan hasil yang baik dengan korelasi yang kuat. Data hujan GPM cenderung *under estimate* terhadap kejadian hujan di lokasi penelitian, oleh karena itu koefisien angka koreksi hujan berkisar antara 0,00 sampai dengan 1,20 tergantung pada *range* besaran curah hujan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Untuk hujan dengan intensitas 0-5 mm dikalikan dengan koefisien koreksi 0, sedangkan untuk hujan diatas 210 mm dikalikan dengan koefisien koreksi 1,050. Koefisien koreksi terbesar (1,20) berada pada kisaran hujan 75-120 mm. Data hujan satelit GPM (*Global Precipitation Measurement*) dapat digunakan pada daerah tangkapan air Bendungan Meninting yang memiliki keterbatasan stasiun hujan *ground station*.

Analisis debit banjir

Hujan rancangan pada tiap kala ulang dilakukan dengan bantuan *software* Hydrognomon 4. HHMT menjadi *input* utama untuk menjalankan *software* tersebut. Pada Gambar 8, ditampilkan hasil uji

distribusi Smirnov-Kolmogorov untuk menentukan kecocokan non parametrik (Soewarno, 1998).. Perhitungan hujan rancangan kala ulang 50 Tahun ditampilkan pada Gambar 9. Hasil perhitungan hujan rancangan pada tiap kala ulang disajikan pada Tabel 4. Hujan rancangan pada tiap kala ulang selanjutnya digunakan untuk analisis debit banjir rencana pada DAS Bendungan Meninting.

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.4463%	0,09429
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.1134%	0,09569
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9980%	0,05571
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9901%	0,06064
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.3866%	0,09455
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.3137%	0,10186
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9695%	0,06488
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.2954%	0,08238
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9763%	0,06386
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.000%	0,05137
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.4605%	0,11340
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.7873%	0,16496
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.5297%	0,10121
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9964%	0,05738
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.4785%	0,09809

Gambar 8. Uji Smirnov-Kolmogorov dengan Hydrognomon 4

All data - T(Max) = 50.0000 y	Value
Normal	189.458
Normal (L-Moments)	185.383
LogNormal	204.359
Galton	211.835
Exponential	218.966
Exponential (L-Moments)	225.298
Gamma	199.609
Pearson III	213.955
Log Pearson III	213.989
EV1-Max (Gumbel)	208.008
EV2-Max	214.653
EV1-Min (Gumbel)	170.908
EV3-Min (Weibull)	186.700
GEV-Max	211.347
GEV-Min	214.385

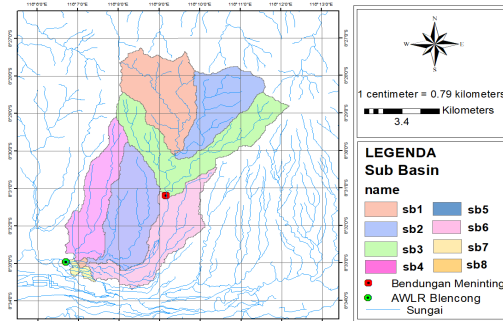
Gambar 9. hujan rancangan kala ulang 50 th dengan hydrognomon 4

Tabel 4. Hujan rancangan tiap kala ulang

No.	Kala ulang (Th)	Hujan rancangan (mm)
1	2	111,81
2	5	141,76
3	10	162,99
4	25	191,49
5	50	213,99
6	100	237,50
7	200	262,35
8	500	297,48
9	1000	325,99

Pemodelan debit banjir rencana dengan HEC-HMS menggunakan metode SCS *Curve Number* dengan CN sebagai parameter yang paling berpengaruh. Dari hasil analisis menggunakan Arc Map 10.8 diperoleh tutupan lahan yang mendominasi DTA Bendungan Meninting yaitu hutan, perkebunan, dan permukiman. Perubahan tutupan lahan merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya banjir pada suatu daerah tangkapan air (Marko *et al.*, 2018).

Debit banjir rencana dimodelkan untuk kala ulang 2 tahun sampai dengan PMF. Pemodelan DAS di HEC-HMS diawali dengan membuat *Basin*, *Sub Basin*, dan *outlet* dengan menu *Components – Basin Model Manager*, dan *Reach*). Pertemuan tiap sungai dibuat *Junction* dan hilir DAS (bendungan) dimodelkan sebagai *Reservoir* (Limbong & Wulandari, 2022). DAS Bendungan Meninting dan AWLR Belencong dibagi menjadi beberapa *Subbasin* (Gambar 10) untuk pemodelan. Hasil analisis debit banjir tanpa kalibrasi disajikan dalam Tabel 5.



Gambar 10. Peta DTA Bendungan Meninting dan AWLR Belencong

Tabel 5. Debit banjir rencana tanpa kalibrasi

No.	Kala ulang (th)	Debit Banjir (m ³ /det)
1	2	180,3
2	5	260,7
3	10	315,3
4	25	395,4
5	50	449,6
6	100	512
7	200	581,2
8	500	675,1
9	1000	743,4
10	PMF	1194,6

Kalibrasi debit banjir

Kalibrasi debit banjir dilakukan dengan membandingkan hidrograf banjir hasil perhitungan terhadap hidrograf banjir hasil observasi. Pencatatan debit aliran di sungai merupakan informasi penting sebagai bahan untuk analisis dan

perencanaan bangunan air. Informasi debit puncak saat banjir digunakan untuk perencanaan bangunan pengendalian banjir seperti *cheek dam*, pelimpah, waduk dan sebagainya (Asdak, 2010). Kalibrasi dilakukan terhadap AWLR Belencong berdasarkan kejadian banjir pada beberapa *event* banjir terpilih. Proses kalibrasi menggunakan bantuan *software* HEC-HMS. Skematik pemodelan *subbasin* untuk kalibrasi ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Skematik pemodelan HEC-HMS untuk kalibrasi

Parameter yang berpengaruh dilakukan *trial and error* hingga mendapatkan hidrograf banjir yang sesuai terhadap data hasil pencatatan debit AWLR Belencong. *Event* banjir yang digunakan untuk kalibrasi adalah *event* banjir pada tanggal 19 Desember 2016, 1 Maret 2020, dan 23 Desember 2022. Hasil kalibrasi menghasilkan parameter HEC-HMS yang mendekati dengan hasil observasi, parameter ini digunakan untuk pemodelan debit banjir rencana pada daerah tangkapan air Bendungan Meninting. Hasil dari analisis hidrologi berupa debit banjir rencana dapat dimanfaatkan untuk merencanakan bangunan hidrolis tertentu secara tepat dan efisien (Sri Harto, 1993). Kalibrasi yang dilakukan terhadap tiga *event* banjir menghasilkan kalibrasi sebagai berikut:

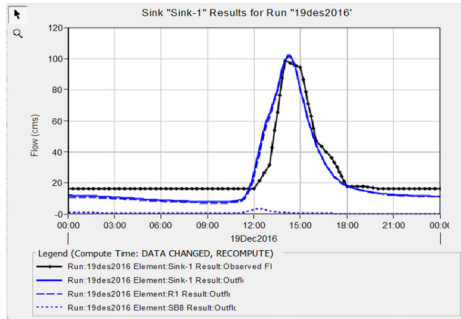
Nilai NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*)
 19 Desember 2016 = 0,832 (sangat bagus)
 1 Maret 2020 = 0,798 (bagus)
 Desember 2022 = 0,876 (sangat bagus)

Nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*)
 Desember 2016 = 0,4
 1 Maret 2020 = 0,4
 23 Desember 2022 = 0,4

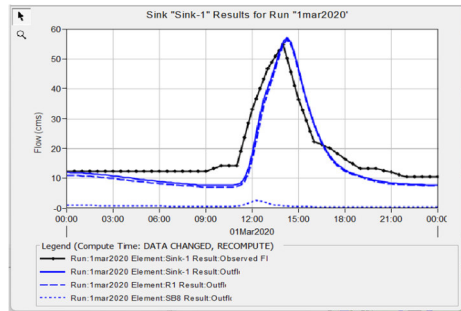
Nilai R²
 19 Desember 2016 = 0,89 (sangat bagus)
 1 Maret 2020 = 0,89 (sangat bagus)
 23 Desember 2022 = 0,96 (sangat bagus)

Nilai PBIAS (Cukup Bagus)
 19 Desember 2016 = -12,71%
 1 Maret 2020 = -14,49%
 23 Desember 2022 = -14,24%

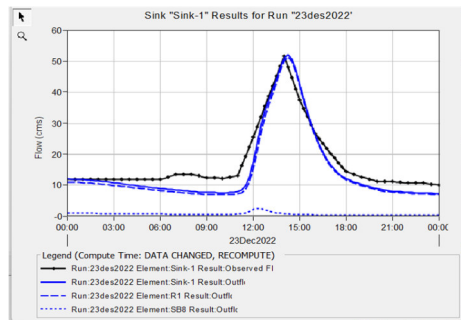
Hasil kalibrasi debit banjir menunjukkan kemiripan antara hidrograf banjir hasil simulasi HEC-HMS terhadap hidrograf banjir hasil observasi sebagai ditunjukkan pada Gambar 12 sampai Gambar 14.



Gambar 12. Kalibrasi 19 Desember 2016



Gambar 13. Kalibrasi 1 Maret 2020



Gambar 14. Kalibrasi 23 Desember 2022

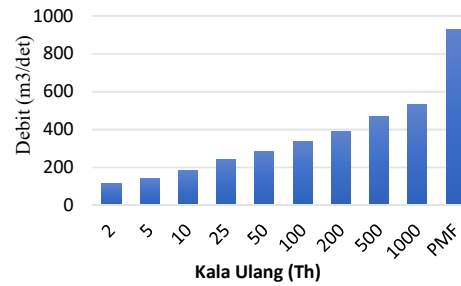
Dari hasil kalibrasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemodelan HEC-HMS dapat dimanfaatkan untuk merencanakan debit banjir. Debit banjir rencana pada daerah tangkapan air Bendungan Meninting hasil kalibrasi pada tiap kala ulang disajikan pada Tabel 8 dan Gambar 15.

Berdasarkan pemodelan debit banjir rencana pada beberapa kala ulang, diperoleh debit banjir rencana sebesar 117,1 m³/det untuk kala ulang 2 tahun, 142,5 m³/det untuk kala ulang 5 tahun, 182,2 m³/det untuk kala ulang 10 tahun, 242,3 m³/det untuk kala ulang 25 tahun, 285,5 m³/det untuk kala ulang 50 tahun, 335,6 m³/det untuk kala ulang 100 tahun, 391,5 m³/det untuk kala ulang 200 tahun, 496,5

m³/det untuk kala ulang 500 tahun, 529,3 m³/det untuk kala ulang 1000 tahun, dan 930,9 m³/det untuk kala ulang PMF. Besaran debit banjir rencana dipengaruhi oleh *lag time*, *initial discharge*, dan tutupan lahan yang menghasilkan nilai CN sebagai *input* pemodelan HEC-HMS. Faktor curah hujan juga menjadi faktor utama dalam perhitungan debit banjir rencana.

Tabel 6. Rekapitulasi debit banjir rencana dengan kalibrasi

No.	Kala ulang (th)	Debit banjir (m ³ /det)
1	2	117,1
2	5	142,5
3	10	182,2
4	25	242,3
5	50	285,5
6	100	335,6
7	200	391,5
8	500	496,5
9	1000	529,3
10	PMF	930,9



Gambar 15. Debit banjir hasil *running* HEC-HMS pada tiap kala ulang

Kesimpulan

Data hujan satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) menunjukkan hasil koreksi dan kalibrasi yang baik sehingga dapat digunakan untuk mengisi data hujan yang tidak tersedia di daerah tangkapan air Bendungan Meninting. Debit banjir rencana berbasis data hujan satelit memberikan hasil yang memuaskan karena hidrograf banjir hasil perhitungan selaras terhadap hidrograf banjir pada beberapa kejadian banjir, sehingga data hujan satelit GPM dapat menghasilkan debit banjir rencana yang berkualitas.

Saran

Walaupun data hujan satelit GPM mendapatkan hasil yang memuaskan berdasarkan uji koreksi dan kalibrasi, tetapi perlu dilakukan penambahan stasiun hujan di daerah tangkapan air Bendungan Meninting agar pencatatan hujan lebih representatif dan akurat terhadap kejadian hujan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, Satuan Kerja NVT Pembangunan Bendungan BWS NT I, dan PPK Bendungan Meninting yang telah mendukung data, ide, maupun gagasan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Blumenfeld, J. (2019). *From TRMM to GPM: The Evolution of NASA Precipitation Data | Earthdata*. <https://earthdata.nasa.gov/trmm-to-gpm>
- Br, Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ginting, J. M., Sujono, J., & Jayadi, R. (2019, November). Analisis hubungan data hujan satelit dengan hujan terukur ARR Kalibawang. In *Pros. Konf. Pascasarj. Tek. Sipil, No. November* (pp. 89-102).
- Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. A., Kummerow, C. D., Kojima, M., Oki, R., Nakamura, K., & Iguchi, T. (2014). *The Global Precipitation Measurement Mission*. Bulletin of the American Meteorological Society, 95(5), 701–722.
- 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*, 1(2), 772-785.
- Krisnayanti, D. S., Welkis, D. F. B., Hepy, F. M., & Legono, D. (2020). Evaluasi kesesuaian data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) dengan data pos hujan pada das temef di Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(1), 51-62.
- Kurniawan, I. (2022). Evaluasi Data GPM-IMERG (Global Precipitation Measurement-Integrated Multi-Satellite Retrieval For GPM) di Provinsi NTB. *Megasains*, 13(1), 6-13.
- Limbong, B. & Wulandari, D. A. (2022). *Reservoir Routing di Waduk Greneng, Blora Dengan Model HEC-HMS*. *Siklus Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 230-247.
- Mamenun, M., Pawitan, H., & Sopaheluwakan, A. (2014). Validasi dan koreksi data satelit trmm pada tiga pola hujan di indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(1), 13-23..
- Marko, K., & Zulkarnain, F. (2018). Pemodelan debit banjir sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan di daerah aliran Ci Leungsi Hulu menggunakan HEC-HMS. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2(1), 26-37.
- Moriassi, D. N., Wilson, B. N., Douglas-Mankin, K. R., Arnold, J. G., & Gowda, P. H. (2012). Hydrologic and water quality models: Use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1241-1247.
- PT. Indra Karya. (2013). Laporan Akhir: *Review Desain dan Sertifikasi Desain Bendungan Meninting, BWS Nusa Tenggara I, Nusa Tenggara Barat*.
- Pratiwi, D. W., Sujono, J., & Rahardjo, A. P. (2017). Evaluasi Data Hujan Satelit Untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation. *Prosiding Semnastek*.
- Rachmayanti, H., Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Dengan Menggunakan Software HEC HMS: Studi Kasus DAS Saddang. *Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur dan Sains*, 1(1), 1-9.
- Samosir, D. Y., Yuliara, I. M., & Prasetia, R. (2021). Perbandingan dan Analisis Pola Spasial Curah Hujan Data IMERG (Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM) dan Data Observasi di Provinsi Bali. *Buletin fisika*, 22(2), 67-76.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Bandung: Nova.
- Suripin, S., & Kurniani, D. (2016). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 119-128.
- Tong, K., Zhao, Y., Wei, Y., Hu, B., & Lu, Y. (2018). Evaluation and hydrological validation of GPM precipitation products over the Nanliu River Basin, Beibu Gulf. *Water*, 10(12), 1777.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wiliya, W. (2022). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Bengawan Solo Hulu. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 193-198.